



INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL ESTADO DE COLIMA 2005 y CALCULO DE INCERTIDUMBRE

Diciembre de 2013
Versión Final

Consultoría en Ingeniería de Proyectos S de RL.
Av. Popocatepetl 218 int. 604 Col. General Anaya.
Del. Benito Juárez. México DF.
Email: contacto@cinpro.mx Teléfono: 01(55) 4444-6655 /
5740-5446

Tabla de contenido

Resumen Ejecutivo	7
Introducción	9
Antecedentes	9
Avances de los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático	9
Descripción del área de estudio	11
Condiciones Geográficas, Meteorológicas y Económicas del Estado de Colima	11
Condiciones Geográficas	11
Condiciones Meteorológicas	12
Condiciones Económicas	13
Objetivos	16
Método de Cálculo	17
Método de Cálculo del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	17
Método de Cálculo de la Incertidumbre y Proyección	18
Resultados	22
ENERGÍA	24
Datos de Actividad	25
Fuentes Estacionarias de Combustión	26
Fuentes Móviles de Combustión	27
Otras fuentes de combustión	30
Metodología	32
Resultados	35
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	43
Procesos Industriales	44
Uso de productos	48
Resultados	51
SECTOR DE AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA	54

Agricultura y Ganadería	55
Datos de actividad para Ganadería	56
Datos de actividad de Fuentes agregadas y fuentes de emisiones No CO ₂ (Agricultura)	57
Cambio de uso de suelo	62
Datos de actividad para Cambio de uso de suelo	63
Resultados	71
SECTOR DE DESECHOS.....	78
Datos de actividad para tratamiento de agua, disposición de residuos sólidos y quemas a cielo abierto	78
Resultados	80
LÍNEA BASE	82
INICERTIDUMBRE	85
Conclusiones y Recomendaciones	87
Trabajos citados	89
ANEXO 1. Método de Cálculo por Categoría.....	91
SECTOR ENERGÍA.....	91
SECTOR AGRICULTURA, GANADERÍA, SILVICULTURA Y CAMBIO DE USO DE SUELO	107
SECTOR DESECHOS	135

Lista de tablas

Tabla 1 Emisiones de CO ₂ e en Gg/año para 2005 y 2010 por sector para el Estado de Colima	8
Tabla 2 Municipios del estado de Colima, México	11
Tabla 3 Potenciales de Calentamiento Global de los Gases de Efecto Invernadero*	17
Tabla 4 Inventario de Emisiones de GEI por categoría para el año 2005, para el estado de Colima	22
Tabla 5 Consumo energético por tipo de combustible*	25
Tabla 6 Consumo energético por sector	26
Tabla 7 Consumo energético para generación de electricidad	26
Tabla 8 Consumo energético por municipio en TJ/año	27
Tabla 9 Consumo energético por aeropuerto	27
Tabla 10 Tipo, número y rendimiento (km/l) de vehículos	28
Tabla 11 Número de vehículos por municipio	29
Tabla 12 Consumo energético por municipio en TJ/año	29
Tabla 13. Consumo energético por embarcaciones en TJ/año	30
Tabla 14 Consumo energético del subsector comercial por municipio	30
Tabla 15. Consumo energético del subsector residencial por municipio	31
Tabla 16 Consumo energético del subsector agropecuario por municipio	31
Tabla 17 Factores de emisión (Kg / TJ)	33
Tabla 18 Poder calorífico de los combustibles utilizados*	34
Tabla 19 Emisiones de GEI en Gg/año por subcategoría	35
Tabla 20 Emisiones de GEI en Gg/año por municipio	36
Tabla 21 Consumo y emisiones de GEI por tipo de actividad	37
Tabla 22 Consumo y emisiones de GEI por tipo de actividad.	38
Tabla 23 Emisiones de GEI (Mg/año), por Tipo de Vehículo	39
Tabla 24 Consumo y emisiones de GEI por tipo de actividad	42
Tabla 25 Producción de pellets en el Estado de Colima, 2005.....	46
Tabla 26 Producción de alimentos	47
Tabla 27 Factores de emisión para la producción de alimentos.....	47
Tabla 28 Número de refrigeradores y aires acondicionados por municipio	48
Tabla 29 Datos de ventas de solventes a nivel nacional	49
Tabla 30 Ventas de solventes por municipio	50
Tabla 31 Factores de Emisión por tipo de producto	50
Tabla 32 Emisiones por municipio y tipo de contaminante	51
Tabla 33 Emisiones por proceso industrial y uso de productos, y tipo de contaminante	53
Tabla 34 Distribución de la población por municipio.....	56
Tabla 35 Dato de actividad utilizado	58
Tabla 36 Datos sobre aplicación de Cal de SISPRO	58
Tabla 37 Datos sobre aplicación de Urea de SISPRO	59
Tabla 38 Cantidad de fertilizante aplicado por municipio	60
Tabla 39 Información sobre siembra/cosecha de caña de azúcar	61
Tabla 40 Información sobre categoría del suelo	61

Tabla 41 Cambios de uso de suelo de 1993 al 2005	66
Tabla 42 Índices de carbono por uso de suelo y tipo de vegetación	69
Tabla 43 Resultados en Ton /año por municipio	71
Tabla 44 Resultados de CO ₂ e	71
Tabla 45 Resultados por municipio y actividad en Ton/año	72
Tabla 46 Emisiones de CO ₂ e por actividades agrícolas Gg/año	73
Tabla 47 Emisiones indirectas de CO ₂ e del sector agrícola.....	73
Tabla 48 Disposición de residuos sólidos urbanos.....	79
Tabla 49 Emisiones totales de la sección de Residuos Gg/año	80
Tabla 50 TPA por sector del PIB para el estado de Colima.	82
Tabla 51 Número de habitantes y viviendas por municipio para el estado de Colima 2005-2010. .	83
Tabla 52. Emisiones de CO ₂ e en Gg para el año proyectado (línea base) y para el año base para el estado de Colima 2005 - 2010.....	83
Tabla 53. Estimación de incertidumbre por sector	85

Lista de figuras

Figura 1 Porcentajes de contribución para CO ₂ e en el estado de Colima.....	7
Figura 2 Indicador de PEACC en cada uno de los estados de la República Mexicana (INECC, 2013) 10	
Figura 3 Mapa del Estado de Colima, (Kalipedia México).....	12
Figura 4 Mapa representativo de las Condiciones Meteorológicas del Estado de Colima	13
Figura 5 Unidades Económicas del Estado de Colima, Actualización DENUJUNIO-2012, INEGI	14
Figura 6 Producto Interno Bruto de Colima, elaborado por la Secretaría de Fomento Económico con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).....	15
Figura 7 Estructura general de un análisis de incertidumbre genérico	21
Figura 8 Subcategorías del sector Energía	24
Figura 9 Árbol de decisiones para seleccionar el método de estimación de las emisiones de CO ₂ procedentes de fuentes de combustión	32
Figura 10 Contribución de las emisiones de CO ₂ e por subcategoría	35
Figura 11 Contribución de las emisiones de CO ₂ e por subcategoría y municipio.....	36
Figura 12 Emisiones de CO ₂ e (Gg/año), municipio y sector	37
Figura 13 Emisiones de CO ₂ e (Gg/año), municipio y tipo de medio de transporte	38
Figura 14 Emisiones de CO ₂ e (Mg/año), por tipo de vehículo	39
Figura 15 Porcentaje de emisiones de CO ₂ e por tipo de combustible.....	40
Figura 16 Emisiones de CO ₂ e (Gg/año), municipio y sector.....	41
Figura 17 Subcategorías del sector procesos industriales y uso de productos.....	43
Figura 18 Emisiones de CO ₂ e (Gg/año), por municipio	52
Figura 19 Emisiones de CO ₂ e (Gg/año), por subcategoría y municipio	52
Figura 20 Emisiones de CO ₂ e, por subcategoría	53
Figura 21 Subcategorías del sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.....	54
Figura 22 Proceso general de estimación de emisiones	62
Figura 23 Mapa de uso de suelo para el año 1993	63
Figura 24 Mapa de uso de suelo para el año 2005	63
Figura 25 Distribución por año del tipo de suelo en la entidad	64
Figura 26 Volumen de explotación maderable por año y especie.....	65
Figura 27 Distribución de la superficie agrícola por municipio	65
Figura 28 Tipos de suelo predominantes en la entidad	66
Figura 29 Importancia relativa de cada fuente en términos de CO ₂ e.....	72
Figura 30 Emisiones de NO _x y CO de la Quema de biomasa (Ton/año)	74
Figura 31 Superficie por tipo de vegetación con cambio de uso de suelo.....	75
Figura 32 Tipos de uso de suelo que presentaron incremento en el periodo 1993 a 2005	76
Figura 33 Proporción de superficies con cambio de uso de suelo	76
Figura 34 Cambios en contenido de C y emisiones de CO ₂	77
Figura 35 Categorías incluidas en la sección	78
Figura 36 Tipos de tratamiento de agua en México, según CNA	79
Figura 37 Emisiones de CO ₂ e por municipio Gg/año	81
Figura 38 Aporte porcentual de las diferentes fuentes a la emisión total de CO ₂ e.....	81

Resumen Ejecutivo

El cambio climático es un fenómeno que consiste en el aumento de la temperatura superficial del planeta debido al aumento en la concentración de ciertos contaminantes atmosféricos, llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI), para lo cual se utilizan herramientas de diagnóstico que nos apoyen y den a conocer las fuentes que generan estos contaminantes, en México se utilizan instrumentos como el PEACC (Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático), para el desarrollo y diseño de políticas públicas sustentables y para acciones relacionadas en materia de cambio climático, en el orden de gobierno estatal y municipal.

La principal herramienta o la base de los PEACC es el inventario estatal de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) el cual contiene las emisiones de estos gases de los sistemas naturales y humanos de interés para el estado, por lo cual el estado de Colima desarrolla para el presente trabajo el Inventario de emisiones de GEI con año base 2005.

El inventario de emisiones de GEI está desarrollado mediante las directrices de IPCC 2006, para los sectores de energía, procesos industriales y AFOLU (uso de productos, ganadería, agricultura, cambio de uso de suelo) y desechos; e IPCC 1996 para los precursores de ozono en la categoría de procesos industriales.

Cada sector esta desagregado por subsector para los cuales y de acuerdo a la información obtenida del Estado se calcula mediante el nivel 1, 2 o 3 de la metodología IPCC 2006 y 1996.

Los resultados fueron obtenidos dependiendo de cada sector y subsector para gases de efecto invernadero (CO_2 , N_2O , CH_4) y para algunos contaminantes criterio (NO_x , CO , CO_2DM), los resultados a continuación se presentan como CO_2 equivalente en el caso de los GEI; la Figura 1 muestra los porcentajes de contribución de cada uno de los sectores en el inventario de emisión de GEI para Colima. Las emisiones totales fueron 46,639.12 Gg/año de CO_2 equivalente para 2005 en el Estado de Colima.

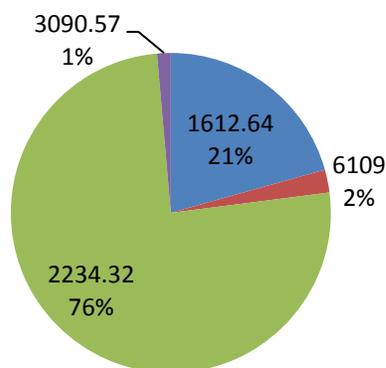


Figura 1 Porcentajes de contribución para CO_2e en el estado de Colima

El sector de AFOLU es el que aporta la mayor cantidad de CO₂e con un 76%, seguido del sector de energía con un 21%.

Los resultados del Inventario de GEI, muestra los sectores con mayor contribución de GEI, en los cuales se pueden implementar acciones de mitigación a mediano y largo plazo.

Ya que el inventario de emisiones fue calculado con año base 2005 y este se utilizará como herramienta hacia el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático, se requiere conocer las emisiones en 2010 para lo cual se realizó una proyección, mediante el crecimiento del producto interno bruto (PIB) para algunos sectores obteniéndose la tasa promedio de crecimiento (INEGI, Cuentas Nacionales 2012), así mismo se utilizó la información reportada en 2010 por INEGI del crecimiento de la población y la vivienda, y el número de vehículos para el estado de Colima. Los resultados obtenidos para 2010 se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Emisiones de CO₂e en Gg/año para 2005 y 2010 por sector para el Estado de Colima

Fuente	2005	2010
Energía	9,218.94	19,544.25
Procesos Industriales	1,031.95	1,131.41
AFOLU	33,772.03	35,610.51
Desechos	616.2	780.47
Total Estatal	44,639.12	57,066.64

Podemos observar que para el sector AFOLU las emisiones proyectadas no aumentan, esto es debido al comportamiento de PIB que se vio reducido en los años posteriores a 2005. El PIB del sector primario (Agricultura, exposición forestal, ganadería y pesca) para el estado paso de 2,922,110 a 2,943,625 miles de pesos del 2005 a 2010, con tendencias decrecientes a partir de 2009, no así los otros sectores que presentan una tendencia decreciente en el periodo 2005 a 2010.

Una de las consideraciones realizadas para el presente trabajo es el cálculo de la incertidumbre para cada subsector y sector involucrado, esto fue realizado mediante el método 1 que se describe en las directrices de IPCC 2006, La mayor incertidumbre encontrada fue para los sectores de cambio de uso de suelo y desechos con más del 40%.

Dentro del desarrollo del inventario de GEI, fue utilizado el software de IPCC 2006, con lo cual se ingresó la información, cabe mencionar que este cálculo solo fue comparativo, ya que el software solo determina a nivel 1 y en muchos de los sectores evaluados se alcanzó el nivel 2 y 3 de la metodología.

Introducción

El calentamiento global es un fenómeno que consiste en el aumento de la temperatura superficial del planeta debido al aumento en la concentración de ciertos contaminantes atmosféricos, llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI) tales como bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC's), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), gases controlados por el Protocolo de Kioto. Cuando este desequilibrio atmosférico es de origen antropogénico, es decir procedentes de las actividades del ser humano tales como el uso y obtención de energía, industria, uso y explotación de los recursos naturales, toma una importancia relevante en las cuestiones socioeconómicas y de desarrollo de los países, ya que las consecuencias de este cambio climático compromete la sustentabilidad de los ecosistemas.

En respuesta a esta situación, en 1988, se constituyó el Panel Intergubernamental Sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) por medio del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial. Entre sus actividades más importantes está fomentar la realización de Inventarios de Emisiones que permitan evaluar la situación actual y proponer alternativas para su mitigación. México, por su parte, ha realizado el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) conforme a lo establecido dentro del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que comprende estimaciones de las emisiones por fuente y sumidero para el período 1990 al 2010.

Antecedentes

Avances de los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), a través de la Coordinación del Programa de Cambio Climático (CPCC), asesora técnicamente a las Entidades Federativas en la elaboración de los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC).

Los PEACC son instrumentos de apoyo para el diseño de políticas públicas sustentables y para 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 Gases de Efecto Invernadero 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.

En la Figura 2, observamos que el estado de Colima no tiene actualmente la elaboración de un Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático.

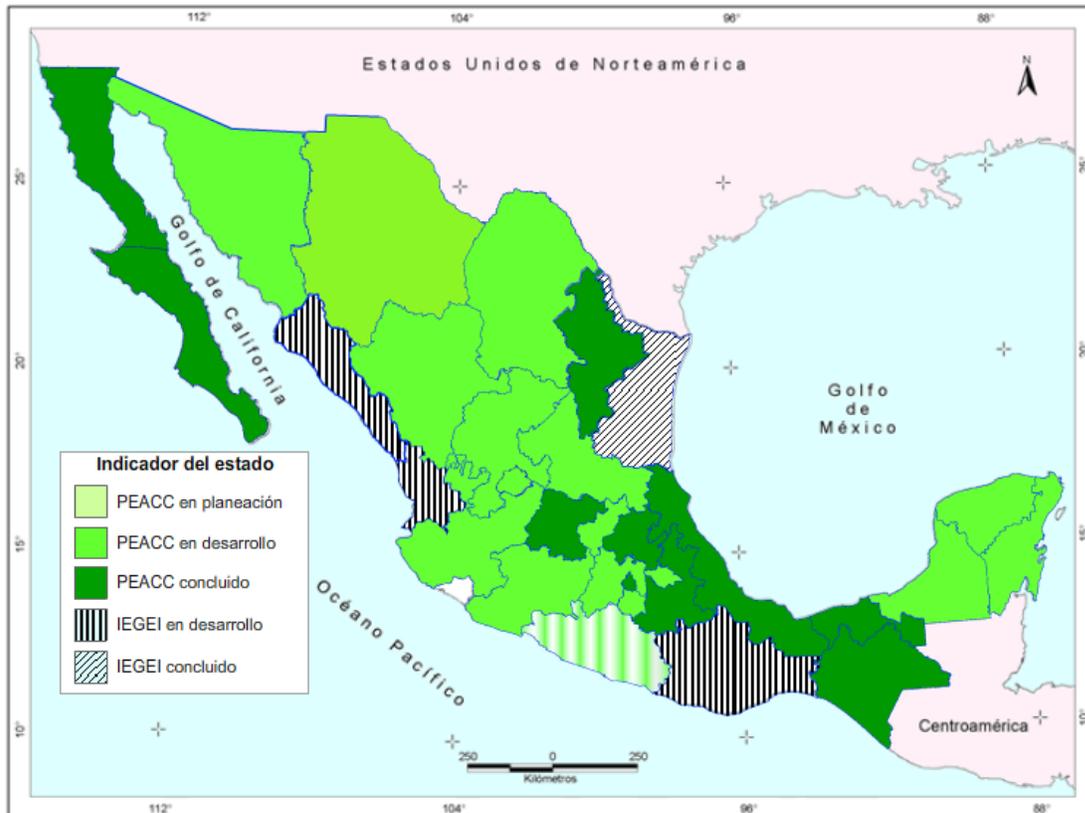


Figura 2 Indicador de PEACC en cada uno de los estados de la República Mexicana (INECC, 2013)

Por otra parte, en materia de desarrollo y fortalecimiento de capacidades, en los temas de: Elaboración de PEACC; Inventarios estatales de emisiones de GEI y, uso y aplicación de escenarios regionales de cambio climático, a la fecha el INECC ha capacitado de manera presencial a más 318 personas, tanto servidores públicos locales como miembros de la academia local, provenientes de todas las entidades federativas del país.

El estado de Colima tiene hasta la fecha dos inventarios de contaminantes criterio, 2005 y 2008, los cuáles fueron realizados por SEMARNAT, como parte del Inventario Nacional de Emisiones de México (INEM), cabe señalar, que en inventario realizado en el año 2008 ya se consideraron contaminantes de Gases de Efecto Invernadero como son CO_2 , CH_4 y N_2O .

Descripción del área de estudio

Condiciones Geográficas, Meteorológicas y Económicas del Estado de Colima

Colima es un estado en constante crecimiento económico, una tierra de desarrollo y ventajas competitivas por su privilegiada ubicación geográfica, el dinamismo de su población, su sólida y creciente infraestructura, su enorme riqueza natural, así como las crecientes actividades comerciales, agroindustriales, portuarias y extractivas que contribuyen a fortalecer una economía diversificada. Durante 2005 de acuerdo al Censo de población y vivienda que realiza el INEGI la población en el estado de Colima ascendía a 567,996 habitantes (INEGI, 2006).

Condiciones Geográficas

El estado de Colima es una de las entidades más pequeñas de la nación; ocupa el vigésimo noveno lugar en extensión territorial. Tiene una superficie de 5,455 Km² y un litoral de 160 Km. de longitud sobre el Océano Pacífico. Geográficamente pertenece a Colima el Archipiélago de Revillagigedo (205 Km²) formado por las islas Socorro (160 Km²), Clarión (35 Km²), San Benedicto y Roca Partida, este archipiélago se localiza a 716 Km. al oeste en la línea recta del puerto de Manzanillo. La entidad está constituida por 10 municipios (Tabla 2):

Tabla 2 Municipios del estado de Colima, México

1. Armería	6. Ixtlahuacán
2. Colima	7. Manzanillo
3. Cómala	8. Minatitlán
4. Coquimatlán	9. Tecomán
5. Cuauhtémoc	10. Villa de Álvarez.

A continuación en la Figura 3, podemos observar el mapa representativo del Estado de Colima, observando sus colindancias con los estados correspondientes.



Figura 3 Mapa del Estado de Colima, (Kalipedia México)

Condiciones Meteorológicas

El estado se localiza en la porción occidental occidente de la República Mexicana; en la Costa Occidental del océano Pacífico, entre las coordenadas extremas geográficas de los Meridianos 103° 29'a 104° 35' de longitud al oeste de Greenwich y de los paralelos 18° 41' al 19° 31' de latitud norte. Colima colinda al Norte con el Estado de Jalisco, al Este con los Estados de Michoacán y nuevamente con Jalisco, al Oeste colinda de nuevo con Jalisco y al Sur con el Océano Pacífico.

El estado tiene un clima cálido subhúmedo AWE (w) cálido subhúmedo con lluvias en verano, aunque se presentan lluvias casi todo el año, a excepción de marzo y abril; la temperatura media anual es de 21-24 °C y oscila de 20° a los 39°, según datos asentados en los registros de los archivos de la Comisión Nacional del Agua, la precipitación media anual es de 914.0 mm, la época pluvial comienza en mayo y termina en febrero, la máxima registrada es de 160.0 mm, en el mes de agosto.

Su nubosidad es medio nublado la mayor parte del año, predominando nublado en la época pluvial junio – octubre, la velocidad y dirección del viento dominante es del sur - este 8 m/seg. Su temperatura media anual es de 23.3 °C, con una mínima de anual 2.0 °C y una máxima anual 39.0 °C, con una precipitación máxima a 24 horas de 160.mm³ para 2012.

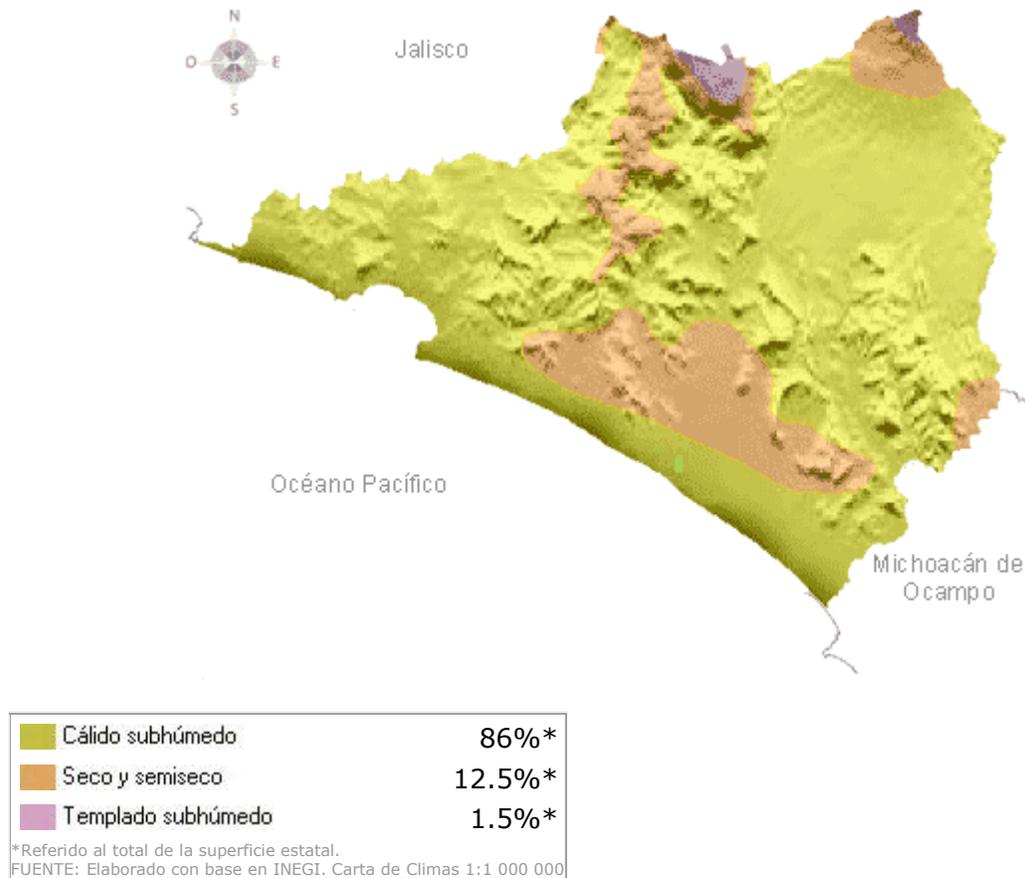


Figura 4 Mapa representativo de las Condiciones Meteorológicas del Estado de Colima

Condiciones Económicas

En términos económicos el Producto Interno Bruto (PIB) a precios de 2010 fue de 69 mil 551 millones de pesos, con una aportación de 0.5% a nivel nacional, lo cual sitúa en el lugar 31 a nivel nacional. Los sectores que más aportan al PIB estatal: comercio (16%), transporte, almacenamiento (15%), construcción (13%), servicios inmobiliarios y de alquiler (10%) e industria manufacturera (9%).

En la Figura 5, se identifican los municipios de Manzanillo, Villa de Álvarez, Colima y Tecomán, en donde se concentran el 86%, en Armería, Coquimatlán, Cómala y Cuauhtémoc el 12%, en los municipios de Minatitlán e Ixtlahuacán el 2% de las Unidades Económicas del sector Privado y Paraestatal.

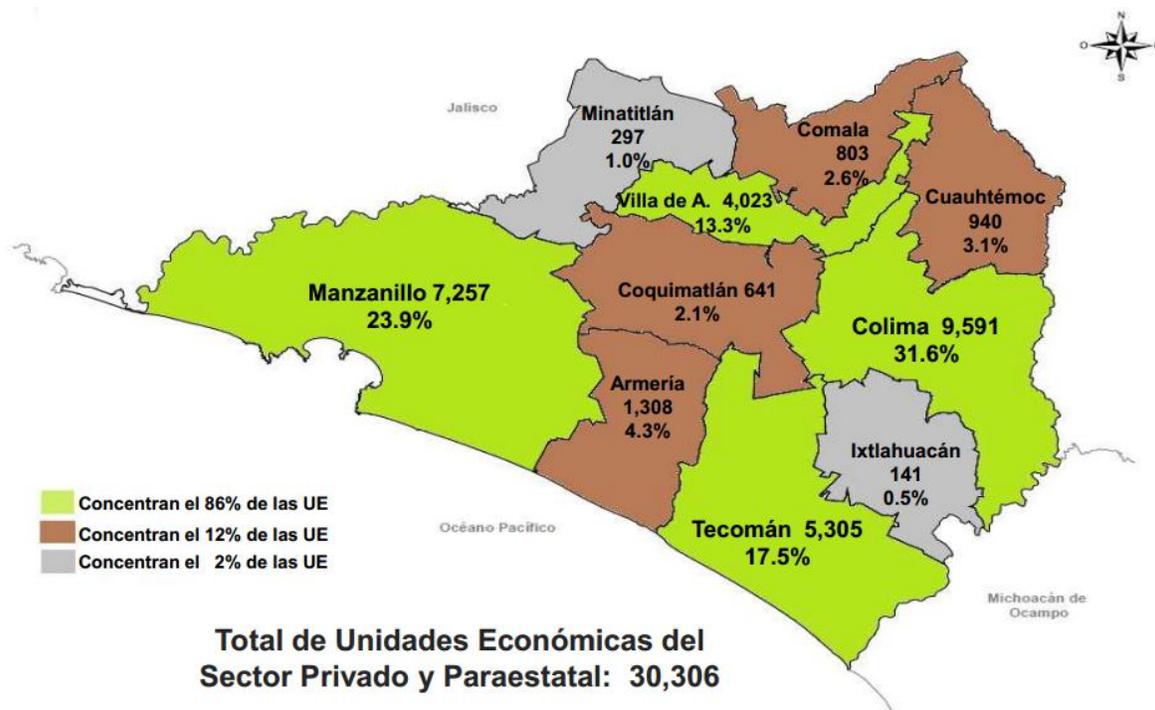


Figura 5 Unidades Económicas del Estado de Colima, Actualización DENUE-Junio 2012, INEGI

En cuestión del Producto Interno Bruto en el estado de Colima, observamos en la Figura 6, la contribución sectorial en porcentaje del año 2010, que los sectores de Comercio, Transportes, correos y almacenamiento, Construcción, son los que mayor aporte tuvieron. En el estado de Colima se encuentran ubicadas un total de 30,090 unidades económicas.

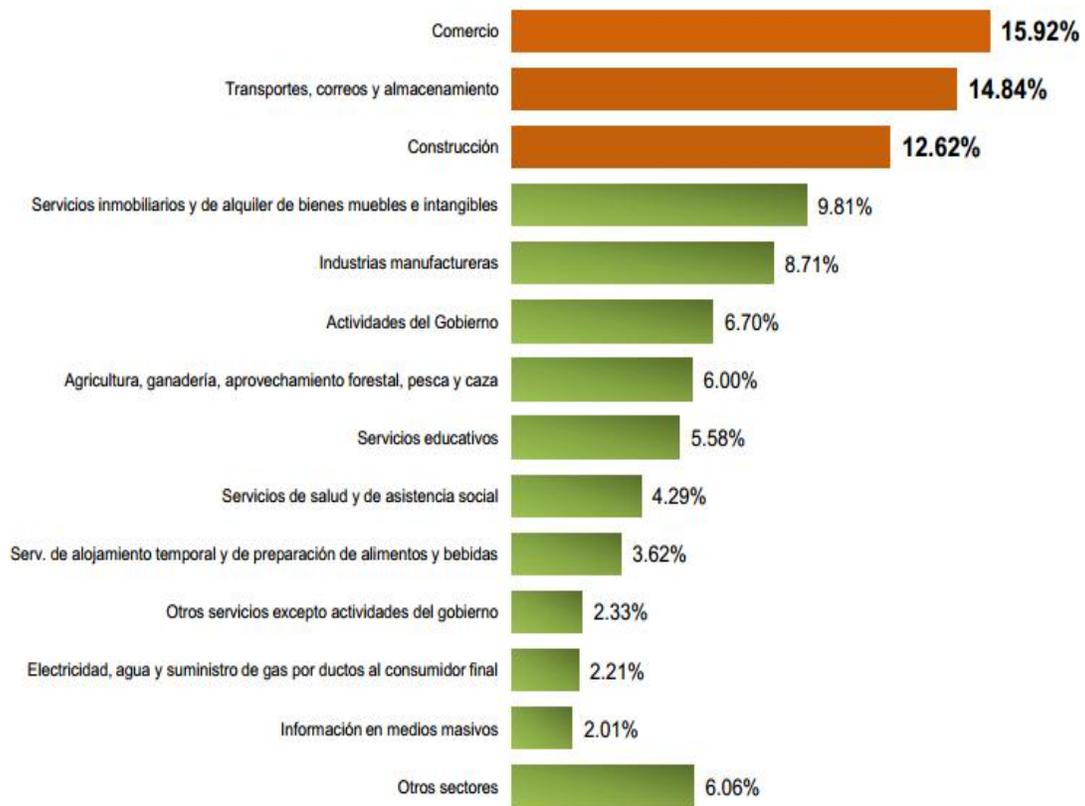


Figura 6 Producto Interno Bruto de Colima, elaborado por la Secretaría de Fomento Económico con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Objetivos

- a. Determinar el inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el Estado de Colima a nivel municipal para 2005, para las categorías de:
 1. Energía
 2. Procesos industriales y Uso de Productos
 3. Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra
 4. Desechos

- b. Proyectar el inventario de emisiones de GEI para 2010 para cada categoría.

- c. Determinar la incertidumbre de cálculo del inventario de GEI para el Estado.

Método de Cálculo

Método de Cálculo del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Método de Estimación

La metodología utilizada fue la del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) 2006 y 1996 para los precursores de ozono en el sector de procesos industriales, el abordaje metodológico simple más común consiste en combinar la información sobre el alcance hasta el cual tiene lugar una actividad humana (denominado datos de la actividad o AD, del inglés Activity Data) con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por actividad unitaria, se los denomina factores de emisión (EF, del inglés, Emission Factors). Por consiguiente, la ecuación básica es:

$$\text{Emisiones} = \text{AD} * \text{EF}$$

Estandarización y Validación de Información

La información recopilada se estandarizo a formato Excel, para conformar una base de datos por categoría, posteriormente se verifico la transcripción de información y se procedió a realizar la validación de unidades así como contrastándolos con la fuente original. No se tuvieron múltiples fuentes de información para una misma subcategoría, por lo que no fue necesario hacer discriminación de información.

Potenciales de calentamiento global

Para determinar las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) se realizó mediante la cuantificación de CO₂, CH₄ y N₂O emitidos tomando en consideración los potenciales de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) de cada uno de los gases de efecto invernadero para 100 años. En la Tabla 3 se muestran los GWP utilizados para el cálculo de las emisiones de CO₂ equivalente (CO₂e).

Tabla 3 Potenciales de Calentamiento Global de los Gases de Efecto Invernadero*

Gas	Potencial de calentamiento global a 100 años
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310

*http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php

Método de Cálculo de la Incertidumbre y Proyección

Para nuestro caso los escenarios o proyecciones permiten estimar las emisiones de GEI en el 2010, para lo cual se parte del inventario de emisiones en el año base. El año base se escoge refiriéndose a un año típico considerando el crecimiento económico o poblacional. No se recomienda escoger años con eventos extraordinarios económicos, como años de cero crecimientos o de caída en el crecimiento económico. Otro aspecto determinante en la definición del año base, es la disponibilidad de la información necesaria para la elaboración del Inventario de emisiones de GEI.

El escenario base o línea base:

El escenario o línea base de emisión parte del inventario de emisiones de GEI en el año base 2005 y las emisiones a 2010, para lo cual se considera:

- a. Las tendencias históricas, con las acciones de mitigación que se haya ya considerado desde el año base.
- b. Hipótesis exógenas, las cuales se refieren al crecimiento poblacional y de los hogares, el crecimiento del producto interno bruto (PIB) y la estructura del PIB, estas variables dependen de las tendencias históricas.

Cada categoría o sector de emisión (energía, industria, uso de la tierra y desechos) tiene una metodología específica de cálculo de emisiones a futuro que, al igual que los inventarios de emisiones, será tan compleja como desagregada y específica sea la información disponible.

Metodología para la construcción de la línea base por categoría:

Energía

Para el cálculo de escenarios de emisiones de GEI, se parte del consumo de energía en el año base de los sectores de uso final. Los sectores de uso final de la energía son: residencial, comercial, público, agropecuario e industrial.

En cada sector de uso final de la energía se utilizan diferentes energéticos, tanto combustibles fósiles como fuentes renovables de energía, y electricidad. Dentro de los combustibles fósiles se encuentran el gas natural, el carbón y el coque de carbón, los derivados del petróleo: coque de petróleo, combustóleo, diésel, gasolina, kerosenos (incluye combustible para avión) y gas licuado de petróleo (GLP).

Para la elaboración de escenarios de emisión se necesitan indicadores de actividad, estructura e intensidad que nos permitan evaluar los cambios; para lo cual se pueden definir dependiendo de la disponibilidad de la información que se tenga.

Para la construcción del escenario base se consideran la variables independientes o exógenas del modelo, las cuales son: el crecimiento del PIB, la estructura del PIB, o el crecimiento poblacional y manteniendo constante la intensidad energética o el consumo unitario de la energía. La intensidad

energética para cada sector es el consumo del energético dividido entre el PIB del mismo sector en el mismo año.

Cuando se utiliza el PIB para la creación de escenarios a futuro se debe de estimar el crecimiento anual del PIB y su estructura, se puede utilizar la tendencia registrada por esta variable en los últimos 10 años. Los datos del PIB deben estar valorados en pesos constantes para que sean comparables en el tiempo. Para utilizar o construir el crecimiento poblacional se debe obtener la tasa de crecimiento tendencial de los últimos 10 años.

El crecimiento del PIB es exponencial y la tasa promedio de crecimiento anual (TPA) se calcula por la ecuación 1:

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

Donde:

f es el año final

i el año inicial

PIB es el Producto Interno Bruto del país, estado o sector

La tasa de crecimiento promedio anual de la población y del número de hogares se obtiene aplicando también la ecuación 1. Así el escenario se construye a partir de la tasa de crecimiento tendencial de los últimos 10 años.

Para los escenarios de mitigación se puede cambiar la actividad energética cambiando; la cantidad utilizada, el cambio de energético por uno más eficiente o menos contaminante.

Desechos

El parámetro importante en referencia al tratamiento biológico de 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.

Si se tiene tratamiento y eliminación de aguas residuales es necesario conocer la materia orgánica en las aguas residuales, su demanda bioquímica de oxígeno, el tipo de sistema por sector y la cantidad de materia orgánica degradable en aguas residuales de tipo doméstico e industrial.

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.

Procesos industriales y uso de productos

La actividad para este sector puede estar en unidades físicas (toneladas) o unidades energéticas (joule), para esta categoría no es fácil encontrar información, en consecuencia se puede utilizar el crecimiento de la producción histórica de las diversas categorías o en unidades energéticas, dependiendo de la rama industrial o del tipo de producto.

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 del producción o del PIB de la rama, considerando la ecuación 1.

Los escenarios de mitigación pueden estimarse variando la tecnología utilizada en el proceso industrial lo cual tiene un efecto en el factor de emisión de acuerdo a lo presentado por las directrices de IPCC (2006c).

Agricultura, silvicultura y cambio de uso de suelo

Para este sector, podemos tener una proyección de manera sencilla al calcular los escenarios de la línea base y de mitigación a diferencia de los sectores energético e industrial.

Se puede plantear escenarios mediante objetivos política pública en materia forestal agrícola, el cambio de este sector en el futuro tanto para la línea base como para los escenarios de mitigación parten en el crecimiento del PIB de este sector.

Calculo de incertidumbre

La estimación de la incertidumbre es un paso esencial de un inventario de emisiones y absorciones de gases. Es fundamental contar con la estimación tanto de la tendencia, así como para componentes como los factores de emisión, los datos de la actividad y otros parámetros de estimación correspondientes a cada categoría.

El cálculo de la incertidumbre incluye métodos destinados a:

1. Determinar las incertidumbres en las variables individuales utilizadas en el inventario (p. ej., las estimaciones de emisiones procedentes de categorías específicas, factores de emisión, datos de la actividad, etc.);
2. Sumar las incertidumbres del componente al inventario total;
3. Determinar la incertidumbre en la tendencia;
4. Identificar fuentes significativas de incertidumbre en el inventario, para ayudar a priorizar la recopilación de datos y los esfuerzos destinados a mejorar el inventario.

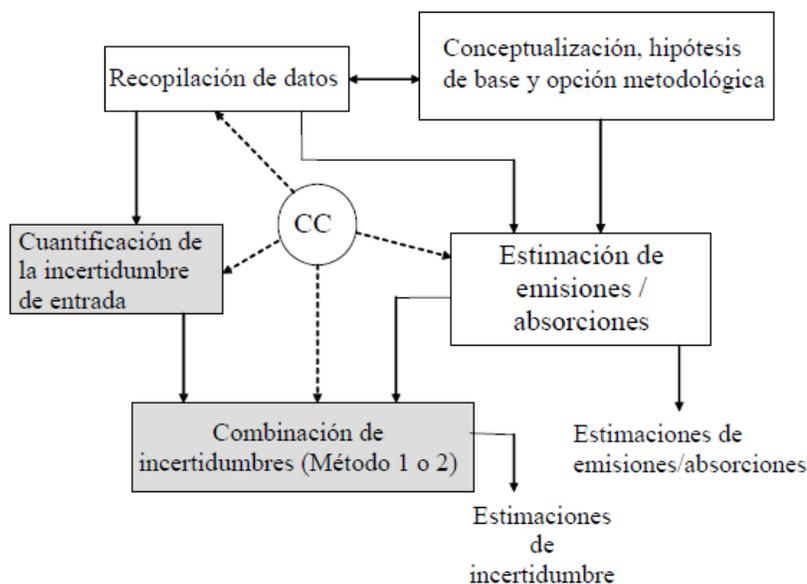


Figura 7 Estructura general de un análisis de incertidumbre genérico

Fuente: Figura 3.1 del Vol. 1 Capítulo e de Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

Existen dos métodos para el análisis de la incertidumbre:

Método 1: estimación de incertidumbres por categoría con las Ecuaciones 2 y 3, mediante combinación simple de incertidumbres por categoría, para estimar la incertidumbre general para un año y la incertidumbre de la tendencia.

Método 2: estimación de incertidumbres por categoría con el análisis de Monte Carlo, posterior a la utilización de las técnicas de Monte Carlo para estimar la incertidumbre general para un año y la incertidumbre de la tendencia.

$$U_{\text{total}} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

Ecuación 2 Combinación de Incertidumbres – Método 1 – Multiplicación

$$U_{\text{total}} = \frac{\sqrt{(U_1 * x_1)^2 + (U_2 * x_2)^2 + \dots + (U_n * x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|}$$

Ecuación 3 Combinación de Incertidumbres – Método 1 – Suma y Resta

Para el presente trabajo se utilizó el método uno para la estimación de la incertidumbre.

Resultados

Los resultados del inventario de emisiones de GEI son presentados en la Tabla 4 para todas las categorías para el estado de Colima, por municipio y a nivel estatal, con año base 2005. Las emisiones de CO₂e se obtuvieron utilizando los Potenciales de Calentamiento Global para CH₄ de 21 y N₂O de 310, para un horizonte de tiempo de 100 años.

Tabla 4 Inventario de Emisiones de GEI por categoría para el año 2005, para el estado de Colima

FUENTE	MUNICIPIO	Gg/año			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
ENERGÍA	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
	Estatal	9,139.66	0.98	0.19	9,218.94
PROCESOS INDUSTRIALES	Armería				
	Colima	0.008			0.008
	Cómala				
	Coquimatlán				
	Cuauhtémoc	53.12			53.12
	Ixtlahuacán	20.52			20.52
	Manzanillo	121.99			121.99
	Minatitlán				
	Tecomán	836.31			836.31
	Villa de Álvarez				
Estatal	1,031.95	0.00	0.00	1,031.95	
AFOLU	Armería	0.01	0.62	6.14	1918.99
	Colima	0.94	1.77	22.98	7161.24
	Cómala	0.16	0.77	10.42	3246.02
	Coquimatlán	0.5	3.18	11.11	3513.41
	Cuauhtémoc	2.59	1.49	13.34	4170.7
	Ixtlahuacán	0	0.38	5.18	1612.64
	Manzanillo	0.38	7.25	19.21	6109
	Minatitlán	0.08	1.26	7.12	2234.32
	Tecomán	0.25	1.05	9.9	3090.57

FUENTE	MUNICIPIO	Gg/año			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
	Villa de Álvarez	0.39	1.74	7.28	2295.14
	Estatad	5.30	19.51	112.68	35,352.03
Uso de suelo	Estatad	-1,580			-1,580
	Armería	4.43	0.36	0.0009	12.27
DESECHOS	Colima	124.61	1.36	0.0046	154.64
	Cómala	2.71	0.32	0.0007	9.59
	Coquimatlán	2.15	0.19	0.0006	6.29
	Cuauhtémoc	4.66	0.82	0.0009	22.12
	Ixtlahuacán	0.16	0.08	0.0002	1.82
	Manzanillo	135.32	1.89	0.0048	176.51
	Minatitlán	0.4	0.07	0.0003	1.98
	Tecomán	68.61	0.93	0.0034	89.26
	Villa de Álvarez	71.39	3.32	0.0035	142.19
	Estatad	414.44	9.34	0.02	616.20
	Total Estadad	9,011.35	29.82	112.91	44,639.12

ENERGÍA

La categoría Energía, que es la más importante en la mayoría de los inventarios 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 CO₂,

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.

Las emisiones estimadas dentro de esta categoría consideran las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, calculadas a partir del consumo de combustibles fósiles así como el obtenido de fuentes de energía renovable como la leña, usado en la subcategoría residencial.

Siguiendo la guía del IPCC 2006 se consideraron las siguientes subcategorías que incluyen la generación y uso de energía (Figura 8).

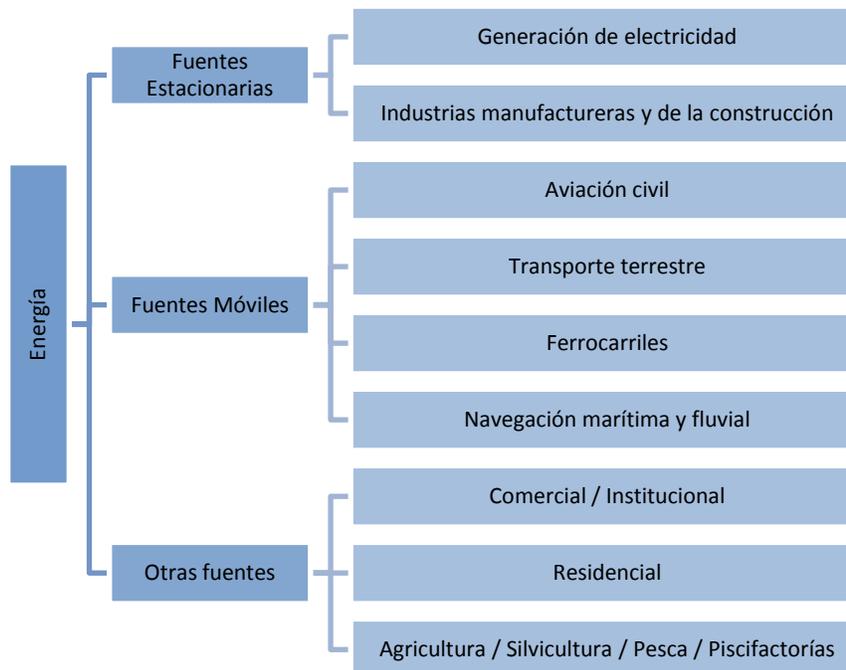


Figura 8 Subcategorías del sector Energía

Datos de Actividad

La información sobre el consumo sectorial de combustibles en el estado de Colima en el 2005 se obtuvo realizando estimaciones sobre consumo energético para la mayoría de los sectores a partir de los datos reportados por la Secretaría de Energía (SENER) en las Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2010-2025, Prospectiva de petrolíferos 2006-2015, Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026, Balance Nacional de Energía (BNE) publicado para el 2005 (SENER, 2006) y las Cédulas de Operación Ambiental (COA) estatales y federales de la actividad industrial en el estado del 2005 y complementado con datos de 2008.

Partiendo del consumo de cada combustible reportado en los documentos mencionados en la región centro-occidente a la cual pertenece el estado de Colima, se desagregó de acuerdo al tipo de subcategoría (residencial, comercial, transporte, industria, etc.); combinando con información del INEGI (como número de habitantes, número de empleados, número de viviendas, entre otra) para su desagregación (para mayor detalle ver la sección de cada una de las subcategorías así como la base de datos correspondientes).

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 5 se presenta el consumo de combustible por tipo.

Tabla 5 Consumo energético por tipo de combustible*

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
Estatal	118,529.82	100

*SENER, 2006; COA, 2005.

En la Tabla 6 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 6 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
Estatotal	118,529.82	100

Fuentes Estacionarias de Combustión

En esta sección se estimaron las emisiones de GEI provenientes de la generación de electricidad, así como del consumo de combustibles en la industria manufacturera y de la construcción, dentro de las cuales destacan la de alimentos, química, automotriz, metalurgia y de la construcción.

Generación de electricidad

Colima cuenta con una 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 7).

Tabla 7 Consumo energético para generación de electricidad

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

Industria manufacturera y de la construcción

La industria establecida en el estado de Colima varía desde química, cemento y cal, metalurgia, alimenticia, y otras. Utiliza combustibles como combustóleo, diesel, gas LP, bagazo de caña y coque de petróleo, este dato de consumo de combustible se obtuvo de las cédulas de operación anual reportadas al gobierno del estado y a la federación por parte del industrial del año de actividad 2005 (Tabla 8).

Tabla 8 Consumo energético por municipio en TJ/año

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		
Estatal	3164.204	84.952	0.545	1,631.80	536.17

* No hay ventas de Gas Natural en Colima para el año 2005 en ningún rubro de acuerdo con Prospectiva de Mercado de Gas Natural 2010-2025, SENER.

Fuentes Móviles de Combustión

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) de la SCT así como la Base de datos de operaciones de vuelo 2006-2012 de la SCT; asumiendo que los números de operaciones de 2006 fueron igual a los de 2005 por falta de mayor información (Tabla 9); el combustible utilizado por esta subcategoría es la turbosina o queroseno. (SCT, 2009)

Tabla 9 Consumo energético por aeropuerto

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.

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

Tabla 10 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 Tabla 11 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 11 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
Cuauhtémoc	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
Estatad	15	190	145,263	2,840	148,308

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones 2005, SEMARNAT 2012

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 Cuauhtémoc 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 Pacífico-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 12.

Tabla 12 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
Estatad	132.7	3.76

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 13).

Tabla 13 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.

Otras fuentes de combustión

Comercial

En la subcategoría comercial, institucional o de servicios los combustibles utilizados en el Estado de Colima fueron el gas licuado de petróleo y el diesel. 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 14.

Tabla 14 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
Estatad	54,096	293	36

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

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 15.

Tabla 15 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
Cauhtémoc	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
Estatad	1,631	8.25	1,133

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

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 16).

Tabla 16 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
Estatad	3	30	0.061	131

Metodología

De acuerdo con la información disponible, se realizó la estimación de emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O de acuerdo al árbol de decisiones para la categoría de energía, obteniendo un nivel metodológico de complejidad básico Tier 1 (Figura 9), siguiendo las directrices de IPCC, 2006.

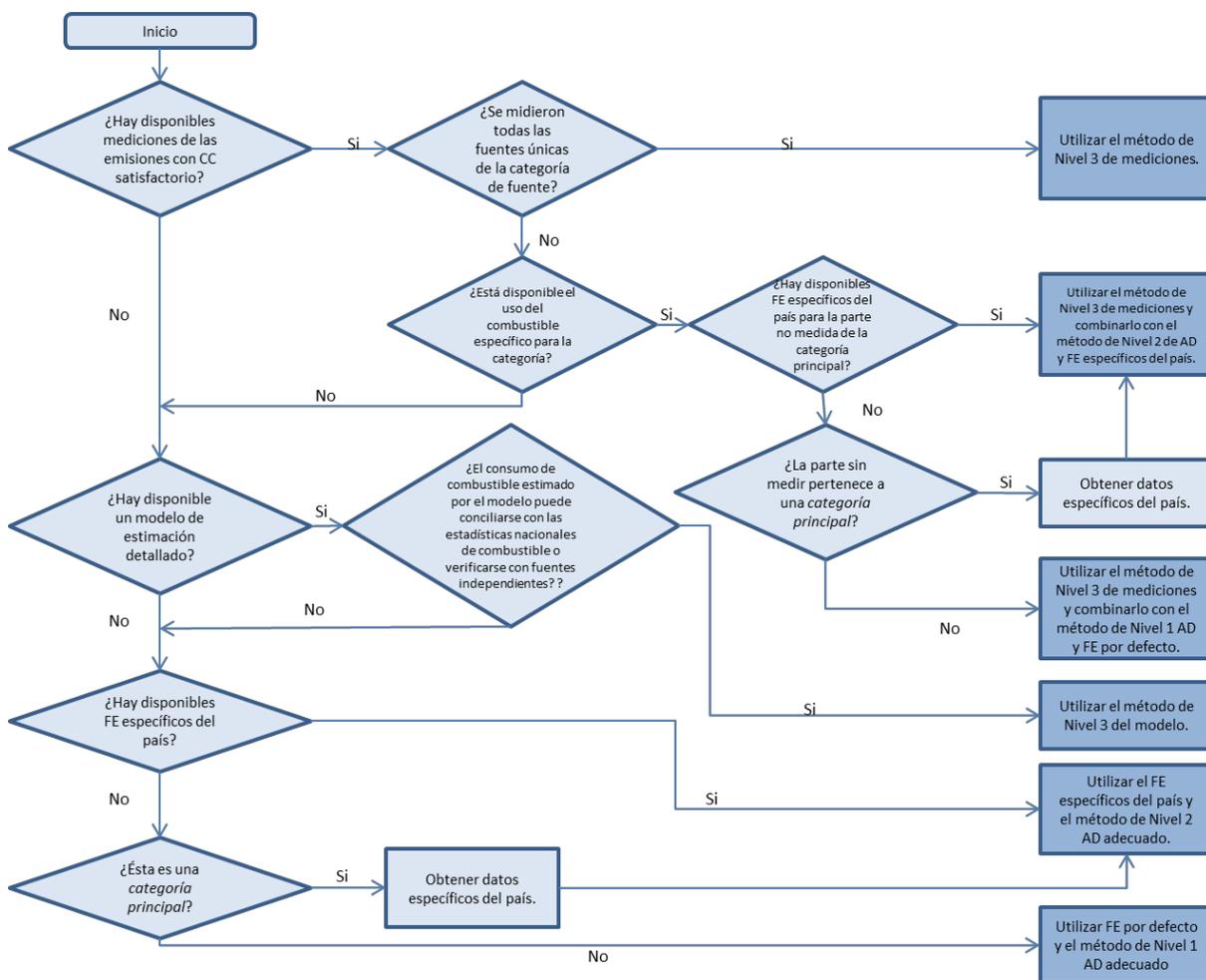


Figura 9 Árbol de decisiones para seleccionar el método de estimación de las emisiones de CO₂ procedentes de fuentes de combustión

Para el cálculo de la estimación de emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, éste fue realizado de acuerdo a la siguiente ecuación, donde se obtiene un resultado en gigagramos al año.

$$\text{Emisiones de GEI} = \left(\sum \text{Consumo de combustible} \right) \times FE_{GEI}$$

Donde:

Emisiones de GEI = Emisiones de GEI (CO₂, CH₄, N₂O) por tipo de combustible (Gg GEI)

Consumo de combustible = Cantidad de combustible quemado (TJ)

FE_{GEI} = Factor de Emisión de GEI (CO₂, CH₄, N₂O) según el tipo de combustible (Gg C/TJ)

Los factores de emisión utilizados para la estimación de gases de efecto invernadero fueron los de defecto del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2006), debido a que no se tienen factores de emisión locales o nacionales (Tabla 17). La fracción de carbono almacenada en los productos no fue posible calcularse, ya que no se cuenta con datos de las cantidades de combustibles utilizados como insumos.

Tabla 17 Factores de emisión (Kg / TJ)

Subcategoría	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Generación de energía			
Combustóleo	77,400	3	0.6
Industria manufacturera y de la construcción			
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
Residencial, comercial y agropecuario			
Gas LP	63,100	5	0.1
Diesel	74,100	10	0.6
Queroseno	71,900	10	0.6
Leña	112,000	300	4
Ferrocarriles			
Diesel	74,100	4.15	28.6
Navegación			
Diesel marino	74,100	7	2
Combustóleo	77,400	7	2
Transporte terrestre			
Gasolina	69,300	*	*
Diesel	74,100	3.9	3.9
Gas LP	63,100	62	0.2
Gas Natural	56,100	92	3
Aviación (Kg / LTO)			
Airbus A318-100 Series	2,310	0.06	0.1
ATR 42-500 PT6-45	620	0.03	0.02

*El FE utilizado en varía de acuerdo al tipo de tecnología vehicular, Cuadro 3.2.2 y 3.2.3 de la guía de IPCC, 2006 para fuentes móviles.

A continuación se muestran los poderes caloríficos utilizados en el presente inventario, obtenidos del Balance Nacional de Energía 2005 reportados por la SENER (Tabla 18). Las unidades en que se reportaba el consumo de combustibles fueron convertidas a Terajoules (TJ) para la aplicación de los factores de emisión.

Tabla 18 Poder calorífico de los combustibles utilizados*

Combustible	Poder calorífico	Unidades
Gas LP	3,765	MJ/bl
Gas Natural	41,772	KJ/m3
Queroseno o turbosina	5,223	MJ/bl
Gasolina	4,872	MJ/bl
Combustóleo	6,019	MJ/bl
Diesel	5,426	MJ/bl
Coque de petróleo	30,675	MJ/ton
Leña	14,486	MJ/ton
Bagazo de caña	7,055	MJ/ton

*Balance Nacional de Energía, 2005 (SENER,2006)

Para determinar las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) se utilizaron los potenciales de calentamiento global mencionados en la Tabla 3.

Resultados

Para el Estado de Colima se estimó una emisión de 9,218.94 Gg de CO₂ equivalente derivado de las fuentes de combustión en el año 2005.

En la Tabla 19 se presentan las emisiones de GEI y CO₂e por subcategoría del sector energía; donde se observa que la generación de energía eléctrica es la más importante en emisiones de CO₂e a la atmósfera con el 78.07%, seguido del transporte con el 13.88% (Figura 10).

Tabla 19 Emisiones de GEI en Gg/año por subcategoría

Subcategoría	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ 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
Estatotal	9,139.66	0.98	0.19	9,218.94

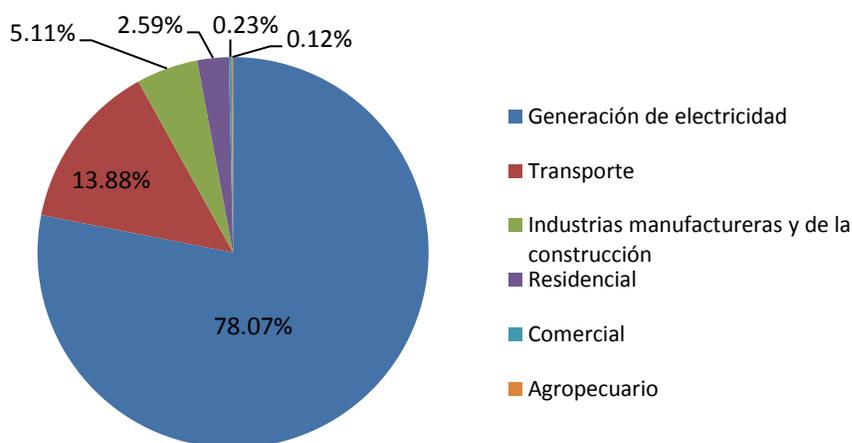


Figura 10 Contribución de las emisiones de CO₂e por subcategoría

En la Tabla 20 se muestra las emisiones de GEI por municipio del Estado de Colima. Donde los municipios con la mayores emisiones de CO₂e 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 11).

Tabla 20 Emisiones de GEI en Gg/año por municipio

Municipio	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ 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
Estatal	9,139.66	0.98	0.19	9,218.94

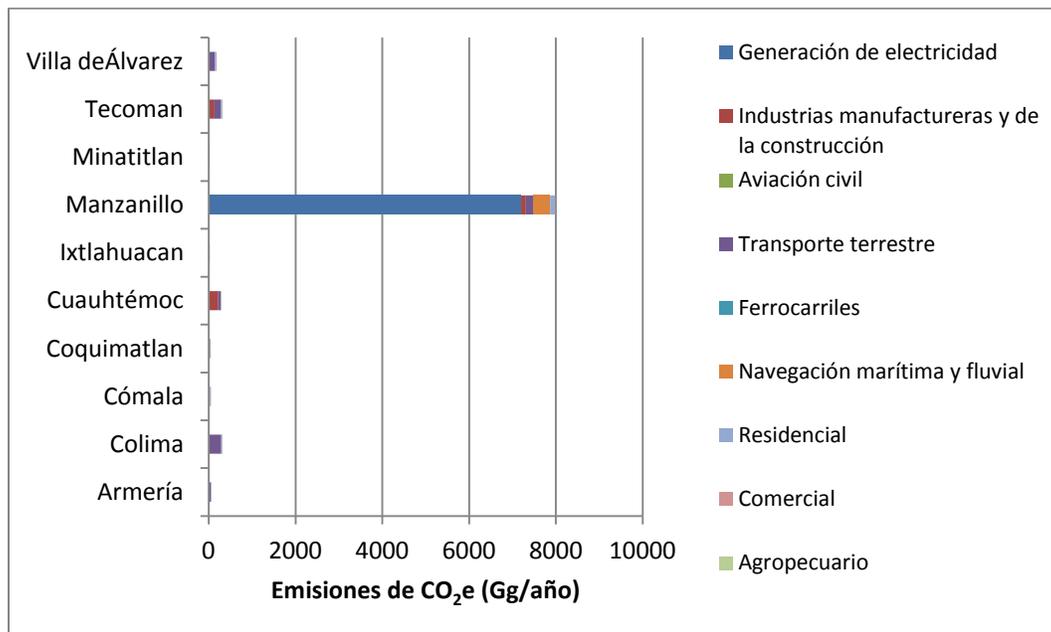


Figura 11 Contribución de las emisiones de CO₂e por subcategoría y municipio

Fuentes Estacionarias de combustión

La generación de electricidad es la fuente más importante de emisiones en el estado con una emisión de CO₂e de 7,197.18 Gg durante 2005. Mientras que la industria manufacturera y de la construcción emitió 470.69 Gg de CO₂e.

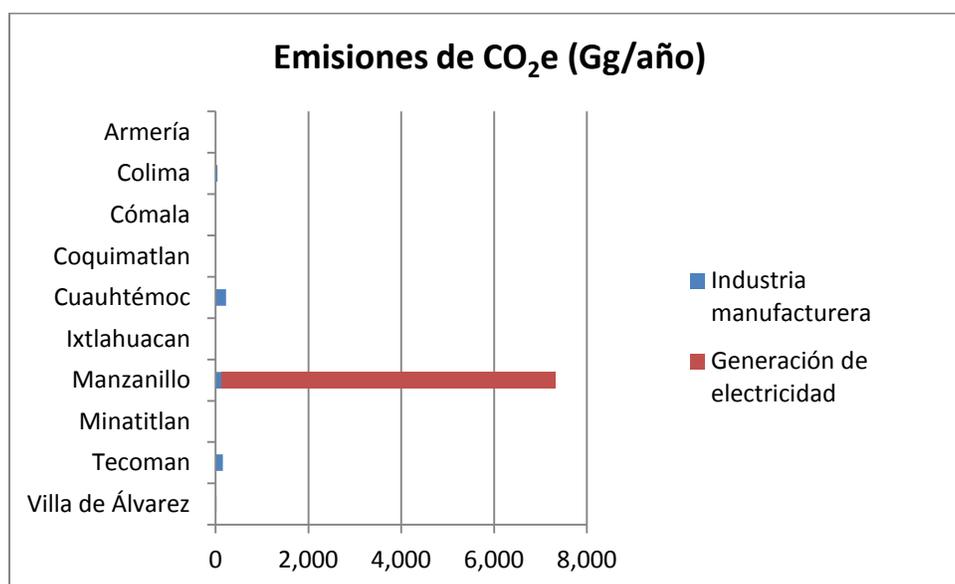


Figura 12 Emisiones de CO₂e (Gg/año), municipio y sector

En la Tabla 21 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 21 Consumo y emisiones de GEI por tipo de actividad

Subcategoría	Combustible	Consumo 2005 (PJ)	Emisiones CO ₂ (Gg/año)	Emisiones CH ₄ (Gg/año)	Emisiones N ₂ O (Gg/año)	Emisiones CO ₂ 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
Estatal		98.11	7,640.80	0.34	0.06	7,667.87	100.00

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 13).

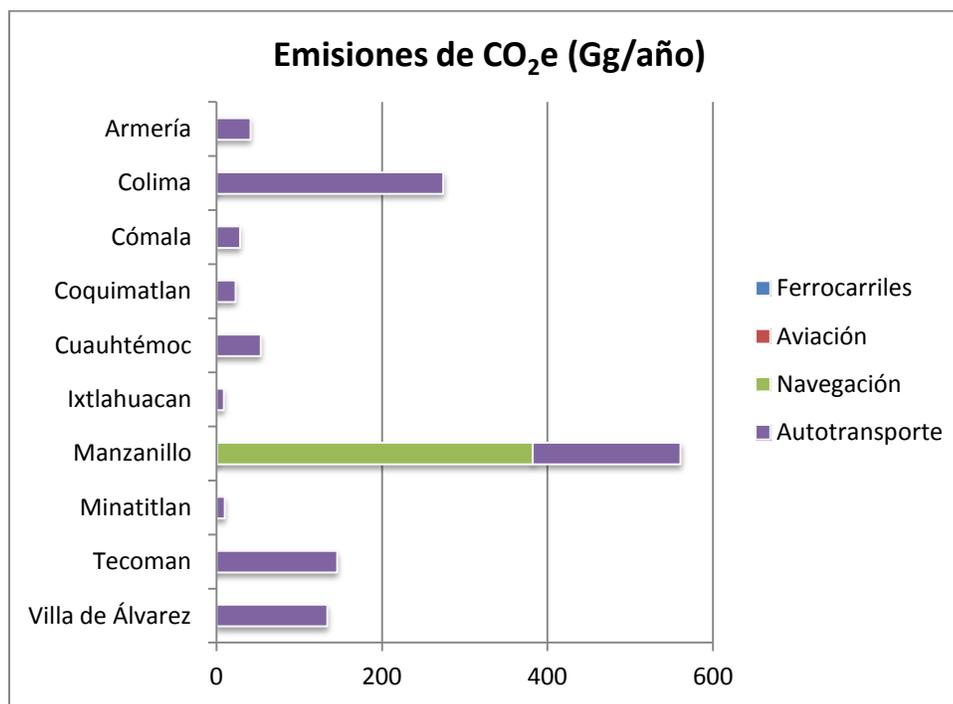


Figura 13 Emisiones de CO₂e (Gg/año), municipio y tipo de medio de transporte

En la Tabla 22 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 22 Consumo y emisiones de GEI por tipo de actividad.

Subcategoría	Combustible	Consumo 2005 (PJ)	Emisiones CO ₂ (Gg/año)	Emisiones CH ₄ (Gg/año)	Emisiones N ₂ O (Gg/año)	Emisiones CO ₂ 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
Estatal		17.16	1,236.59	0.28	0.12	1,280.03	100

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 diesel del sector autotransporte con el 9.4% de las emisiones de CO₂e.

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, son lo que mayormente contribuyen en emisiones de GEI a esta subcategoría.

Tabla 23 Emisiones de GEI (Mg/año), por Tipo de Vehículo

Tipo de Vehículo	Emisión de CO ₂ (Mg/año)	Emisión de CH ₄ (Mg/año)	Emisión de N ₂ 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

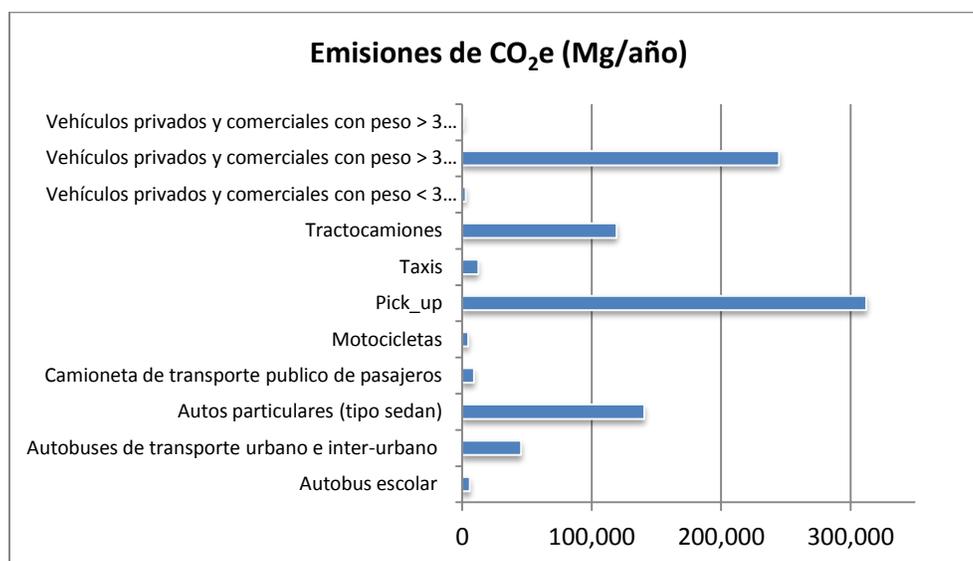


Figura 14 Emisiones de CO₂e (Mg/año), por tipo de vehículo

La gasolina es el principal combustible utilizado en las fuentes móviles terrestres, y el que contribuye con el 86% de las emisiones de CO₂ equivalente de este tipo de fuentes (Figura 15).

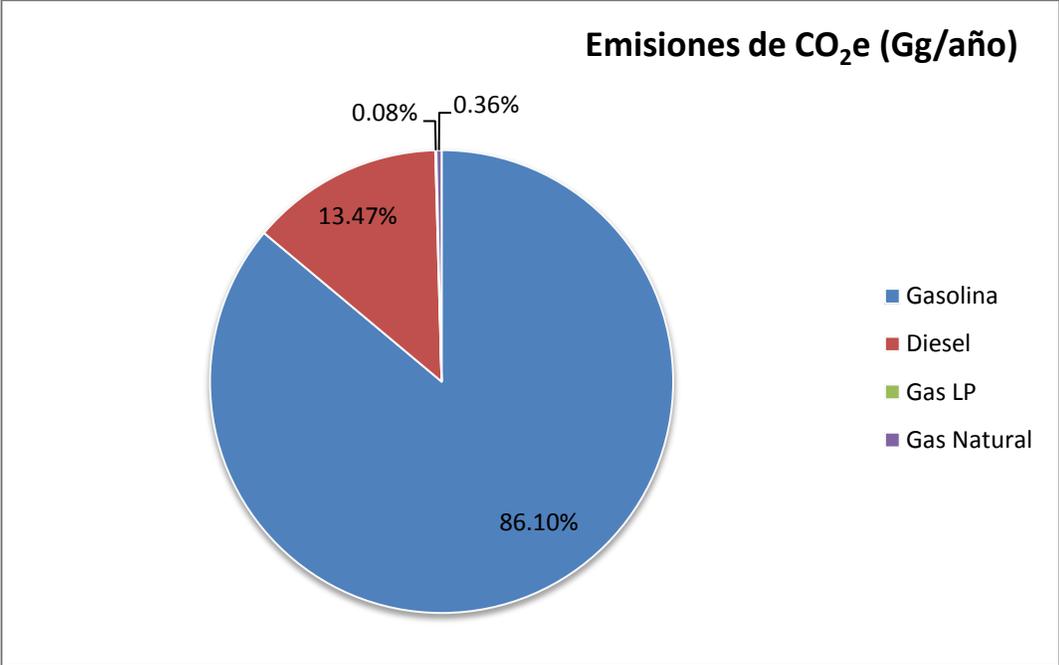


Figura 15 Porcentaje de emisiones de CO₂e por tipo de combustible

Otras fuentes de combustión.

En el rubro otras fuentes de combustión dentro de energía el que mayores emisiones de GEI y en global de CO₂ 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 16).

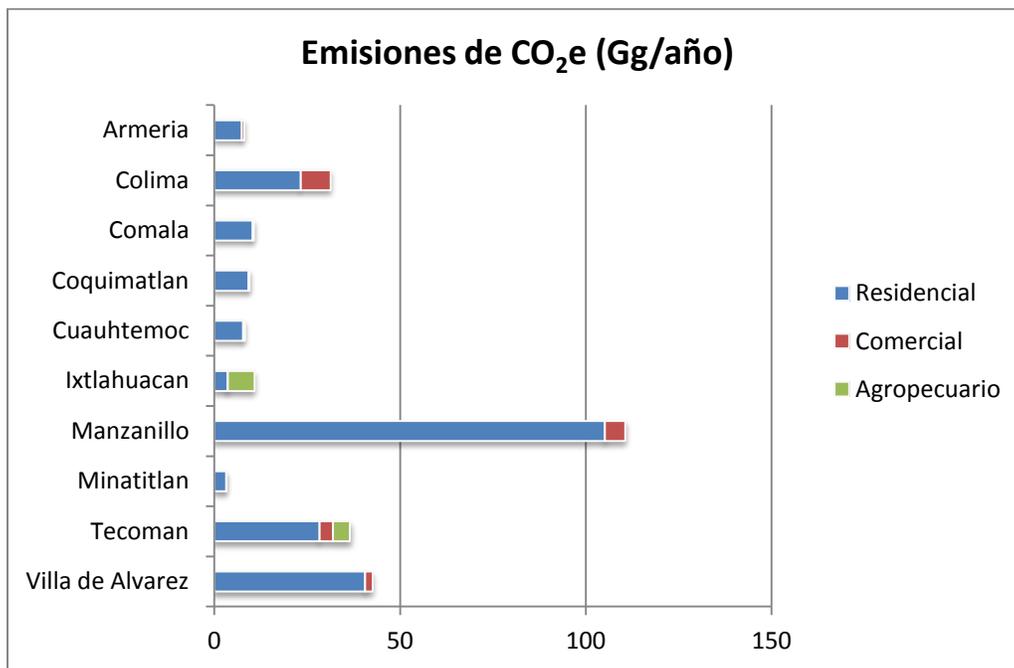


Figura 16 Emisiones de CO₂e (Gg/año), municipio y sector

En el sector comercial en el estado de Colima se consumió gas LP y diesel 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, diesel y queroseno; en los municipios de Ixtlahuacán y Tecomán se reporta este tipo de actividad.

En la Tabla 24 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 24 Consumo y emisiones de GEI por tipo de actividad

Subcategoría	Combustible	Consumo 2005 (PJ)	Emisiones CO ₂ (Gg/año)	Emisiones CH ₄ (Gg/año)	Emisiones N ₂ O (Gg/año)	Emisiones CO ₂ 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
Estatal		3.26	263	0.35	4.8E-03	272	100

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 diesel en la subcategoría agropecuario con el 3.59%.

PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

El sector de procesos industriales y uso de los productos (IPPU, del inglés, Industrial Processes and Product Use), 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.

Se recopiló información del sector industrial a través de las Cédulas de Operación Anual (COA) estatal y federal proporcionadas por el gobierno del estado año base 2005; así como información del INEGI a través del DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) y de las páginas web de las empresas.

En el Estado de Colima, se cuenta 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; por lo que se consideraron las siguientes subcategorías (Figura 17).

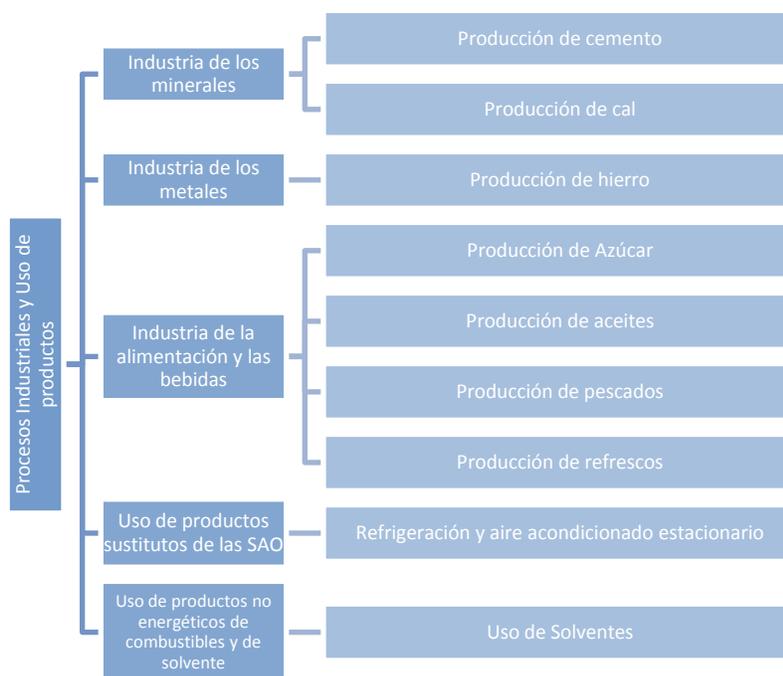


Figura 17 Subcategorías del sector procesos industriales y uso de productos

Procesos Industriales

La metodología aplicada fue la recomendada por IPCC 2006; partiendo del uso de los árboles de decisiones, los que sirven como apoyo para definir el método, los factores de emisión y datos de actividad.

Producción de Cemento

En la fabricación del cemento, el CO₂ se genera durante la producción de clínker, dado que se calienta o calcina la piedra caliza, compuesta esencialmente de carbonato de calcio (CaCO₃), para producir cal (CaO) y CO₂ como productos derivados.

Dato de actividad

La información de la producción de cemento en el Estado de Colima se obtuvo de la cédula de operación anual presentada a la SEMARNAT para el año de actividad 2005, así como de información de la Cámara Nacional del Cemento (CANACEM). En Colima se cuenta con una planta de producción de cemento ubicada en el municipio de Tecomán, la cual produjo 1,865,008 toneladas de cemento.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ se cuenta con datos de cantidad de clínker y cemento producido en la planta cementera. Por lo que se optó por el Método de Nivel 1: Estimación de la producción de clínker a través de los datos de producción de cemento, de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \sum_i [(M_{ci} \times C_{cli}) - Im + Ex] \times EF_{clc}$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ provenientes de la producción de cemento, toneladas

M_{ci} = peso (masa) de cemento producido de tipo i, toneladas

C_{cli} = fracción de clínker del cemento de tipo i, fracción

Im = importaciones para el consumo de clínker, toneladas

Ex = exportaciones de clínker, toneladas

EF_{clc} = factor de emisión del clínker en el cemento en particular, toneladas de CO₂/toneladas de clínker. El factor de emisión por defecto del clínker (EF_{clc}) está corregido para el CKD (del inglés Cement Kiln Dust).

La fracción de clínker del cemento (C_{cli}) se determinó dividiendo la cantidad de clínker reportado por el industrial entre la cantidad de cemento producido, dando como resultado 0.86.

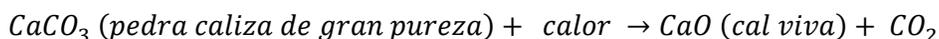
Factor de Emisión

Para la elección del factor de emisión se tomó el de defecto para el clínker (IPCC, 2006. Volumen 3, capítulo 2, página 2.13):

$$EF_{clc} = 0.51 \times 1.02 \text{ (corrección CKD)} = 0.52 \text{ toneladas de CO}_2/\text{toneladas de clínker}$$

Producción de Cal

El óxido de calcio (CaO) o cal se obtiene por medio del calentamiento de la piedra caliza para descomposición de los carbonatos; este procedimiento se lleva a cabo en hornos rotatorios a alta temperatura y el proceso libera CO₂ 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), se utiliza principalmente la piedra caliza con fuerte proporción de calcio (calcita), según la reacción siguiente:



La producción de cal se realiza en una serie de etapas, incluida la extracción de las materias primas, la trituración 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 CO₂.

Dato de actividad

La información de la producción de cal en el Estado de Colima se obtuvo de la cédula de operación anual presentada a la SEMARNAT para el año de actividad 2005. En Colima se cuenta con una planta de producción de cal ubicada en el municipio de Ixtlahuacán, la cual produjo 27,363 toneladas de cal.

Se cuenta con la cantidad de cal producida por lo que se utilizó el método de estimación de nivel 1, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones de } CO_2 = \sum_i (EF_{cal,i} \times M_{l,i} \times CF_{lkd,i} \times C_{h,i})$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de la producción de cal, toneladas

EF_{cal,i} = factor de emisión para la cal de tipo i, toneladas de CO₂/ toneladas de cal

M_{l,i} = producción de cal de tipo i, toneladas

CF_{lkd,i} = factor corrector para el LKD (del inglés, Lime Kiln Dust) para la cal de tipo i, sin dimensión

Esta corrección puede justificarse de una manera similar que para el CKD (del inglés Cement Kiln Dust)

C_{h,i} = factor corrector para la cal hidratada del tipo de cal i, sin dimensión

i = cada una de las cales específicas

Factor de Emisión

Para la elección del factor de emisión se tomó el de defecto para la producción de cal (IPCC, 2006. Volumen 3, capítulo 2, página 2.25):

$$\begin{aligned} EF_{cal} &= 0.85 \times EF_{cal \text{ con fuerte proporción de calcio}} + 0.15 \times EF_{cal \text{ de dolomita}} \\ &= 0.85 \times 0.75 + 0.15 \times 0.77 \\ &= 0.6375 + 0.1155 \\ &= 0.75 \text{ toneladas de } CO_2 / \text{ toneladas de cal producida} \end{aligned}$$

Producción de hierro

En el estado de Colima la producción de hierro 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 9-16 mm de diámetro. El proceso incluye el molido, el secado, la granulación y el tratamiento térmico de las materias primas. Las plantas de peletización están ubicadas principalmente en las minas de hierro o en 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 CO₂, depende, en parte, de la calidad del hierro y de las otras materias primas utilizadas en el proceso. Las emisiones de CO₂ dependen también del contenido de carbono y del poder calórico de los combustibles empleados en el proceso.

Dato de actividad

La información de la producción de hierro en el Estado de Colima se obtuvo de la cédula de operación anual presentada a la SEMARNAT para el año de actividad 2005. En Colima se cuenta con dos plantas de producción de hierro ubicadas en los municipios de Manzanillo y Cuauhtémoc; generando una producción en el Estado de 5,837,041 ton de pellets (Tabla 25).

Tabla 25 Producción de pellets en el Estado de Colima, 2005

Empresa	Municipio	Producción de pellets (ton), 2005
Planta de producción de hierro 1	Manzanillo	4,066,296
Planta de producción de hierro 2	Cuauhtémoc	1,770,745

Para la estimación de emisiones de CO₂ para esta subcategoría se utilizó el método de Nivel 1 ya que solo se cuenta con datos sobre la producción de pellet por cada empresa, por lo que se utilizaron factores de emisión por defecto.

$$E_{CO_2, no-energía} = P \times EF_p$$

Donde:

$E_{CO_2, no-energía}$ = emisiones de CO₂, toneladas

P = cantidad de pellets producido, toneladas

EF_p = factor de emisión, toneladas de CO₂/tonelada de P producido

Factor de Emisión

Para la estimación de CO₂ se utilizó el factor de emisión por defecto producción de pellets (toneladas de CO₂ por tonelada de pellets producido) que de acuerdo al Cuadro 4.1 del Capítulo 4: Emisiones de la industria de los metales de las guías de IPCC, 2006 (Vol. 3, página 4.27) es de 0.03.

Producción de alimentos

La producción de alimentos genera emisiones a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) de acuerdo a la metodología IPCC, 1996. En el estado de Colima se ubicaron industria de producción de azúcar, producción de aceites, producción de pescado. Muy probablemente existan otro tipo de industrias como producción de pan artesanal entre otros, pero esta información no pudo ser recabada para el presente inventario.

Dato de actividad

La información de producción de alimentos en el Estado de Colima se obtuvo de la cédula de operación anual estatal presentada al Instituto del medio ambiente para desarrollo sustentable del Gobierno del Estado para el año de actividad 2005, misma que se presenta en la Tabla 26.

Tabla 26 Producción de alimentos

Municipio	Alimentos	Producción 2005 (ton)
Cauhtémoc	Azúcar	98,091.8
Manzanillo	Carnes, pescados y aves	15.0
Tecomán	Margarina, grasas sólidas de cocina y aceites	537.8
Colima	Margarina, grasas sólidas de cocina y aceites	133.6

Factor de Emisión

Los factores de emisión utilizados en las distintas categorías de producción de alimentos se presentan en la Tabla 27 (IPCC, 1996 Volumen 2, página 2.45).

Tabla 27 Factores de emisión para la producción de alimentos

Alimentos	Factores de emisión (Kg de COVDM/ton de producto)
Azúcar	10
Carnes, pescados y aves	0.3
Margarina, grasas solidas de cocina y aceites	10

Uso de productos

Refrigeración y aire acondicionado estacionario:

Para la estimación de las emisiones de HFCs que se producen debido a la refrigeración y aire acondicionado, se utilizó la metodología propuesta en el inventario de GEI en el Estado de Baja California y Chiapas, ya que se carecía de mejores datos de actividad, tomando los siguientes criterios. Este dato solo es indicativo dado que los HFCs producidos por esta actividad no están contemplados dentro de las guías de IPCC, 2006.

Dato de actividad

El número de viviendas con energía eléctrica en el Estado de Colima, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda realizado por el INEGI en el año 2005 fue de 147,092 de las cuales 128,157 tienen al menos un refrigerador (87.12%).

Del total de viviendas, si se considera que el 20.16% que contaba con equipo de cómputo, tienen por lo menos un equipo de aire acondicionado, entonces para el año 2005 habían 29,665 equipos.

De acuerdo a lo anterior se tiene el dato de actividad por municipio de la Tabla 28.

Tabla 28 Número de refrigeradores y aires acondicionados por municipio

Municipio	Número de hogares	Número de refrigeradores	Número de aires acondicionados
Armería	6,504	5,123	345
Colima	34,440	31,544	9,824
Cómala	4,933	3,584	596
Coquimatlán	4,438	3,716	350
Cuauhtémoc	6,707	5,827	838
Ixtlahuacán	1,257	929	81
Manzanillo	36,125	32,203	6,876
Minatitlán	1,890	1,485	140
Tecomán	24,567	19,147	2,237
Villa de Álvarez	26,231	24,599	8,378
Estatal	147,092	128,157	29,665

Factor de Emisión

De acuerdo con el Fideicomiso de Ahorro para la Energía Eléctrica (FIDE), cada equipo de aire acondicionado tiene una carga promedio de 1.5 kg de HCFC-22, de los cuales se estima que solo el 10% del total presentan fugas, las cuales equivalen al 15% de este compuesto. Para el caso de los refrigeradores se toman en cuenta las mismas consideraciones, pero con base en una carga de 120 g por equipo. Dado que en los potenciales aprobados por la CMNUCC no se encuentran los HCFC-22, este apartado solo se deja como informativo, pero dado que no cuenta con potencial de calentamiento aprobado los resultados no se suman en el total de CO₂e.

Uso de solventes

De manera cotidiana en diferentes actividades antropogénicas en la industria, los servicios, las casas habitación, etc., se hace uso de productos con contenido de solventes, como por ejemplo las pinturas, adhesivos, aerosoles, productos de limpieza etc. Con fines de este inventario de emisiones, se cuantificaran las emisiones de Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) por el uso de esos productos, si bien no es posible establecer si estas emisiones tendrán o no impacto alguno en la producción de CO₂ pues no se tienen datos que indiquen cuanto de estos compuestos son transformados en contaminantes como Ozono y cuantos en CO₂.

Dato de Actividad

En todos los casos se utilizó como dato de actividad información a nivel municipal del año 2005, los factores de emisión preferentemente fueron los reportados por el INEGI 1990-2002 y donde no se tienen factores nacionales se utilizaron los que son considerados en el IPCC-1996 por defecto. El procedimiento de cálculo desarrollado comprende los siguientes pasos:

Se consultó el Reporte Anual ANAFAPyT 2005 y se identificaron los productos con solventes, se cuantificaron los totales nacionales y se estableció un factor de distribución per cápita a fin de asignar un volumen de ventas en el estado de Colima (Tabla 29).

Tabla 29 Datos de ventas de solventes a nivel nacional

Venta nacional	Barnices	Esmaltes	Lacas	Pinturas solubles en agua con y sin agregados minerales	Pinturas con solventes	Selladores, tintes bases y fondos
LITROS	0.00	67,887,000	3,293,000	197,819,000	117,488,000	20,866,000
PER CAPITA	0.00	0.65	0.03	1.90	1.13	0.20

Utilizando los datos de población total municipal y el factor de distribución por ventas per cápita se asignó por tipo de producto la cantidad en litros a nivel municipal (Tabla 30).

Tabla 30 Ventas de solventes por municipio

Municipio	Población 2005	Ventas (l)					
		Barnices	Esmaltes	Lacas	Pinturas solubles en agua con y sin agregados minerales	Pinturas con solventes	Selladores, tintes bases y fondos
Armería	24,939	0	16,287	790	47,461	28,188	5,006
Colima	132,273	0	86,387	4,190	251,726	149,504	26,552
Cómala	19,495	0	12,732	618	37,101	22,035	3,913
Coquimatlán	17,363	0	11,340	550	33,043	19,625	3,485
Cuauhtémoc	25,576	0	16,704	810	48,673	28,908	5,134
Ixtlahuacán	4,759	0	3,108	151	9,057	5,379	955
Manzanillo	137,842	0	90,024	4,367	262,324	155,799	27,670
Minatitlán	7,478	0	4,884	237	14,231	8,452	1,501
Tecomán	98,150	0	64,101	3,109	186,787	110,936	19,702
Villa de Álvarez	100,121	0	65,388	3,172	190,538	113,164	20,098
Estatal	569,727	0	372,085	18,049	1,084,235	643,945	114,365

Factor de Emisión

Los factores de emisión fueron tomados del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2006, así como los datos de densidad por tipo de producto (Tabla 31).

Tabla 31 Factores de Emisión por tipo de producto

Variable	Barnices	Esmaltes	Lacas	Pinturas solubles en agua con y sin agregados minerales	Pinturas con solventes	Selladores, tintes bases y fondos
DENSIDAD (Kg/L)	0.92	0.94	0.92	1.1	0.94	0.9
FE (Kg COVDM/TON de pintura)	750	750	750	30	500	300

Efectuar el cálculo de la emisión neta

La emisión se estima de la siguiente manera:

$$Emisión(ton) = (Vol\ producto \times \delta\ densidad\ del\ producto \times FE\ especifico)/1000$$

Resultados

Para el Estado de Colima se estimó una emisión de 1,031.95 Gg de CO₂ equivalente derivado de las fuentes de procesos industriales y uso de productos en el año 2005; así como 1.625 Gg de COVDM derivado de la industria alimenticia y de uso de solventes (Tabla 32).

Tabla 32 Emisiones por municipio y tipo de contaminante

Municipio	CO ₂ (ton/año)	CO ₂ e (Gg/año)	COVDM (ton/año)
Armería			29
Colima			150
Cómala			22
Coquimatlán			20
Cuauhtémoc	53,122	53.12	1,010
Ixtlahuacán	20,522	20.52	6
Manzanillo	121,989	121.98	155
Minatitlán			9
Tecomán	836,313	836.31	112
Villa de Álvarez			112
Estatal	1,031,955	1,031.95	1,625

Como se observa en la tabla anterior el municipio con mayores emisiones de CO₂e es Tecomán, por la presencia de la industria cementera, seguido del municipio de Manzanillo por la producción de hierro en el mismo. El municipio de Cuauhtémoc las emisiones derivadas de la producción de hierro, lo hacen tener una emisión importante de GEI, seguido de Ixtlahuacán 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.

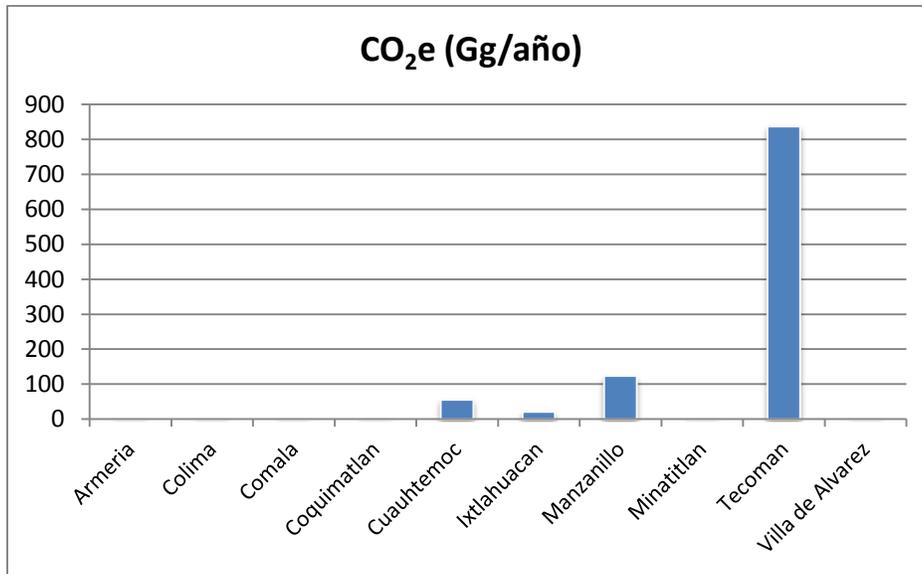


Figura 18 Emisiones de CO₂e (Gg/año), por municipio

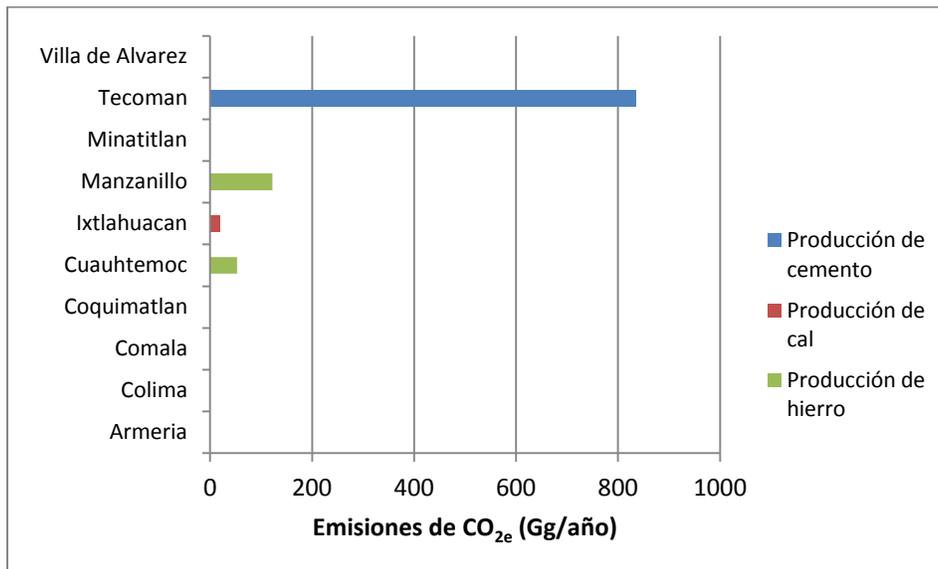


Figura 19 Emisiones de CO₂e (Gg/año), por subcategoría y municipio

La producción de cemento es la subcategoría que más contribuye a las emisiones de CO₂e (81%) por el sector de procesos industriales y uso de productos, seguido de la producción de hierro con el 17%, y la producción de cal con el 2% (Tabla 33).

Tabla 33 Emisiones por proceso industrial y uso de productos, y tipo de contaminante

Subcategoría	CO ₂ (Gg/año)	CO ₂ e (Gg/año)	COVDM (Gg/año)
Producción de cemento	836	836	
Producción de cal	21	21	
Producción de hierro	175	175	
Alimentos			0.99
Uso de solventes			0.64
Estatal	1,031.95	1,031.95	1.63

En el estado de Colima la producción de cemento es el proceso industrial que mayores emisiones de CO₂ genera, seguido de la producción de hierro y la cal. Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) se generan por la industria alimenticia en mayor proporción por la producción de azúcar; así como por el uso de solventes.

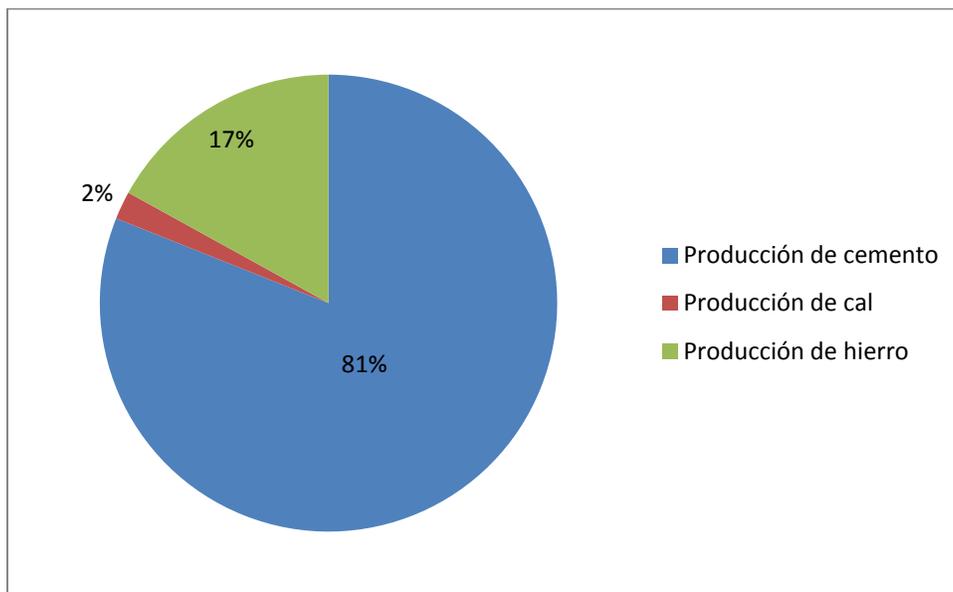


Figura 20 Emisiones de CO₂e, por subcategoría

SECTOR DE AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA

Esta sección que incluye la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de las actividades antropogénicas relacionadas con el sector productivo primario Agropecuario y cambios del uso del suelo, también denominado AFOLU por sus siglas en inglés. De acuerdo con la metodología de IPCC 2006, se identifican cuatro tipos de actividades que se deben evaluar dentro del área de estudio, de las cuales para efecto de este inventario se estimaron tres. En la Figura 21 se muestran las actividades para las cuales se estimaron las emisiones desagregadas por sus subcategorías. La única actividad no caracterizada por falta de información fue la “productos de madera cosechada”.

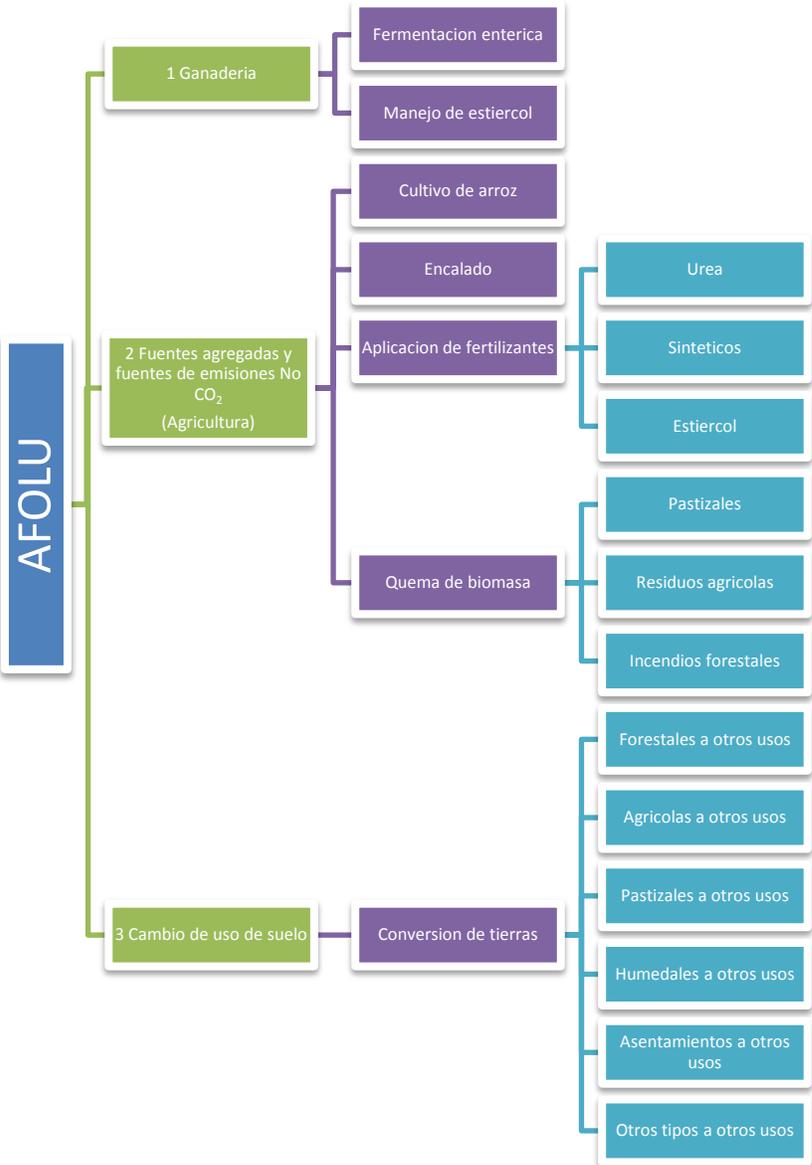


Figura 21 Subcategorías del sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

Agricultura y Ganadería.

En México, a nivel federal la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) es quien tiene la atribución legal de dar seguimiento y promover políticas públicas que fomenten el desarrollo del sector agropecuario en todo el territorio nacional. A su vez las entidades federativas en colaboración la SAGARPA y los municipios realizan acciones para fomentar el desarrollo del sector a través de diferentes esquemas de financiamiento, capacitación y tecnificación. En consecuencia existen en los tres órdenes de gobierno entidades o dependencias que llevan a cabo labores de seguimiento de las actividades productivas del sector, esto es de suma importancia pues hay diferentes fuentes de información para cada uno de los rubros, con fines de este reporte se consideró como fuente primaria de la información al Sistema de información Agroalimentario y Pesquero (SIAP) dependiente de la SAGARPA y como fuentes complementarias:

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)
- Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS)

Estimación de Emisiones

El cálculo de la emisión se realiza utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

En donde el Dato de actividad se refiere a la información que permite caracterizar el comportamiento de la fuente de emisión y puede referirse a producción, número de animales, etc. Y el Factor de emisión es la relación matemática que expresa una cantidad de emisión de determinado GEI asociado al Dato de actividad.

En todos los casos se utilizó como dato de actividad información a nivel municipal del año 2005, los factores de emisión preferentemente fueron los reportados por el INEGI 1990-2002 y donde no se tienen factores nacionales se utilizaron los que son considerados en el IPCC-1996 por defecto.

Datos de actividad para Ganadería

Durante el proceso digestivo, los herbívoros (rumiantes) producen metano por acción de la fermentación de la celulosa, proveniente del alimento consumido. La descomposición se origina en el rumen, órgano del sistema digestivo que hace parte del estómago, los gases producidos en este proceso son expulsados al eructar. Se consideran rumiantes el ganado vacuno (productores de leche, carne y doble propósito), búfalos, cabras y ovejas, siendo todos ellos una fuente significativa de metano y en menor proporción están otros herbívoros (caballos, mulas y asnos) y los monogástricos (cerdos). La cantidad de metano producido depende principalmente del número de animales, tipo de aparato digestivo, además del tipo y cantidad de alimento consumido. El estiércol del ganado está compuesto principalmente por materia orgánica que al descomponerse bajo condiciones anaeróbicas produce CH₄ así como N₂O como producto de la nitrificación y desnitrificación bacteriana de la materia orgánica.

A nivel municipal la intensidad de la actividad es variable dependiendo del tipo de ganado, los municipios de Colima, Coquimatlán y Manzanillo presentaban para el año 2005 las mayores poblaciones. En la Tabla 34 se muestra la caracterización detallada de la población a nivel municipal obtenida del Sistema de información agroalimentario y pesquero de SAGARPA. (SAGARPA, 2009) y del censo agropecuario (INEGI g, 2009) (INEGI, 2009 b).

Tabla 34 Distribución de la población por municipio

NUMERO DE ANIMALES (CABEZAS)	AVES DE CORRAL				BOVINO				OTROS				
	GALLO & GALLINA	GUAJOLOTE S	PATO S	POLLITO S	POLLO DE ENGORDA	ENGORD A	LECHER O	OTRO BOVINO	CABALLO S	CABRA S	CERDO S	MULAS Y ASNOS	OVEJA S
Armería	1,559	3	219	38		5719	559	2,026	195	1,010	582	62	290
Colima	3,004	9	27	54,048	276,260	14,677	1,961	14,192	1,066	2,545	3,625	346	1178
Cómala	1514	21	22	301		6,253	1,016	6,378	1,220	1,087	1,752	448	469
Coquimatlán	68,526		40	463,521	63,960	6,681	1,173	5,017	572	1,064	12,203	274	280
Cuauhtémoc	2,176	36	42	64		10,755	2,370	7,040	634	787	633	125	172
Ixtlahuacán	483			142		3,421	414	3,261	72	1,782	613	59	127
Manzanillo	1,733	15	164	134		16,111	2,867	8,880	648	2,526	4410	413	282
Minatitlán	632	8	10	97		5,987	1,556	3,016	304	780	1,341	326	40
Tecomán	413		84	342		10,302	316	2,429	236	1,069	20,218	84	556
Villa de Álvarez	1,059	3		10,562	30,625	5,390	938	3,537	502	732	3,635	181	419
Total Estatal	81,099	95	608	529,249	370,845	85,296	13,170	55,776	5,449	13,382	49,012	2,318	3,813

Datos de actividad de Fuentes agregadas y fuentes de emisiones No CO₂ (Agricultura)

Dentro de esta categoría se identifican las siguientes fuentes de emisión

1. Cultivo de arroz
2. Encalado
3. Aplicación de fertilizantes
 - Urea
 - Sintéticos
 - Estiércol
4. Quema de biomasa
 - Pastizales
 - Residuos agrícolas
 - Incendios forestales

La estimación de las emisiones se realizó de la siguiente manera

Cultivo de arroz

La producción de metano (CH₄) durante el cultivo del arroz se relaciona con la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas, específicamente porque el cultivo permanece inundado durante todo el ciclo productivo. La cantidad anual de metano que se emite en una superficie dedicada al cultivo de arroz está en función del número y la duración de los cultivos, el tipo de suelo y la temperatura, las prácticas del manejo del agua y el uso de fertilizante y otros aditivos orgánicos e inorgánicos.

El procedimiento para el cálculo se basa en el producto entre la superficie cosechada y factores de emisión dados por el régimen de agua y tipo de fertilizantes aplicados al cultivo, bien sean orgánicos o sintéticos. El dato de actividad obtenido del Sistema de información agroalimentario y pesquero de SAGARPA (Tabla 35). (SAGARPA, 2009)

Tabla 35 Dato de actividad utilizado

MUNICIPIO	Superficie sembrada (ha)	Superficie anual cosechada (ha/año)	Periodo de cultivo (días)
Armería			
Colima	313	313	123
Cómala			
Coquimatlán	763	763	123
Cuauhtémoc	1294	1294	123
Ixtlahuacán			
Manzanillo	56	56	123
Minatitlán			
Tecomán	1119	1119	244
Villa de Álvarez	3,545	3,545	736

Encalado

El pH del suelo influye en la disponibilidad de los nutrimentos para las plantas, para mejorar el rendimiento de los suelos productivos agrícolas, es una técnica comúnmente aplicada para mantener el pH del suelo entre 6.5 y 7, en suelos ácidos suele aplicarse cal como mejorador del mismo; con lo cual se favorece un ambiente propicio para el desarrollo normal de los cultivos principalmente la raíz.

Se verifico la base de datos de costos de producción desarrollada por el SIAP, de acuerdo con la cual para el estado de Colima se tienen registros de la aplicación de Cal en el cultivo de Caña de azúcar para el año 2005 (Tabla 36).

Tabla 36 Datos sobre aplicación de Cal de SISPRO

Entidad	Colima
Clave SISPRO	93
Cultivo	Caña de azúcar
Ciclo	PRN
Año	2005
Concepto	Aplicación de Cal
Participación	100.00% de la superficie
Cantidad	1000
Medida	Kg/Ha

SAGARPA-SIAP. (2009). Seguimientos de costos de producción pecuaria y agrícola por sistema - producto 2005.

Aplicación de fertilizantes

Hay diferentes fuentes de nitrógeno aplicadas al suelo, fertilizantes sintéticos, orgánicos y/o estiércol por diferentes vías, que generan emisiones de manera indirecta, los principales procesos son:

- Volatilización de nitrógeno, resultante en deposiciones atmosféricas de amoníaco (NH_3) y óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Pérdida de nitrógeno (N) por lixiviación y escorrentía
- Disposición de N contenido en aguas residuales.

Las variables básicas para la estimación de N utilizan la cantidad de nitrógeno (kg N/ año) incorporado al suelo, ya sea como fertilizante o como estiércol. Con el objeto de estimar la cantidad de nitrógeno que se volatiliza o se lixivia se utilizan diferentes factores por omisión de IPCC, así como datos de la base de costos de producción agrícola de la SAGARPA. Se cuantificaron las emisiones de tres tipos de fertilización:

- Urea
- Estiércol
- Aplicación de fertilizantes

Para el caso de Urea únicamente se consideró la siembra del arroz, pues la base de datos de costos de producción para Colima indica que es el cultivo sobre el que se lleva a cabo la adición del mismo. Los datos fueron obtenidos de SAGARPA-SIAP (Tabla 37). Seguimientos de costos de producción pecuaria y agrícola por sistema - producto 2005. (SAGARPA, 2009)

Tabla 37 Datos sobre aplicación de Urea de SISPRO

Entidad	Colima
Clave SISPRO	5
Cultivo	Arroz
Ciclo	PV
Año	2005
Concepto	Aplicación de UREA
Participación	100.00% de la superficie
Cantidad	300
Medida	Kg/Ha

La cantidad de fertilizantes sintéticos aplicados en la entidad fue obtenido de los valores de arroz y caña de azúcar de la base de datos de costos de producción para el estado de Colima para el 2005 y con datos del SIAP sobre superficie de siembra de ambos cultivos (Tabla 38).

Tabla 38 Cantidad de fertilizante aplicado por municipio

Municipio	Cantidad de fertilizante sintético aplicado al año ton/año
Armería	
Colima	2009.875
Cómala	360
Coquimatlán	490.826
Cuauhtémoc	5503.488
Ixtlahuacán	
Manzanillo	5.712
Minatitlán	78.72
Tecomán	114.138
Villa de Álvarez	706

Emisiones por aplicación de estiércol como fertilizante. Para esta categoría el dato de actividad es el mismo que para las emisiones por manejo de estiércol.

Quema de biomasa

La quema de biomasa es una fuente importante de GEI principalmente de CH₄ y CO₂ sin embargo podría presentar una considerable variabilidad especialmente en lo que se refiere a incendios forestales, en tanto que para las cuestiones agrícolas la importancia depende de las técnicas de disposición de los residuos en campo luego de la cosecha. Además de los GEI se contabilizan otros gases producto de combustión como CO y NO_x. Si bien los incendios forestales se desarrollan generalmente en áreas naturales con fines prácticos se incluyó en esta categoría para cuantificar el total de las emisiones por quema de biomasa. Para fines del Inventario, la metodología IPCC considera neutras las emisiones de CO₂ por quema de residuos agrícolas e incluye en la contabilidad las emisiones de N₂O.

En el caso de los residuos agrícolas únicamente se contabilizaron los residuos quemados en campo, ya que los utilizados como fuente de energía se incluyen la sección de energía. Se consideró únicamente el cultivo de caña de azúcar, es posible que para otros cultivos como maíz, trigo, sorgo se lleven a cabo quemas de residuos sin embargo para el estado de Colima no se tienen datos que permitan identificar este tipo de actividades (Tabla 39). Se obtuvieron datos anuales por municipio del SIAP. Sin embargo no se totalizan como CO₂e únicamente se presentan con fines indicativos.

Tabla 39 Información sobre siembra/cosecha de caña de azúcar

MUNICIPIO	USO DE SUELO INICIAL	Cultivo	Superficie Cosechada (ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ha)	Rendimiento (Ton)	Residuos (Ton)
Armería	Tierra de cultivo						
Colima	Tierra de cultivo	CAÑA_DE_AZUCAR	1,978	174,239	88	174,239	27,878
Cómala	Tierra de cultivo	CAÑA_DE_AZUCAR	360	28,106	78	28,106	4,497
Coquimatlán	Tierra de cultivo	CAÑA_DE_AZUCAR	410	31,084	76	31,084	4,973
Cuahtémoc	Tierra de cultivo	CAÑA_DE_AZUCAR	5,245	409,110	78	409,110	65,458
Ixtlahuacán	Tierra de cultivo						
Manzanillo	Tierra de cultivo						
Minatitlán	Tierra de cultivo	CAÑA_DE_AZUCAR	79	2,362	30	2,362	378
Tecomán	Tierra de cultivo						
Villa de Álvarez	Tierra de cultivo	CAÑA_DE_AZUCAR	706	53,184	75	53,184	8,509
Total Estatal			8,778	698,084	425	698,084	111,693

Para Quema de pastizales e Incendios forestales se utilizó información anual publicada por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para el estado de Colima en el caso de los pastizales y a nivel municipal para el caso de áreas forestales (Tabla 40).

Tabla 40 Información sobre categoría del suelo

MUNICIPIO	CATEGORIA USO DE SUELO			
	USO DE SUELO INICIAL	USO DE SUELO DURANTE EL AÑO DE REPORTE	Superficie (Ha)	Superficie Quemada (ha)
Armería	Tierra Forestal	Tierra Forestal	114	20.00
Colima	Tierra Forestal	Tierra Forestal	320	0.00
Cómala	Tierra Forestal	Tierra Forestal	123	
Coquimatlán	Tierra Forestal	Tierra Forestal	372	277.50
Cuahtémoc	Tierra Forestal	Tierra Forestal	53	2.50
Ixtlahuacán	Tierra Forestal	Tierra Forestal	258	0.5
Manzanillo	Tierra Forestal	Tierra Forestal	792	682
Minatitlán	Tierra Forestal	Tierra Forestal	329	77
Tecomán	Tierra Forestal	Tierra Forestal	363	1
Villa de Álvarez	Tierra Forestal	Tierra Forestal	146	139
Total Estatal			2,870	1,200
Colima total estatal	Pastizales	Pastizales	66,019	1,175

Cambio de uso de suelo

Esta sección pretende incorporar la información de las emisiones/absorciones de Carbono producto de los cambio de uso de suelo en una ventana histórica de 1993 a 2005, basado en la metodología de IPCC 2006, sin embargo cabe mencionar que dicha metodología fue diseñada para elaborar inventarios de carácter nacional, por lo que no en todos los casos se cuentan con la información específica para el estado, no existe con el nivel de desagregación requerido y tampoco a nivel municipal; como por ejemplo el aprovechamiento de productos maderables y no maderables a nivel municipal. Los conceptos que se incluyen en esta cuantificación son:

- Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa.
- Conversión de bosques y praderas.

Estimación de emisiones

El procedimiento general para la aproximación a esta sección se muestra en la Figura 22:

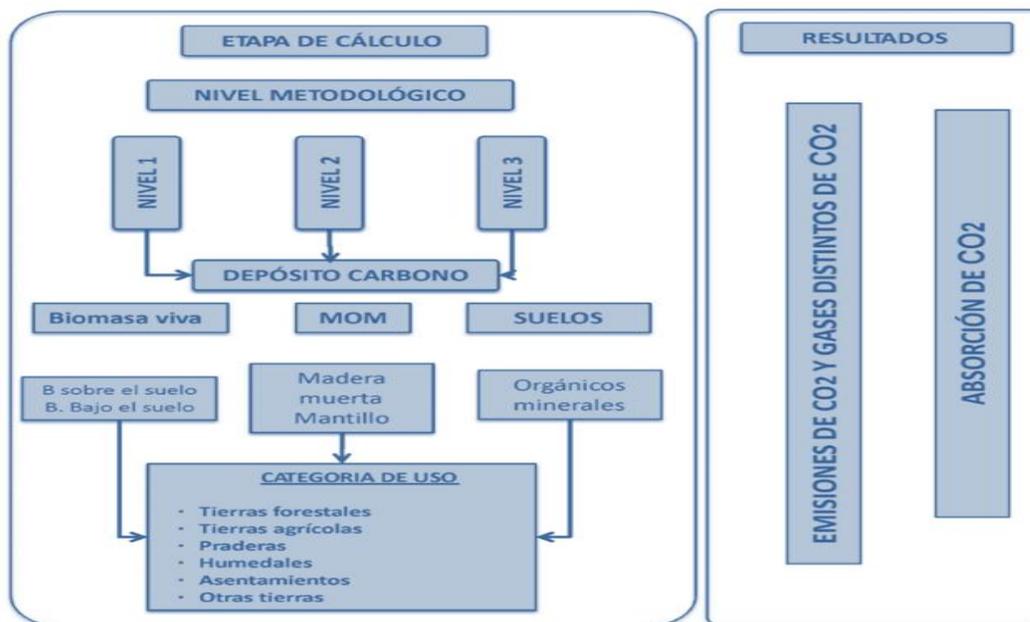


Figura 22 Proceso general de estimación de emisiones

El uso de suelo del estado de Colima es principalmente agrícola y forestal, dentro de las especies forestales más comunes se encuentran las coníferas, latifoliadas y algunas variedades de Selvas caducifolias y espinosas; así como una proporción de manglares y humedales en las regiones costeras principalmente. Se distinguen dos zonas urbanas predominantes la correspondiente a la ciudad de Colima, capital del estado y la otra es la zona turística, portuaria e industrial de Manzanillo (Figura 25).

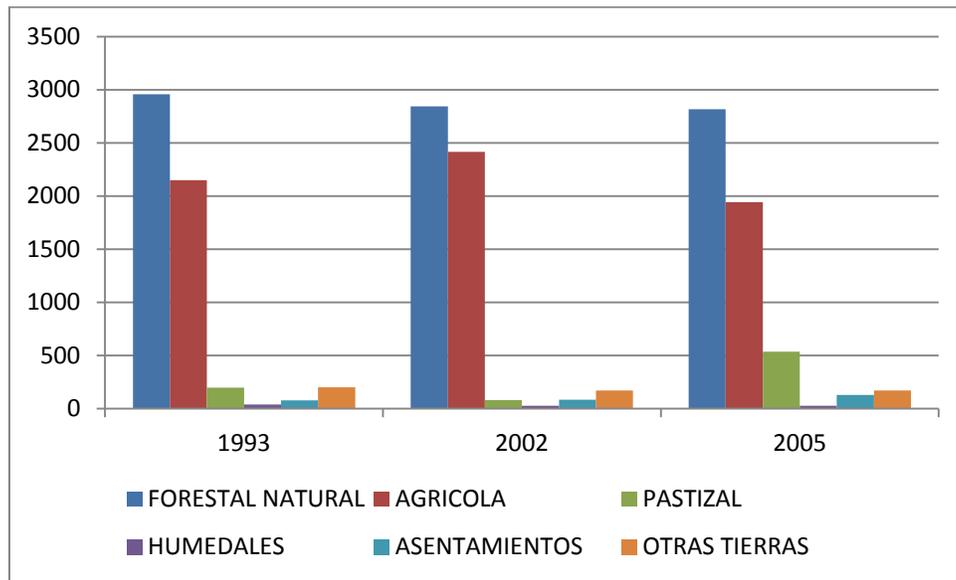


Figura 25 Distribución por año del tipo de suelo en la entidad

Durante el periodo de estudio, según datos de CONAFOR se llevó acabo el aprovechamiento de los bosques de la entidad principalmente de especies como coníferas, latifoliadas y algunas maderas preciosas tropicales. La siguiente grafica ilustra el volumen de explotación maderable por año y especie (Figura 26).

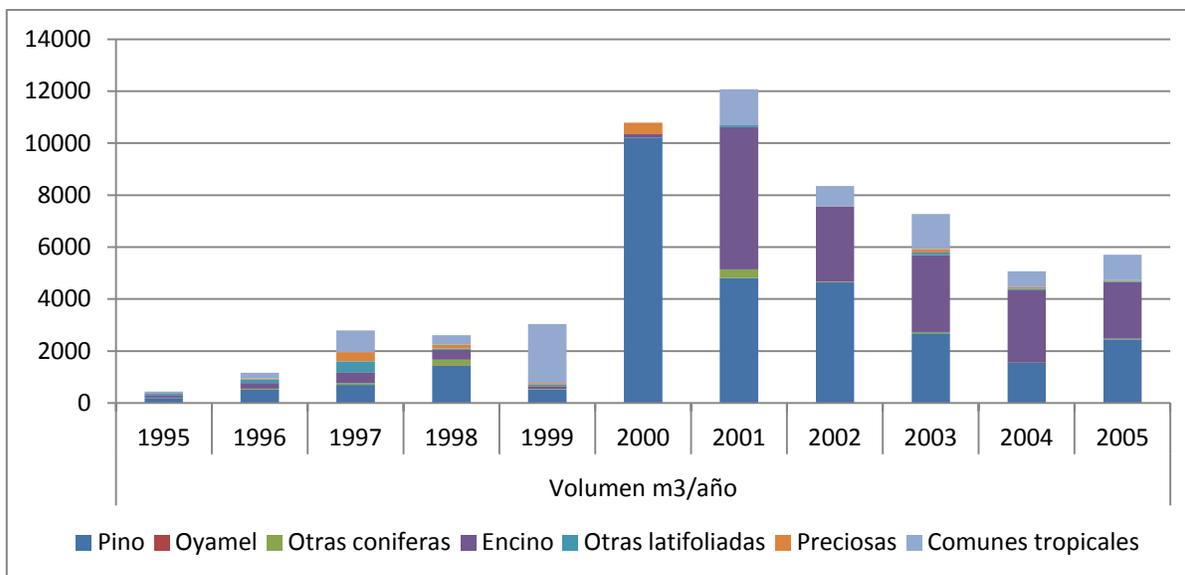


Figura 26 Volumen de explotación maderable por año y especie

Las especies sometidas a una mayor presión son las coníferas, específicamente el Pino, del cual se extrajeron durante el periodo un total de 29,694 m³.

La agricultura es una actividad importante en el estado, caracterizándose por presentar importantes zonas con infraestructura para el riego (Figura 27).

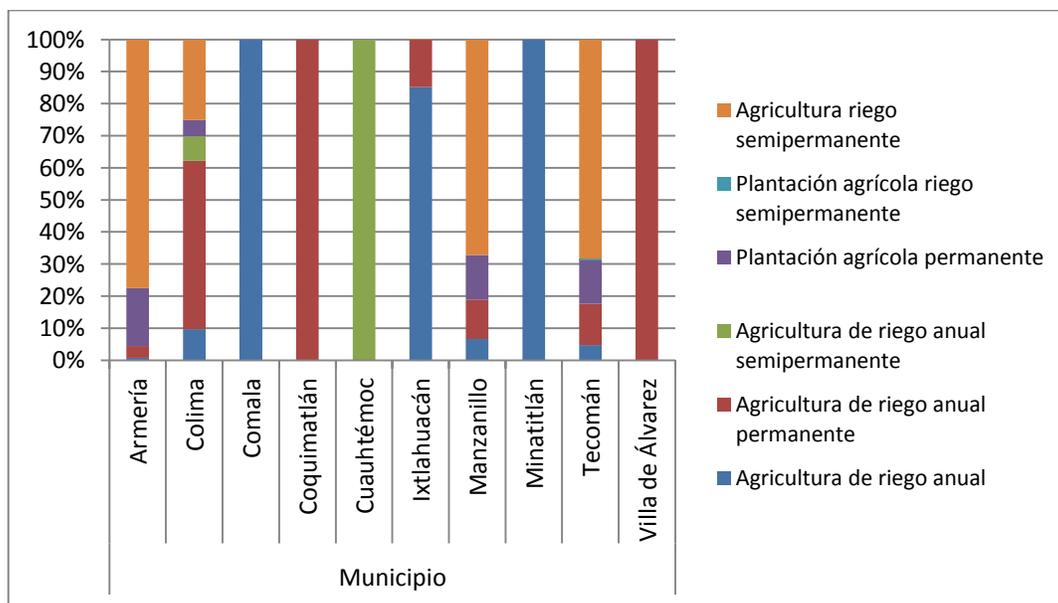


Figura 27 Distribución de la superficie agrícola por municipio

Los tipos de suelo predominantes son los Regosoles, Litosoles y Luviosoles (Figura 28).

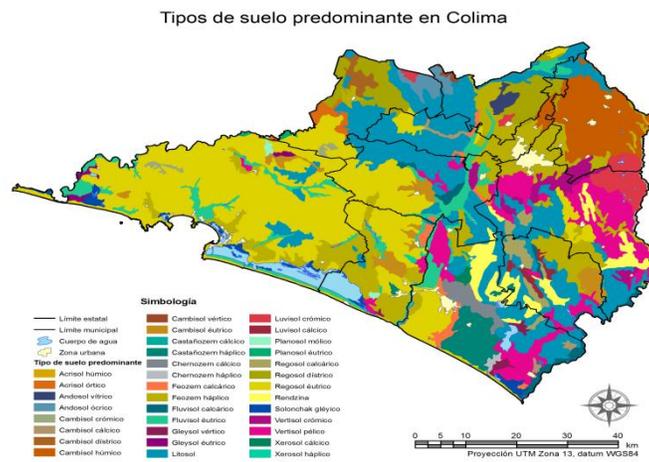


Figura 28 Tipos de suelo predominantes en la entidad

Los regosoles son no consolidados que se encuentran muy escasamente desarrollados y evolucionados ampliamente representados en toda la región cubriendo, siendo utilizados, preferentemente, en agricultura y uso forestal. Los regosoles calcáricos tienen carbonato cálcico, al menos entre los 20 y 50 cm de la superficie del suelo. Los luvisoles son suelos arcillosos que se desarrollan dentro de las zonas con suaves pendientes o llanuras. Los litosoles son suelos poco profundos, menor a los 10 cm. Se localizan en las sierras, en laderas y barrancas. Tiene características muy variables, pues pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos.

Cambio de uso de suelo

Por acuerdo con el Instituto para el Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Colima, se hizo uso de la información de cambio de uso de suelo de 1993 al 2005 evaluada en el Programa Estatal de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Colima (UAEM, 2008), tal como se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41 Cambios de uso de suelo de 1993 al 2005

Uso de suelo y vegetación 1993	Uso de suelo y vegetación 2005	ha
Bosque de encino	Bosque de encino perturbado	5419
Bosque de encino	Pastizal	25
Bosque de encino	Vegetación secundaria	71
Bosque de encino	Zona sin vegetación aparente	7
Bosque de encino	Zonas agrícolas y plantaciones	30
Bosque de encino perturbado	Mancha urbana	8
Bosque de encino perturbado	Pastizal	453
Bosque de encino perturbado	Sitio de extracción	51
Bosque de encino perturbado	Vegetación secundaria	954
Bosque de encino perturbado	Zona sin vegetación aparente	25

Uso de suelo y vegetación 1993	Uso de suelo y vegetación 2005	ha
Bosque de encino perturbado	Zonas agrícolas y plantaciones	239
Bosque de pino	Bosque de pino perturbado	122
Bosque mesófilo de montaña	Mancha urbana	1
Bosque mesófilo de montaña	Pastizal	18
Bosque mesófilo de montaña	Vegetación secundaria	128
Bosque mesófilo de montaña	Zonas agrícolas y plantaciones	14
Bosque mixto de pino-encino	Bosque mixto de pino-encino perturbado	1130
Bosque mixto de pino-encino	Mancha urbana	8
Bosque mixto de pino-encino	Pastizal	20
Bosque mixto de pino-encino	Vegetación secundaria	57
Bosque mixto de pino-encino	Zona sin vegetación aparente	5
Bosque mixto de pino-encino perturbado	Mancha urbana	14
Bosque mixto de pino-encino perturbado	Pastizal	61
Bosque mixto de pino-encino perturbado	Vegetación secundaria	90
Bosque mixto de pino-encino perturbado	Zona sin vegetación aparente	5
Bosque mixto de pino-encino perturbado	Zonas agrícolas y plantaciones	21
Cuerpo de agua	Mancha urbana	28
Cuerpo de agua	Pastizal	59
Cuerpo de agua	Vegetación secundaria	3
Cuerpo de agua	Zonas agrícolas y plantaciones	7
Manglar	Cuerpo de agua	1
Manglar	Mancha urbana	34
Manglar	Vegetación acuática	93
Manglar	Zona de playa y dunas costeras	12
Manglar	Zona inundable	9
Manglar	Zona sin vegetación aparente	1
Manglar	Zonas agrícolas y plantaciones	52
Pastizal	Mancha urbana	515
Pastizal	Sitio de extracción	6
Pastizal	Zona sin vegetación aparente	77
Selva baja caducifolia	Mancha urbana	2
Selva baja caducifolia	Pastizal	755
Selva baja caducifolia	Selva baja caducifolia perturbada	25529
Selva baja caducifolia	Sitio de extracción	2
Selva baja caducifolia	Vegetación secundaria	1769
Selva baja caducifolia	Zona inundable	4
Selva baja caducifolia	Zona sin vegetación aparente	100
Selva baja caducifolia	Zonas agrícolas y plantaciones	462
Selva baja caducifolia perturbada	Mancha urbana	161
Selva baja caducifolia perturbada	Pastizal	4601
Selva baja caducifolia perturbada	Sitio de extracción	156
Selva baja caducifolia perturbada	Vegetación secundaria	10469

Uso de suelo y vegetación 1993	Uso de suelo y vegetación 2005	ha
Selva baja caducifolia perturbada	Zona inundable	6
Selva baja caducifolia perturbada	Zona sin vegetación aparente	244
Selva baja caducifolia perturbada	Zonas agrícolas y plantaciones	3587
Selva mediana subcaducifolia	Mancha urbana	27
Selva mediana subcaducifolia	Pastizal	188
Selva mediana subcaducifolia	Selva baja caducifolia perturbada	105
Selva mediana subcaducifolia	Selva mediana subcaducifolia perturbada	12453
Selva mediana subcaducifolia	Vegetación secundaria	541
Selva mediana subcaducifolia	Zonas agrícolas y plantaciones	184
Selva mediana subcaducifolia perturbada	Bosque mixto de pino-encino perturbado	6
Selva mediana subcaducifolia perturbada	Mancha urbana	69
Selva mediana subcaducifolia perturbada	Pastizal	956
Selva mediana subcaducifolia perturbada	Sitio de extracción	7
Selva mediana subcaducifolia perturbada	Vegetación secundaria	2054
Selva mediana subcaducifolia perturbada	Zona sin vegetación aparente	26
Selva mediana subcaducifolia perturbada	Zonas agrícolas y plantaciones	564
Vegetación acuática	Cuerpo de agua	4
Vegetación acuática	Pastizal	1
Vegetación acuática	Zona inundable	25
Vegetación acuática	Zonas agrícolas y plantaciones	34
Vegetación riparia	Mancha urbana	21
Vegetación riparia	Pastizal	59
Vegetación riparia	Vegetación acuática	91
Vegetación riparia	Vegetación secundaria	146
Vegetación riparia	Zona inundable	5
Vegetación riparia	Zona sin vegetación aparente	2
Vegetación riparia	Zonas agrícolas y plantaciones	160
Vegetación secundaria	Mancha urbana	358
Vegetación secundaria	Pastizal	2388
Vegetación secundaria	Sitio de extracción	33
Vegetación secundaria	Zona inundable	3
Vegetación secundaria	Zona sin vegetación aparente	54
Vegetación secundaria	Zonas agrícolas y plantaciones	2303
Zona de playa y dunas costeras	Zona sin vegetación aparente	9
Zona inundable	Pastizal	24

Adicionalmente se hizo uso de la información sobre contenido de carbón en biomasa y en suelo estimada por tipo de ecosistema del mismo estudio, tal como se muestra en la Tabla 42.

Tabla 42 Índices de carbono por uso de suelo y tipo de vegetación

Uso de suelo y vegetación actual	Carbono en vegetación (mg C / ha)	Carbono en suelo (mg C / ha)	Carbono total (mg C / ha)
Agricultura de riego	9	81	90
Agricultura de temporal	9	81	90
Asentamiento rural	0	0	0
Bosque de pino	118	120	238
Bosque de pino con vegetación secundaria	80	101	181
Bosque de encino	105	126	231
Bosque de encino con vegetación secundaria	74	104	178
Bosque mesófilo de montaña	186	115	301
Bosque mesófilo de montaña con vegetación secundaria	114	98	212
Bosque mixto de encino-pino (incluye pino-encino)	77	102	179
Bosque mixto de encino-pino con vegetación secundaria (incluye pino-encino)	112	123	235
Cocotales	19	60	79
Cuerpo de agua	0	0	0
Estanque acuícola	0	0	0
Frutales	63	97	160
Infraestructura	0	0	0
Laguna de desechos industriales	0	0	0
Mancha urbana	0	0	0
Manglar	223	115	338
Manglar perturbado	223	115	338
Mar	0	0	0
Palmar	54	100	154
Pastizal	16	81	97
Playa	0	0	0
Popal-Tular	0	0	0
Pradera de alta montaña	16	81	97
Roca	0	0	0
Salina	0	0	0
Selva baja caducifolia	54	100	154
Selva baja caducifolia con vegetación secundaria	48	90	138
Selva mediana subcaducifolia	120	108	228
Selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria	81	95	176
Sitio de extracción de materiales	0	0	0
Vegetación acuática	0	0	0
Vegetación de dunas costeras	19	60	79
Vegetación riparia	186	115	301
Vegetación riparia con vegetación secundaria	114	98	212
Vegetación secundaria	42	81	123
Zona mixta de agricultura de riego y cocotales	9	81	90
Zona mixta de frutales y cocotales	63	97	160
Zona mixta de palmares y selva mediana subcaducifolia	81	95	176
Zona propensa de inundación	0	0	0
Zona sin vegetación aparente	0	0	0

En donde los valores se obtuvieron a partir de una reclasificación del uso de suelo y vegetación utilizando las densidades de carbono como índice de contenido y captura de carbono en áreas forestales, en cada ecosistema los autores atribuyeron un valor del potencial de contenido y captura de carbono en Mg de carbono por hectárea; en aquellos ecosistemas para los cuales no se tenía un valor específico se les asignaron los valores del ecosistema más parecido, todo basado en (Ordoñez JA, 2001)

Resultados

Resultados Ganadería

La ganadería es una de las principales fuentes de emisión de GEI tanto por el producto de la fermentación entérica de rumiantes como por el manejo del estiércol y su aplicación como fertilizante. Los resultados por municipio por Gas de efecto invernadero son (Tabla 43):

Tabla 43 Resultados en Ton /año por municipio

MUNICIPIO	Fermentación entérica CH ₄ (Ton /año)	Emisión por Manejo de estiércol CH ₄ (Ton/año)	Emisión por Manejo de estiércol N ₂ O (Ton/año)
Armería	437	10	3,074
Colima	1,618	43	11,489
Cómala	741	18	5,209
Coquimatlán	709	33	5,554
Cuauhtémoc	1,109	23	6,672
Ixtlahuacán	372	8	2,588
Manzanillo	1,518	34	9,601
Minatitlán	603	13	3,560
Tecomán	670	29	4,946
Villa de Álvarez	541	15	3,641
Total Estatal	8,319	224	56,334
Total Estatal	8,543 ton/año = 8.5 Gg/año		= 56.33 Gg/año

En términos de CO₂e la principal fuente de emisión es el manejo de estiércol con un total estatal de 17,464 y el municipio de Colima es el que presenta el mayor aporte con casi el 20% del total de la entidad (Tabla 44). Considerando un potencial de calentamiento del CH₄ = 21 y del N₂O = 310.

Tabla 44 Resultados de CO₂e

MUNICIPIO	Fermentación entérica	Emisión por Manejo de estiércol
CO ₂ e Gg/año		
Armería	9	953
Colima	34	3,562
Cómala	16	1,615
Coquimatlán	15	1,722
Cuauhtémoc	23	2,069
Ixtlahuacán	8	802
Manzanillo	32	2,977
Minatitlán	13	1,104
Tecomán	14	1,534
Villa de Álvarez	11	1,129
Total Estatal	175	17,468

Los resultados indican que el manejo del estiércol es la principal fuente de emisión por lo que es en donde más pertinente enfocar las iniciativas para disminuir las emisiones de GEI en el estado.

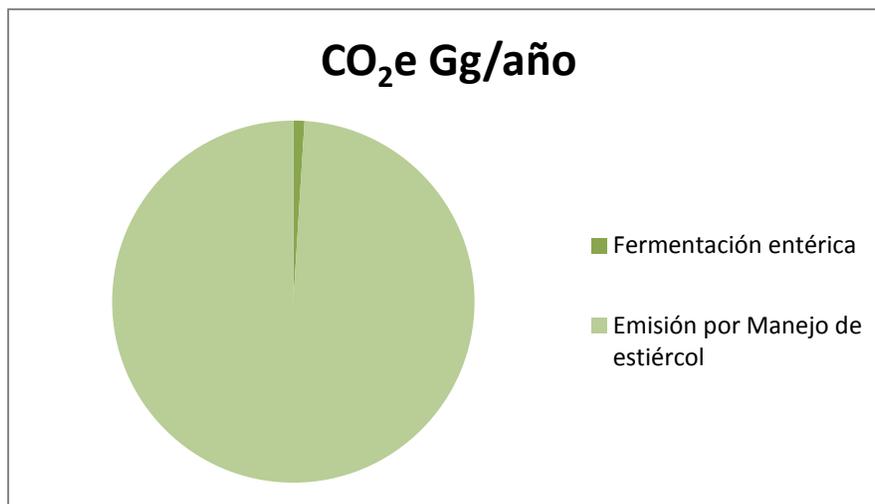


Figura 29 Importancia relativa de cada fuente en términos de CO₂e

Resultados Fuentes agregadas y fuentes de emisiones No CO₂ (Agricultura)

Como se mencionó anteriormente la agricultura es una de las principales actividades en la entidad, dentro de este sector se identificaron tres tipos de emisiones, las asociadas directamente a la siembra de productos, la aplicación de fertilizantes y acondicionadores de suelo y la quema de biomasa. La Tabla 45 muestra los resultados de las estimaciones de cada actividad por GEI emitido y municipio:

Tabla 45 Resultados por municipio y actividad en Ton/año

	Cultivos de Arroz	Encalado	CO ₂ por aplicación de Urea	indirectas de N ₂ O por aplicación de fertilizantes	indirectas de N ₂ O volatilización debido al manejo de estiércol MMS	CO ₂ por Quema de biomasa	CH ₄ por Quema de biomasa	N ₂ O por Quema de biomasa
	CH ₄ (Ton /año)	CO ₂ (Ton /año)	CO ₂ (Ton /año)	N ₂ O (Ton /año)	N ₂ O (Ton /año)	CO ₂ (Ton /año)	CH ₄ (Ton /año)	N ₂ O (Ton /año)
Armería		0	0	3,074	0	11	167	0
Colima	48	870	69	11,489	0	0	60	0
Cómala		158	0	5,209	0	0	10	0
Coquimatlán	116	180	168	5,556	2	151	2,325	4
Cauhtémoc	197	2,308	285	6,672	0	1	162	0
Ixtlahuacán		0	0	2,588	0	0	4	0
Manzanillo	9	0	12	9,602	1	372	5,688	11
Minatitlán		35	0	3,560	0	42	643	1
Tecomán	338	0	246	4,949	3	1	8	0
Villa de Álvarez		311	0	3,641	1	76	1,178	2
Total Estatal	707	3,862	780	53,266	7	643	10,079	19

En términos de CO₂e las mayores emisiones directas se dan por concepto de la degradación de materia orgánica durante el cultivo del arroz, siendo el municipio de Tecomán el que tiene el mayor aporte de este sector (Tabla 46).

Tabla 46 Emisiones de CO₂e por actividades agrícolas Gg/año

MUNICIPIO	Cultivo de Arroz	Encalado	Aplicación de Urea	Quema de biomasa
Armería	0	0	0	4
Colima	1	1	0	1
Cómala	0	0	0	0
Coquimatlán	2	0	0	50
Cauhtémoc	4	2	0	3
Ixtlahuacán	0	0	0	0
Manzanillo	0	0	0	123
Minatitlán	0	0	0	14
Tecomán	7	0	0	0
Villa de Álvarez	0	0	0	25
Total Estatal	15	4	1	222

Por lo que respecta a las emisiones indirectas por aplicación de fertilizantes sintéticos y estiércol, la emisión total es de 397.5 Gg al año de CO₂e (Tabla 47).

Tabla 47 Emisiones indirectas de CO₂e del sector agrícola

MUNICIPIO	Indirectas por aplicación de fertilizantes	Indirectas volatilización debido al manejo de estiércol MMS
Armería	953	0
Colima	3,562	0
Cómala	1,615	0
Coquimatlán	1,722	1
Cauhtémoc	2,068	0
Ixtlahuacán	802	0
Manzanillo	2,976	0
Minatitlán	1,104	0
Tecomán	1,534	1
Villa de Álvarez	1,129	0
Total Estatal	17,466	2

Además de los GEI en la categoría de quema de biomasa se estimaron otros contaminantes atmosféricos como el CO y los NO_x, producto de la combustión incompleta de la biomasa presente en la quema de residuos agrícolas e incendios forestales y en pastizales (Figura 30).

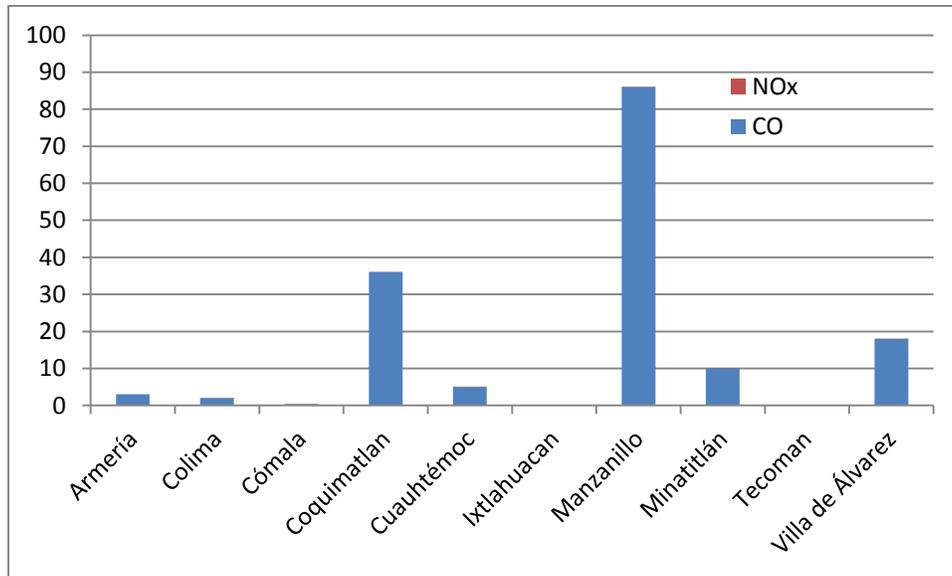


Figura 30 Emisiones de NOx y CO de la Quema de biomasa (Ton/año)

Resultados del Cambio de uso de suelo

Esta es una de las categorías de mayor complejidad en su elaboración y en el análisis de los resultados, principalmente porque como se mencionó anteriormente la metodología de elaboración está diseñada para un nivel de desagregación de país y a nivel estatal no se tienen disponibles todos los factores de cálculo, por lo que la estimación se realizó a nivel estatal.

Los tipos de vegetación que presentaron la mayor cantidad de superficie con cambios en el periodo 1993 a 2005 fueron la selva (baja caducifolia y mediana subcaducifolia), la vegetación secundaria y el bosque de encino con un total de 75,718 ha lo que representa el 94% del total de cambio presentado en la entidad (Figura 31).

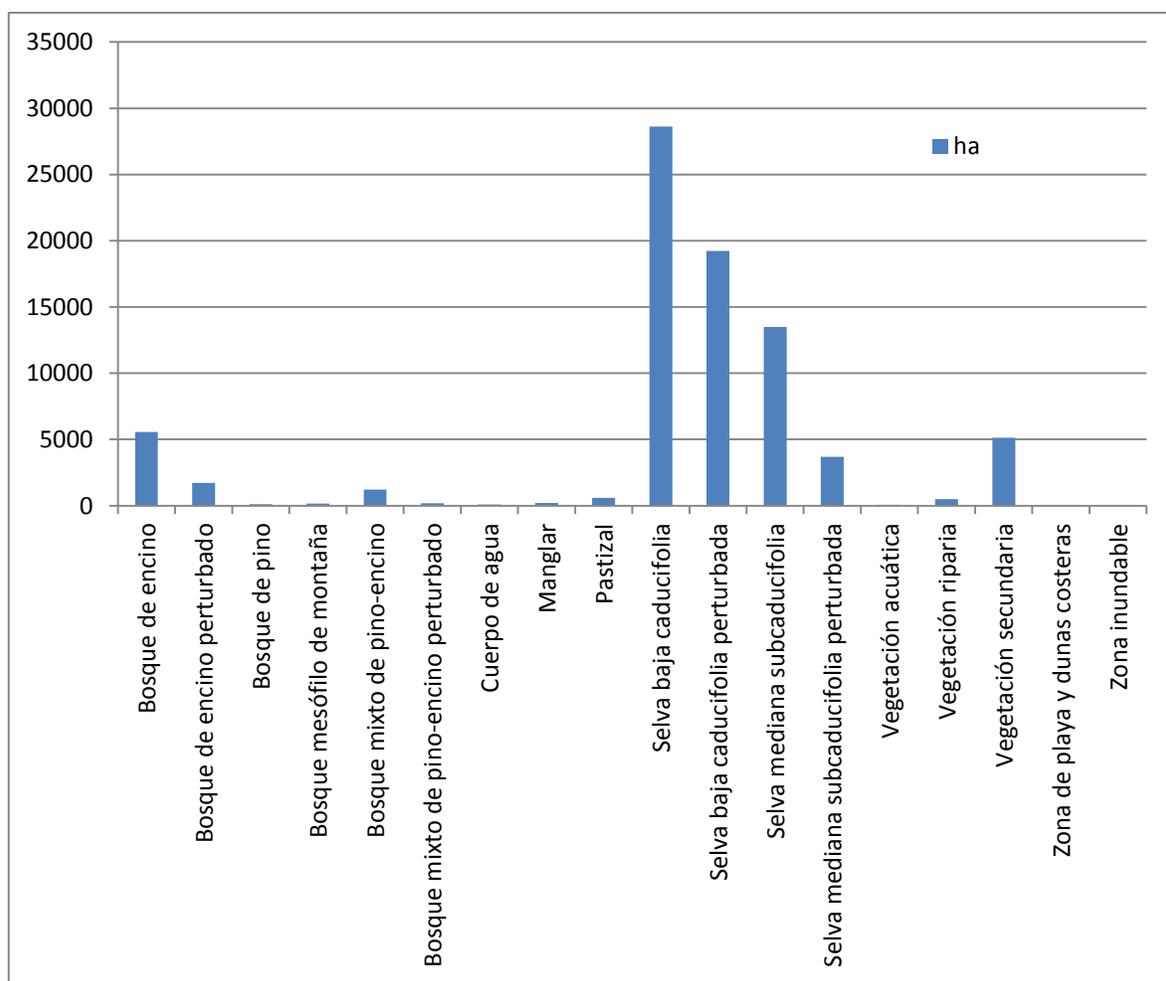


Figura 31 Superficie por tipo de vegetación con cambio de uso de suelo

La selva perturbada fue el principal uso de suelo que presentó una tasa de cambio destaca el crecimiento en la superficie de pastizales y áreas agrícolas principalmente por la pérdida de vegetación de áreas forestales (Figura 32).

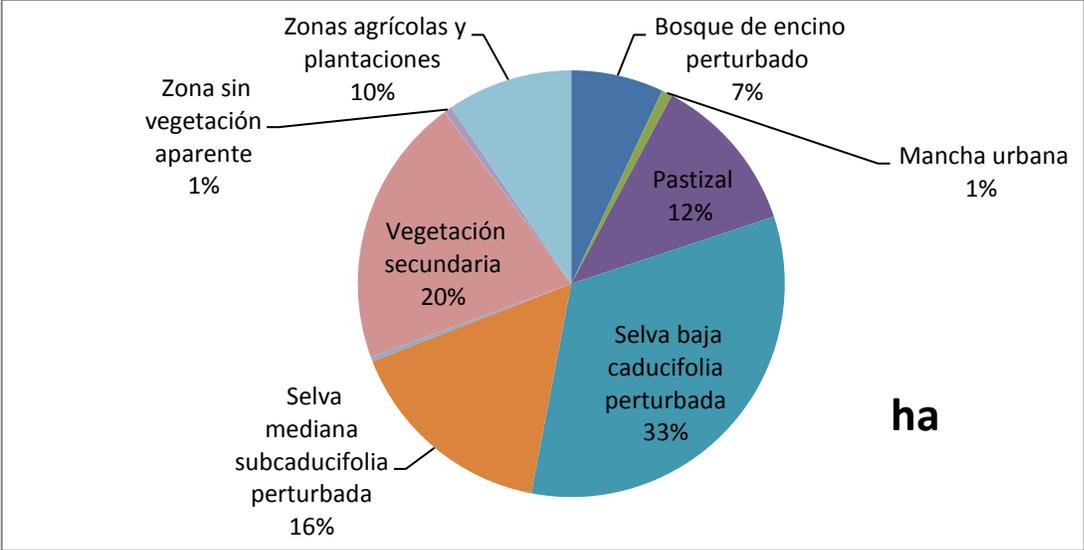


Figura 32 Tipos de uso de suelo que presentaron incremento en el periodo 1993 a 2005

En términos de proporción las tierras que permanecieron sin cambio representan el mayor porcentaje (aproximadamente 90%) como se muestra en la Figura 33.

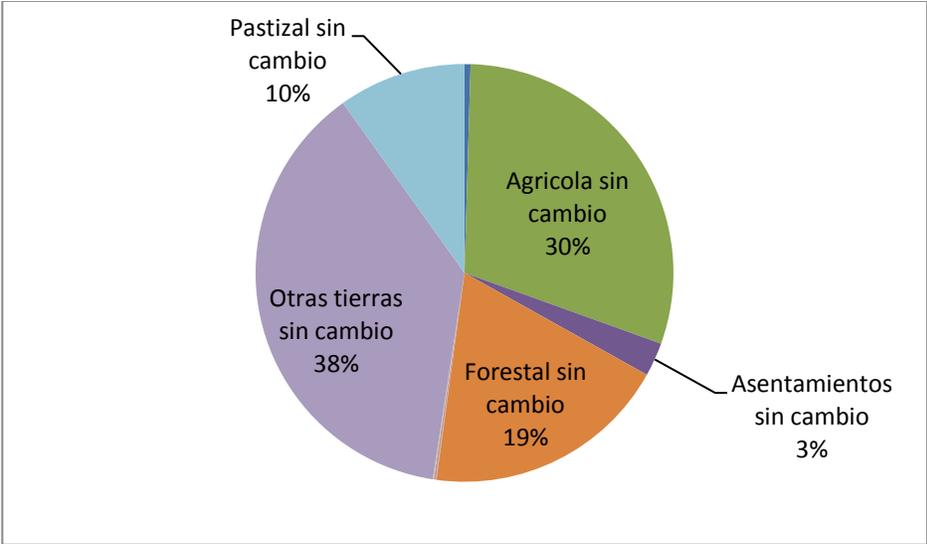


Figura 33 Proporción de superficies con cambio de uso de suelo

Los resultados indican que el incremento en la biomasa es mayor que la pérdida de la misma, por lo que se presentan absorciones de CO₂ a razón de 1580 Gg (Figura 34).

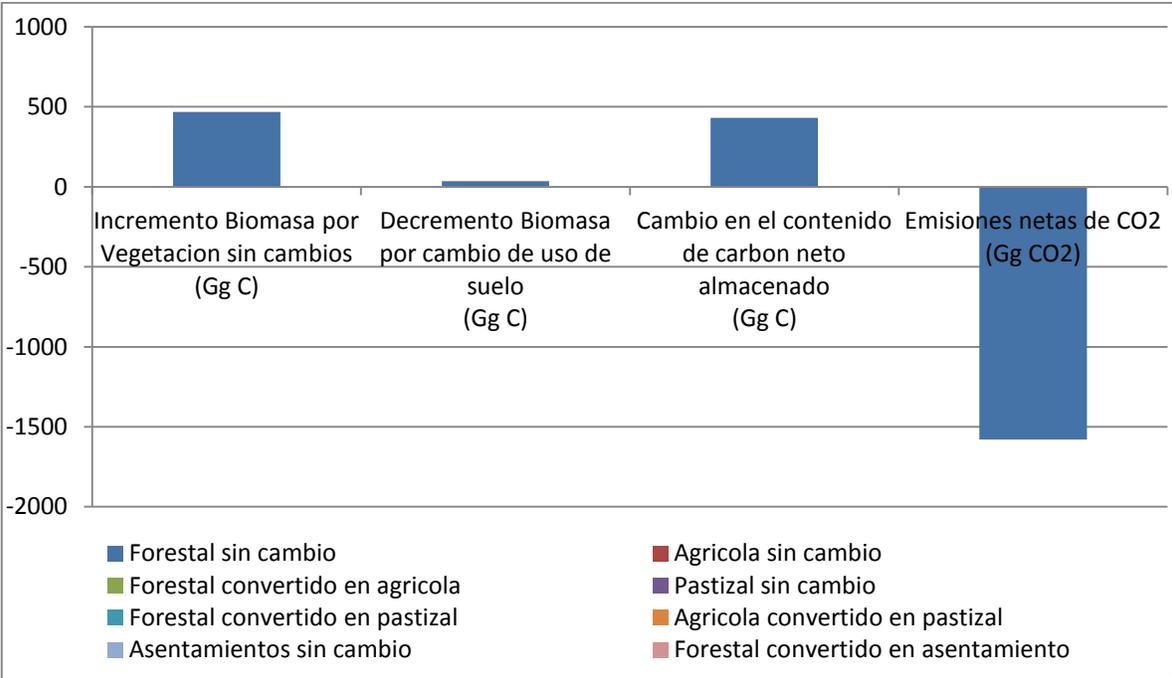


Figura 34 Cambios en contenido de C y emisiones de CO₂

SECTOR DE DESECHOS

Dentro de esta categoría se incluyen tres fuentes de emisión de CH_4 y N_2O , en donde las emisiones de CH_4 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. Así mismo también se estiman las emisiones de N_2O producto de la volatilización del Nitrógeno presente en las aguas de residuo, proveniente del consumo de proteína en la ingesta alimenticia (Figura 35).

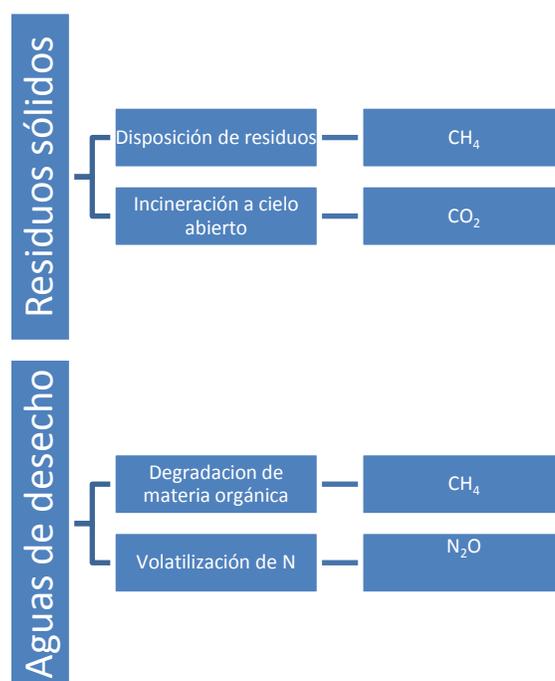


Figura 35 Categorías incluidas en la sección

Datos de actividad para tratamiento de agua, disposición de residuos sólidos y quemas a cielo abierto

Para esta sección se recopiló información del número de habitantes por municipio para el año 2005, del Censo de población y vivienda 2005 del INEGI. (INEGI, 2006). Se consultó con la Dirección de Infraestructura Urbana Básica de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) sobre información de infraestructura de disposición final de residuos sólidos urbanos en la entidad, la

información proporcionada corresponde al año 2009, indica que casi el 50% de la población realiza adecuadamente los residuos, por lo cual se infiere que el resto de la población hace uso de otros modos de disposición de la basura que pueden incluir los tiraderos a cielo abierto y la quema de residuos (Tabla 48).

Tabla 48 Disposición de residuos sólidos urbanos

	% Población que dispone adecuadamente sus residuos	% Basura total generada que se hace disposición final RS	Población que dispone adecuadamente en 2009
COLIMA	0.46	0.51	275,319

De acuerdo con datos de la Comisión Nacional del Agua se generan anualmente un volumen de 2,100 l/s de aguas de desecho de las cuales únicamente se trataban en 2005 un total de 382 l/s entre todas las 8 plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas que hay en el estado. (CNA, 2005 b). A nivel nacional los tratamientos de agua más comunes son (Figura 36).

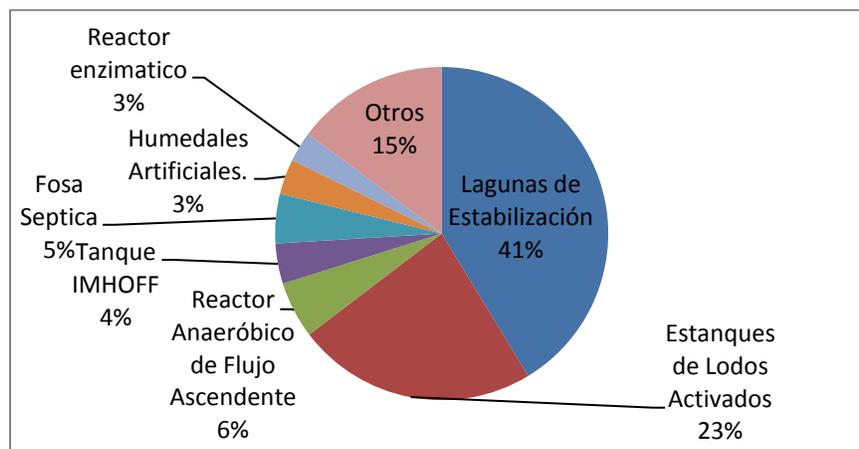


Figura 36 Tipos de tratamiento de agua en México, según CNA

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 CO₂ al año, el municipio en el cual se generan las mayores emisiones es Manzanillo (Tabla 49).

Tabla 49 Emisiones totales de la sección de Residuos Gg/año

MUNICIPIO	Emisiones de CH ₄ por tratamiento de aguas residuales (Gg /año)	Emisiones de N ₂ O por tratamiento de aguas residuales (Gg /año)	Emisiones de CH ₄ por disposición de residuos sólidos	Emisiones quema de residuos a cielo abierto CO ₂ Gg/año	Emisiones totales de CO ₂ 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
Cuauhtémoc	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
Total Estatal	3.9350	0.0199	5.402	414	616.2

Como era de esperarse los municipios con mayor índice de población y aquellos con las zonas urbanas más grandes en la entidad presentan mayores emisiones (Figura 37).

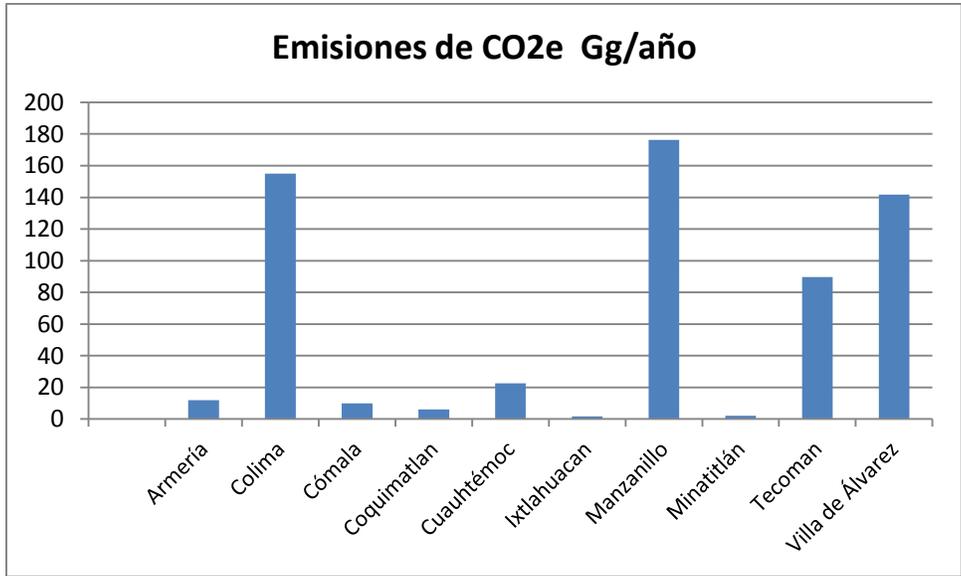


Figura 37 Emisiones de CO₂e por municipio Gg/año

En términos de CO₂e 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 (Figura 38).

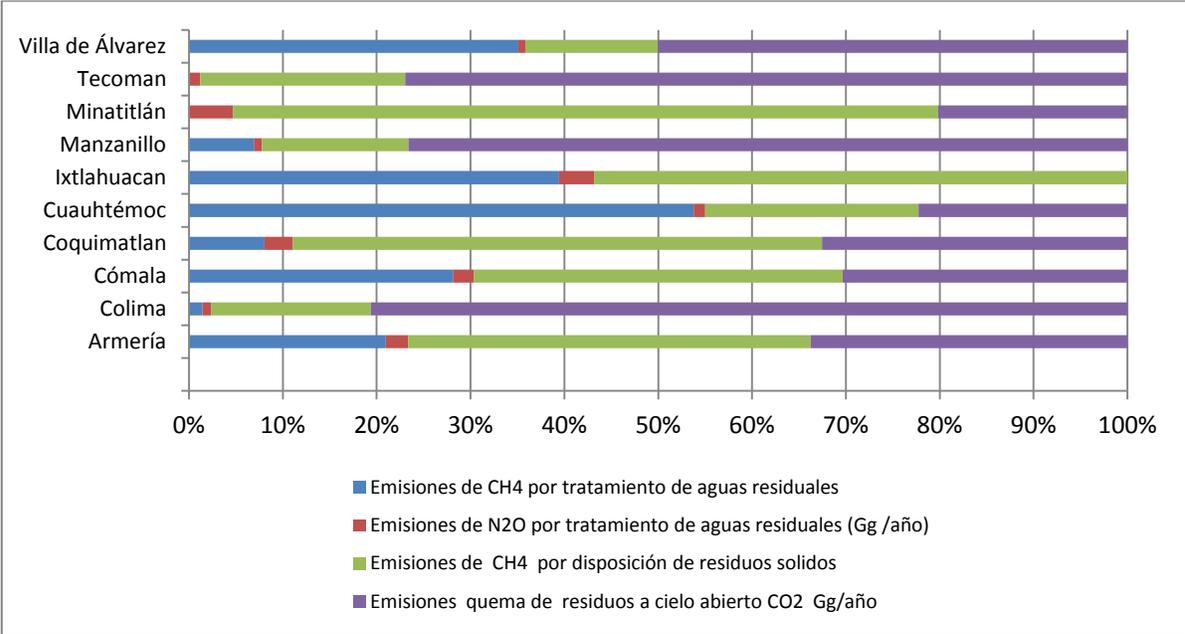


Figura 38 Aporte porcentual de las diferentes fuentes a la emisión total de CO₂e

LÍNEA BASE

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, lo cual fue obtenido dependiendo de la naturaleza de cada sector:

1. Mediante el PIB utilizando la ecuación 1 para los sectores:
 - Energía
 - Agricultura, silvicultura y uso de suelo
 - Procesos industriales
 - Fuentes agregadas y NO
2. El crecimiento de la población y vivienda a 2010 para los sectores:
 - Desechos
 - Quema de biomasa
 - Solventes
 - Quema de residuos a cielo abierto
3. Crecimiento de flota vehicular de estado para el sector:
 - Transporte - fuentes vehiculares

La Tabla 50 muestra los resultados del TPA calculados mediante la ecuación 1 del PIB por sector.

Tabla 50 TPA por sector del PIB para el estado de Colima.

Año	TPA sector primario*	TPA sector secundario*	TPA sector terciario*
2006	0.997	0.960	1.050
2007	1.013	1.007	1.049
2008	1.042	1.013	1.045
2009	0.974	0.996	1.007
2010	0.982	1.074	1.019

*El sector primario incluye: Agricultura, Exportación forestal, minería, ganadería y pesca; el sector secundario incluye: Construcción, industria manufacturera y energía; el sector terciario incluye: comercio, servicios y transporte

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía Producto Interno Bruto del Sector Primario, secundario y terciario a precios de 2003

El crecimiento poblacional y vivienda se obtuvo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía censo de población y vivienda 2012. La Tabla 51 muestra esta proyección.

Tabla 51 Número de habitantes y viviendas por municipio para el estado de Colima 2005-2010.

Municipio	Población						Vivienda					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Armería	24,939	25,649	26,378	27,129	27,901	28,695	6,424	7,034	7,703	8,435	9,236	10,114
Colima	132,273	135,078	137,942	140,867	143,854	146,904	3,526	6,052	10,389	17,833	30,611	52,544
Cómala	19,495	19,766	20,041	20,319	20,602	20,888	489	827	1,398	2,363	3,994	6,752
Coquimatlán	17,363	17,750	18,145	18,549	18,963	19,385	447	758	1,285	2,179	3,694	6,264
Cauhtémoc	25,576	25,875	26,178	26,484	26,794	27,107	6,703	7,192	7,717	8,280	8,884	9,532
Ixtlahuacán	4,759	4,863	4,968	5,077	5,187	5,300	1,247	1,381	1,528	1,692	1,873	2,074
Manzanillo	137,842	142,265	146,829	151,540	156,402	161,420	37,143	41,035	45,334	50,085	55,332	61,130
Minatitlán	7,478	7,612	7,749	7,888	8,030	8,174	1,897	2,036	2,186	2,346	2,518	2,703
Tecomán	98,150	100,906	103,739	106,652	109,647	112,726	24,263	25,980	27,819	29,788	31,896	34,154
Villa de Álvarez	100,121	103,806	107,628	111,589	115,697	119,956	27,058	30,067	33,411	37,126	41,255	45,843
Total	567,996	583,569	599,598	616,095	633,076	650,555	109,197	122,362	138,770	160,126	189,295	231,110

Los resultados de la proyección se muestran en la Tabla 52.

Tabla 52 Emisiones de CO₂e en Gg para el año proyectado (línea base) y para el año base para el estado de Colima 2005 - 2010.

Fuente	MUNICIPIO	Gg de CO ₂ eqv	
		2005	2010
ENERGIA	Armería	49.14	81.81
	Colima	316.11	535.06
	Cómala	39.12	62.69
	Coquimatlán	32.8	51.98
	Cauhtémoc	278.65	339.93
	Ixtlahuacán	21.56	64.37
	Manzanillo	7,977.18	17,597.13
	Minatitlán	13.35	19.77
	Tecomán	314.07	508.26
	Villa de Álvarez	176.95	283.25
	Estatal		9,218.94
PROCESOS INDUSTRIALES	Armería		
	Colima	0.008	0.009
	Cómala		
	Coquimatlán		
	Cauhtémoc	53.12	58.20
	Ixtlahuacán	20.52	23.07
	Manzanillo	121.99	133.92
	Minatitlán		
	Tecomán	836.31	915.58
Villa de Álvarez			

Fuente	MUNICIPIO	Gg de CO ₂ eqv	
		2005	2010
Estatal		1031.95.08	1130.77
GANADERIA	Armería	962.33	969.25
	Colima	3,596.47	3,622.36
	Cómala	1,630.73	1,642.47
	Coquimatlán	1,737.32	1,749.83
	Cauhtémoc	2,092.09	2,107.15
	Ixtlahuacán	810.26	816.09
	Manzanillo	3,008.90	3,030.56
	Minatitlán	1,116.54	1,124.57
	Tecomán	1,547.94	1,559.08
	Villa de Álvarez	1,140.39	1,148.59
Estatal		17,642.97	17,769.95
AGRICULTURA Y FUENTES AGREGADAS N₂O Y NO CO₂	Armería	956.66	963.54
	Colima	3,564.77	3,590.43
	Cómala	1,615.29	1,626.92
	Coquimatlán	1,776.09	1,788.87
	Cauhtémoc	2,078.61	2,093.57
	Ixtlahuacán	802.38	808.15
	Manzanillo	3,100.10	3,122.41
	Minatitlán	1,117.78	1,125.83
	Tecomán	1,542.63	1,553.73
	Villa de Álvarez	1,154.75	1,163.06
Estatal		17,709.06	17,836.51
DESECHOS	Armería	11.8	14.67
	Colima	155	187.07
	Cómala	9.8	10.45
	Coquimatlán	6.1	7.30
	Cauhtémoc	22.4	25.08
	Ixtlahuacán	1.6	2.03
	Manzanillo	176.2	233.54
	Minatitlán	1.9	2.20
	Tecomán	89.6	114.22
	Villa de Álvarez	141.8	183.92
Estatal		616.2	780.48
USO DE SUELO	Estatal	-1580	-1580
Total Estatal		44,639.12	57,066.64

INCERTIDUMBRE

La Tabla 53 muestra la estimación por sector de la incertidumbre y la incertidumbre combinada.

Tabla 53 Estimación de incertidumbre por sector

Categorías IPCC 2006	Gg/año 2005	Gas	CO ₂ equivalente Gg/año 2005	Incertidumbre Dato de Actividad (%)	Incertidumbre Factor de Emisión (%)	Incertidumbre Combinada (%)	Contribución a la varianza por categoría en el año t
1 - Energía							
1A1a Producción de electricidad y calor como actividad principal	7,174.1035	CO2	7,174.1035	7.50	1.78	7.71	1.534
1A1a Producción de electricidad y calor como actividad principal	0.2781	CH4	5.8394	7.50	70.00	70.40	0.000
1A1a Producción de electricidad y calor como actividad principal	0.0556	N2O	17.2401	7.50	70.00	70.40	0.001
1.A.2 -Industrias manufactureras y de la construcción	466.6951	CO2	578.4061	17.50	21.61	27.81	0.130
1.A.2 -Industrias manufactureras y de la construcción	0.0603	CH4	1.2665	17.50	179.29	180.14	0.000
1.A.2 -Industrias manufactureras y de la construcción	0.0088	N2O	1.8477	17.50	179.63	180.48	0.000
1.A.3.a - Aviación civil	0.7768	CO2	0.7768	7.07		7.07	0.000
1.A.3.a - Aviación civil	0.0000	CH4	0.0005	7.07		7.07	0.000
1.A.3.a - Aviación civil	0.0000	N2O	0.0100	7.07		7.07	0.000
1.A.3.b - Transporte terrestre	857.8051	CO2	857.8051	5.00	7.44	8.96	0.030
1.A.3.b - Transporte terrestre	0.2569	CH4	5.3957	5.00	137.44	137.53	0.000
1.A.3.b - Transporte terrestre	0.1101	N2O	34.1341	5.00	117.44	117.55	0.008
1.A.3.c - Ferrocarriles	0.2789	CO2	0.2789	8.66	0.94	8.71	0.000
1.A.3.c - Ferrocarriles	0.0000	CH4	0.0003	8.66	60.10	60.72	0.000
1.A.3.c - Ferrocarriles	0.0001	N2O	0.0334	8.66	66.67	67.23	0.000
1.A.3.d - Navegación marítima y fluvial	377.7270	CO2	377.7270	7.07	2.01	7.35	0.004
1.A.3.d - Navegación marítima y fluvial	0.0343	CH4	0.7206	7.07	70.71	71.06	0.000
1.A.3.d - Navegación marítima y fluvial	0.0098	N2O	3.0393	7.07	197.99	198.12	0.000
1.A.4 a Comercial/ Institucional	21.1047	CO2	21.1047	20.00	3.92	20.38	0.000
1.A.4 a Comercial/ Institucional	0.0018	CH4	0.0382	20.00	94.28	96.38	0.000
1.A.4 a Comercial/ Institucional	0.0001	N2O	0.0157	20.00	96.67	98.71	0.000
1.A.4 b. Residencial	230.3710	CO2	230.3710	20.00	3.92	20.38	0.011
1.A.4 b. Residencial	0.3480	CH4	7.3076	20.00	94.28	96.38	0.000
1.A.4 b. Residencial	0.0047	N2O	1.4560	20.00	96.67	98.71	0.000
1.A.4 c Agropecuaria	10.7940	CO2	10.7940	7.50	4.62	8.81	0.000
1.A.4 c Agropecuaria	0.0014	CH4	0.0293	7.50	115.47	115.71	0.000
1.A.4 c Agropecuaria	0.0001	N2O	0.0249	7.50	119.35	119.59	0.000
2 - Procesos Industriales y Uso de Productos							
2.A.1 – Producción de Cemento	836.31	CO2	836.31	2	40	40.049	0.563
2.A.2 – Producción de Cal	20.52	CO2	20.52	2	2	2.8285	0.000
2.C.1 Producción de Hierro y Acero	175.11	CO2	175.11	5	25	25.495	0.010
3A. Ganadería							
Fermentación entérica	8.319	CH4	174.699	20	5	20.616	0.007

Categorías IPCC 2006	Gas	CO ₂ equivalente	Incertidumbre Dato de Actividad (%)	Incertidumbre Factor de Emisión (%)	Incertidumbre Combinada (%)	Contribución a la varianza por categoría en el año t
Manejo del estiércol	0.224 CH ₄	4.704	20	5	20.616	0.000
Manejo del estiércol	56.334 N ₂ O	17463.54	20	5	20.616	65.047
3B Cambio de uso de suelo						
conversión de la tierra	CO ₂ -1580	-1580	35	20	40.311	2.036
3C. Fuentes agregadas y fuentes de emisiones No CO₂						
Quema de Biomasa	0.643 CO ₂	0.643	20	5	20.616	0.000
Quema de Biomasa	10.079 CH ₄	211.659	20	5	20.616	0.010
Quema de Biomasa	0.019 N ₂ O	5.89	20	5	20.616	0.000
Encalado	3.862 CO ₂	3.862	20	5	20.616	0.000
Aplicación de urea	0.78 CO ₂	0.78	20	5	20.616	0.000
Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos manejados	55.627 N ₂ O	17244.37	20	5	20.616	63.424
Emisiones indirectas de N ₂ O por manejo de estiércol	0.007 N ₂ O	2.17	20	5	20.616	0.000
Cultivo de arroz	0.702 CH ₄	14.742	20	5	20.616	0.000
4 - Desechos						
4.C – Incineración y quema a cielo abierto de residuos	414.44 CO ₂	414.44	20	10	28.284	0.069
4.D – Tratamiento de aguas residuales y descarga	9.34 CH ₄	196.14	20	10	28.284	0.015
4.D – Tratamiento de aguas residuales y descarga	0.02 N ₂ O	6.2	20	10	28.284	0.000
4. A Disposición de Residuos Sólidos	5.404 CH ₄	113.433	30	5	28.284	0.005
TOTAL	10738.57	Total 44,638.98	654.91	1,989.22	2,359.02	402.653
Porcentaje de incertidumbre del inventario total						20.066

Conclusiones y Recomendaciones

SECTOR ENERGÍA

Se realizó la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O) del sector energía en base al 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 las 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.

Se realizan las siguientes recomendaciones con el fin de obtener una estimación futura con mayor exactitud y confiabilidad:

- ✓ Realizar un balance de energía del estado que se actualice anualmente, con el fin de obtener una mayor precisión de la cuantificación de emisiones.
- ✓ Reunir los esfuerzos de las instancias nacionales y estatales que regulan estas actividades, para obtener información congruente y precisa del consumo de combustibles en el estado.
- ✓ Contar con un inventario de la industria estatal y federal con el tipo de combustibles empleados así como sus principales productos.
- ✓ Generar factores de emisión locales a través de la participación del área científica del estado y el país.

SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

Se realizó la estimación de emisiones de bióxido de carbono (CO₂), hidrofluorocarbonos (HCFC-22) y Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM; del sector procesos industriales y uso de productos de las subcategorías producción de cemento, producción de cal, producción de hierro, producción de alimentos, uso de refrigeradores y aires acondicionados y uso de solventes de estado de Colima.

El resultado de las emisiones de CO₂e procedentes de esta categoría es poco significativa dado a que solo algunos de los giros que se evalúan de acuerdo a las Directrices del IPCC 2006 se encuentran en el Estado de Colima, por lo que únicamente se evaluaron para aquellos que se tenía información disponible.

El giro industrial que resultó con mayor contribución a la generación de CO₂e en esta categoría fue la producción de cemento.

Se recomienda que para futuros inventarios se desarrollen factores de emisión propios de los procesos industriales en el Estado.

De igual forma, es de suma importancia generar información local para poder estimar las emisiones generadas por los distintos usos de productos que emiten gases de efecto invernadero a la atmosfera.

SECTOR DE AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA

Se realizó la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O) del sector a partir de datos relacionados a la actividad del sector agrícola y ganadero de la entidad, el cual es una de los principales actividades económicas. Si bien en la mayoría de las subcategorías evaluadas se utilizaron datos locales, se utilizaron los factores de emisión por defecto para todas con excepción de ganadería, por lo que representan el mayor grado de error por ello, considerando la importancia de la cantidad de emisiones es necesario que se desarrollen factores nacionales y/o locales que permitan realizar estimaciones más precisas.

Otro punto de mejora es en las subcategorías de aplicación de fertilizantes sintéticos, si bien se utilizaron datos locales para los cultivos disponibles es necesario incrementar la información para mayor número de especies en la entidad, sobre todo las de mayor importancia en cuanto a superficie de siembra.

En el caso del cambio de uso de suelo las emisiones son integradas para la entidad y se requiere la selección de factores de cálculo más detallados para mayor cantidad de tipos de vegetación, con lo cual se podrían evaluar las absorciones/emisiones con mayor precisión y a nivel municipal.

SECTOR DESECHOS

En este caso la base de cálculo es a nivel poblacional, porque ese es el método sugerido por el IPCC, sin embargo a nivel nacional se ha desarrollado información que permite, para años posteriores al del inventario presente, estimar la emisión a nivel de planta de tratamiento o por lo menos por tipo de método de tratamiento por municipio, así como a nivel de relleno sanitario o sitio de confinamiento. Lo cual proporcionara un mayor nivel de confiabilidad de las emisiones.

En este sector la ventana de oportunidad para mejorar el procedimiento de estimación es grande, no solo por el método de cálculo, sino por la disponibilidad de la información de composición de la basura, volúmenes de efluentes de aguas tratadas, etcétera; que actualmente colectan instituciones como INEGI, SEMARNAT y SEDESOL.

Trabajos citados

- ANAFAPYT. (2008). *Estimación del Mercado Mexicano de Pinturas 2005. Estadísticas del sector*. México: Anafapyt.
- CNA. (2005 b). *Síntesis de estadísticas del agua en México*. Recuperado el julio de 2009, de Comisión Nacional del Agua: www.cna.gob.mx
- CNA. (2005). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación*. Recuperado el agosto de 2009, de Comisión Nacional del Agua: www.cna.gob.mx
- Climate Change 1995, The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report, page 22.
http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php
- INE. (2010). *Manual 5. Protocolo de Manejo de Datos de la Calidad del Aire*. México: INE.
- INECC, 2013. Avances de los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático. Responsable de la Información: Coordinación del Programa de Cambio Climático. Última Actualización: 08 de Marzo de 2013- (5:30 p.m.) <http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/peacc/index.html>
- INEGI. (2006). *Conteo de población y vivienda 2005*. Recuperado el 2013, de www.inegi.org.mx
- INEGI. (2009 b). *Actividades económicas primarias. Ganadería 2005*.
<http://cuentame.inegi.org.mx/economia/primarias/gana/default.aspx?tema> Consultado en agosto de 2009.
- INEGI b. (2008). Conjunto de datos vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, escala 1: 250 000 serie IV.
- INEGI c. (2007.). Conjunto de datos vectorial edafológico, escala 1: 250,00 Serie II (Continuo Nacional). México.
- INEGI g. (2009). *Resultados definitivos del Censo Agropecuario 2007*. www.inegi.gob.mx - consultado en mayo 2009-.
- IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendía L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds)*. Published: IGES, Japan.
- PEMEX. (2006). *Anuario Estadístico 2005*. Recuperado el octubre de 2009, de Publicaciones: www.pemex.gob.mx

- Peña Cabriales, J. e. (2002). Manejo de fertilizantes nitrogenados en México: uso de las técnicas isotópicas. *Terra Latinoamericana*, 51-56.
- SAGARPA. (2009). *Costos de producción de los cultivos más importantes, nivel estatal*. . www.sagarpa.gob.mx -consultado en internet en mayo 2009.
- SAGARPA. (2009). *SECRETARIA DE AGRICULTURA GANADERIA*. Obtenido de Apoyos a comunidades acuícolas: www.sagarpa.gob.mx
- SCT. (2005). *ANUARIO ESTADISTICO*. www.sct.gob.mx. Consultado en mayo 2009.
- SCT. (2009). *Aviación Mexicana en Cifras 1998- 2008*. www.sct.gob.mx. Consultado en mayo 2009.
- SCT f. (2005). *Secretaría de comunicaciones y trasportes*. Recuperado el diciembre de 2009, de Infraestructura carretera: www.sct.gob.mx
- SENER. (2007 b). *Perspectiva de petrolíferos 2006-2015*. www.sener.gob.mx.
- SENER. (2004). *Perspectivas del mercado de gas licuado de petróleo 2004-2013*. Recuperado el Diciembre de 2009, de www.sener.gob.mx
- SENER. (2005). *Producción, importación y exportación de fertilizantes México 2005*. . Sistema de Información Energética.
- SENER. (2006). *Balance Nacional de Energía 2005*. www.sener.gob.mx.
- SENER. (2006). *Perspectiva de petrolíferos 2005-2014*. www.sener.gob.mx.
- SENER. (2007). *Perspectiva del mercado de gas LP 2007-2016*. Recuperado el diciembre de 2009, de www.sener.gob.mx
- SENER. (2009). *Secretaria de energía*. Recuperado el Diciembre de 2009, de Hidrocarburos, precios del gas Lp: www.sener.gob.mx
- SENER (2010). *Prospectiva de Mercado de Gas Natural 2010-2025*.
- SENER. (2012). *Perspectiva del Sector Eléctrico 2012- 2026*.
- SIAP - SAGARPA. (2008). *Red sinóptica 2008. Meteorología en superficie*. Recuperado el 2011 de noviembre, de http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Monitor/gas/rrss/redsin08.pdf
- Scientific Assessment of Ozone Depletion (1994): Chapter 13, "Ozone Depleting Potentials, Global Warming Potentials and Future Chlorine/Bromine Loading". UNEP, February 1995. http://cienbas.galeon.com/04PC_Global.htm

ANEXO 1. Método de Cálculo por Categoría

SECTOR ENERGÍA

Fuentes Móviles

Fuentes Móviles, es la fuente de emisión que por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.

De acuerdo a IPCC 2006, las categorías para Combustión Móvil son las siguientes:

1. Transporte Terrestre
2. Transporte todo terreno
3. Ferrocarriles
4. Aviación Civil
5. Navegación Marítima y Fluvial

Transporte Terrestre

Se refiere a todas las emisiones de la quema y la evaporación que emanan del uso de combustibles en vehículos terrestres, incluido el uso de vehículos agrícolas sobre carreteras pavimentadas.

Como sub categorías del transporte terrestre manejamos las siguientes:

- a) Autobús escolar a diésel
- b) Autobuses de transporte urbano e inter-urbano a diésel
- c) Autos particulares (tipo sedán)
- d) Camioneta de transporte público de pasajeros
- e) Motocicletas
- f) Pick_up
- g) Taxis
- h) Tractocamiones
- i) Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)
- j) Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas
- k) Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas (microbús)

Recopilación de Información y Estimación de Emisiones

Fuentes de Información

La recopilación de la información utilizada, se realizó mediante solicitud a las dependencias locales y nacionales, la consulta de las páginas web de las mismas, cuando estaban disponibles, así como la consulta en cámaras industriales y de servicios, vía telefónica y por correo electrónico.

En las tablas siguientes, se presenta una descripción de la información solicitada de fuentes de móviles.

Información Recopilada

Transporte Terrestre	Tipo de Información	Descripción
	Número de vehículos particulares y transporte público, que circulan en el estado	Clasificados por tipo de vehículo, tipo de combustibles, y año modelo
	Distancia promedio recorrida	Kilómetros recorridos anuales y diarios por el parque vehicular
	Rendimiento Vehicular	Kilómetros por litro, por tipo de combustible y tipo de vehículos

Las dependencias e instituciones que proporcionaron la información utilizada para el cálculo de las emisiones fueron:

Dependencias /instituciones que proporcionan la información

Categoría	Dependencia/institución
Fuentes móviles	Inventario Nacional de Emisiones 2005, SEMARNAT 2012. CONAE, RENDIMIENTO OFICIALES DE COMBUSTIBLE

Estimación de Emisiones

De acuerdo a IPCC 2006, y tomando en cuenta los siguientes rubros:

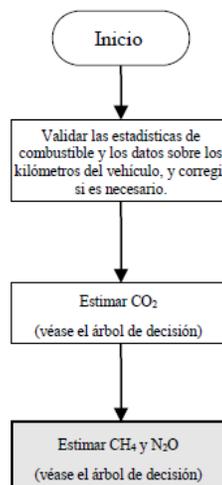
1. Número y tipo de vehículos que circulan
2. Cantidad de combustible que consumen por tipo de vehículo
3. VKT (Vehículos Kilómetros Totales) por tipo de Vehículo
4. Proporción de viajes que se realizan en forma parcial dentro del área

Elección del Método IPCC2006

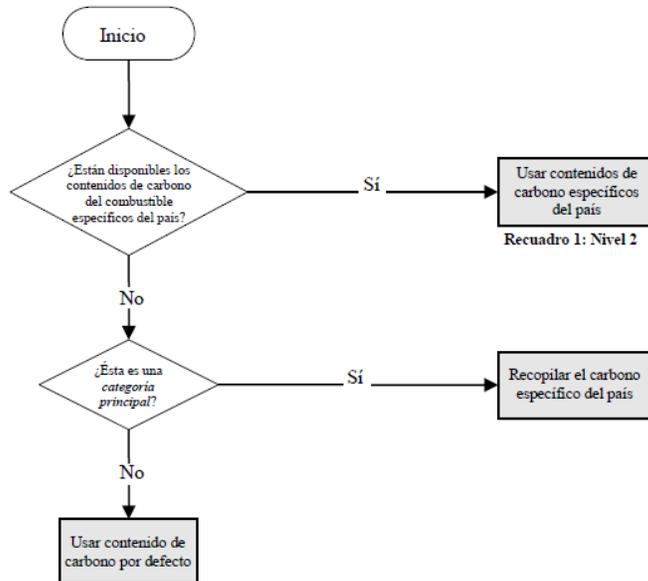
Fue posible estimar las emisiones a partir del combustible consumido (representado por el combustible vendido) o la distancia recorrida por los vehículos. En general, el primer método (combustible vendido) es adecuado para el CO₂ y el segundo (distancia recorrida por tipo de vehículo y de carretera) es adecuado para el CH₄ y el N₂O.

EMISIONES DE CO₂

La mejor forma de calcular las emisiones de CO₂ es sobre la base de la cantidad y el tipo de combustible quemado (que se considera igual al combustible vendido) y su contenido de carbono. La Figura, muestra el árbol de decisión del CO₂ que guía la elección del método de Nivel 1 o 2. A continuación se define cada nivel.



Pasos para estimar las emisiones de transporte terrestre



Árbol de decisión para las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustible en los vehículos terrestres

El método de Nivel 1 calcula las emisiones de CO₂ multiplicando el combustible estimado que se vende con un factor de emisión de CO₂ por defecto. Se representa el método en la siguiente ecuación:

CO₂ DEL TRANSPORTE TERRESTRE

$$Emisión = \sum_a [Combustible_a \cdot EF_a]$$

Dónde:

Emisión = Emisiones de CO₂ (kg)

Combustible a = combustible vendido (TJ)

EF a = factor de emisión (kg/TJ).

a = tipo de combustible (p. ej., gasolina, diésel, gas natural, GLP, etc.)

EMISIONES DE CO₂ PROCEDENTES DE LOS CATALIZADORES EN BASE A UREA

Para estimar las emisiones de CO₂ del uso de aditivos en base a urea en los conversores catalíticos (emisiones no combustivas), es una buena práctica usar la siguiente ecuación:

CO₂ PROCEDENTE DE LOS CONVERTORES EN BASE A UREA

$$Emisión = Actividad \cdot \frac{12}{60} \cdot Pureza \cdot \frac{44}{12}$$

Dónde:

Emisiones = Emisiones de CO₂ del aditivo en base a urea de los conversores catalíticos (Gg CO₂)

Actividad = cantidad de aditivo basado en urea consumido para usar en conversores catalíticos (Gg)

Pureza = la fracción de masa (= porcentaje dividido por 100) de urea en el aditivo basado en urea

El factor (12/60) captura la conversión estequiométrica de la urea (CO (NH₂)₂) al carbono, mientras que el factor (44/12) convierte el carbono en CO₂. En promedio, el nivel de actividad es de 1 a 3 por ciento de consumo de diésel por vehículo. Se puede tomar el 32,5% como pureza por defecto, en el caso de que no estén disponibles los valores específicos del país (Peckham, 2003). Puesto que lo dicho se basa en las propiedades de los materiales utilizados, no hay niveles para esta fuente.

EMISIONES DE CH₄ Y N₂O

Las emisiones de CH₄ y N₂O son más difíciles de estimar con exactitud que las del CO₂ porque los factores de emisión dependen de la tecnología del vehículo, del combustible y de las condiciones de uso. Tanto los datos de la actividad basados en la distancia (p. ej., vehículo-kilómetros recorridos) como el consumo de combustible desagregado pueden ser considerablemente menos seguros que todo el combustible vendido.

La ecuación correspondiente al método de Nivel 1 para estimar el CH₄ y N₂O de los vehículos terrestres puede expresarse de este modo:

EMISIONES DE NIVEL 1 DE CH₄ Y N₂O

$$Emisión = \sum_a [Combustible_a \cdot EF_a]$$

Dónde:

Emisiones = emisión en kg

EF a = factor de emisión (kg/TJ)

Combustible a = combustible consumido, (TJ) (representado por el combustible vendido)

a = tipo de combustible a (p. ej., diésel, gasolina, gas natural, GLP)

La ecuación correspondiente al método de Nivel 1 implica los siguientes pasos:

- Paso 1: determinar la cantidad de combustible consumido por tipo de combustible para el transporte terrestre, mediante datos nacionales o, como alternativa, fuentes de datos internacionales de la AIE o la ONU (deben declararse todos los valores en terajulios).
- Paso 2: para cada tipo de combustible, multiplicar la cantidad de combustible consumido por los factores de emisión por defecto de CH₄ y N₂O adecuados.
- Paso 3: las emisiones de cada contaminante se suman en todos los tipos de combustible.

La ecuación de emisión para el Nivel 2 es:

EMISIONES DE NIVEL 2 DE CH₄ Y N₂O

$$Emisión = \sum_{a,b,c} [Combustible_{a,b,c} \cdot EF_{a,b,c}]$$

Dónde:

Emisión = emisión en kg

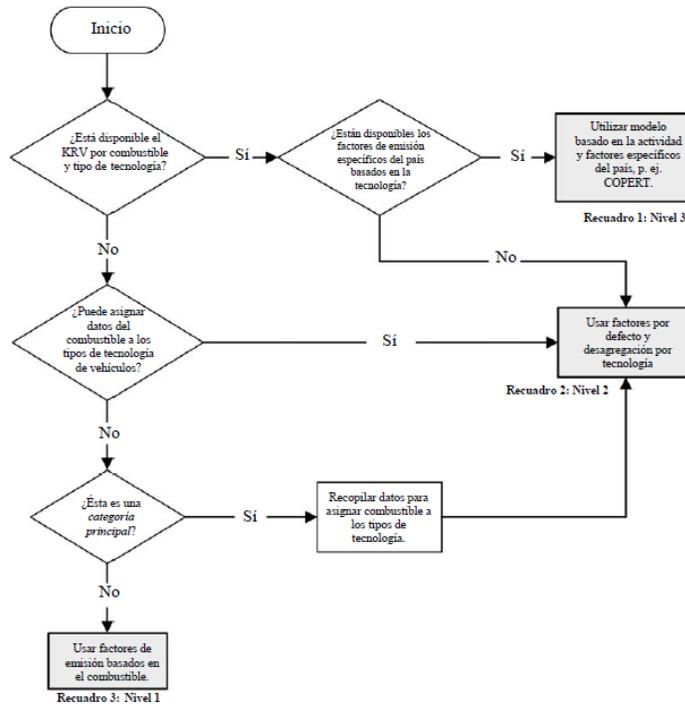
EF a, b, c = factor de emisión (kg/TJ)

Combustible a, b, c = combustible consumido (TJ) (representado por el combustible vendido) para una actividad de fuente móvil dada

a = tipo de combustible a (p. ej., diésel, gasolina, gas natural, GLP)

b = tipo de vehículo

c = tecnología de control de emisiones (como conversor catalítico no controlado, etc.)



Árbol de decisión para las emisiones de CH₄ y N₂O de los vehículos terrestres

Para la estimación de nivel 3 es necesario contar con factores de emisión característicos del país, región o estado, por lo que en el presente trabajo solo se ocupó el nivel 2.

La ecuación de emisión para el Nivel 3 es:

$$\text{Emisión} = \sum_{a,b,c,d} [\text{Distancia}_{a,b,c,d} \cdot \text{EF}_{a,b,c,d}] + \sum_{a,b,c,d} C$$

Dónde:

Emisión = emisión o CH₄ o N₂O (kg)

EF a, b, c, d = factor de emisión (kg/km)

Distancia a, b, c, d = distancia recorrida (KRV) durante la fase de funcionamiento térmicamente estabilizado del motor, para una actividad de fuente móvil dada (km)

C a, b, c, d = emisiones durante la fase de calentamiento (arranque en frío) (kg)

a = tipo de combustible a (p. ej., diésel, gasolina, gas natural, GLP)

b = tipo de vehículo

c = tecnología de control de emisiones (como convertor catalítico no controlado, etc.)

d = condiciones de funcionamiento (p. ej., tipo de carretera urbana o rural, clima, u otros factores ambientales)

Las ecuaciones para el cálculo de emisiones de nivel 2 y 3, implican los siguientes pasos:

- Paso 1: obtener o estimar la cantidad de combustible consumido por tipo de combustible para el transporte terrestre, usando los datos nacionales (deben declararse todos los valores en terajulios)
- Paso 2: garantizar que se dividan los datos del combustible o de KRV en las categorías de vehículos y combustibles necesarias. Se debe tener en cuenta que, típicamente, las emisiones y la distancia recorrida cada año varían según la antigüedad del vehículo; los vehículos más antiguos suelen viajar menos pero pueden emitir más CH₄ por unidad de actividad. Algunos vehículos pueden estar convertidos para funcionar con otro combustible que no es el del diseño original.
- Paso 3: multiplicar la cantidad de combustible consumido (Nivel 2) o la distancia recorrida (Nivel 3) por tipo de vehículo o tecnología de control / vehículo por el factor de emisión adecuado a ese tipo.
- Paso 4: para los métodos del Nivel 3, estimar las emisiones del arranque en frío.
- Paso 5: sumar las emisiones de todos los tipos de combustibles y vehículos, incluso para todos los niveles de control de emisiones, para determinar las emisiones totales procedentes del transporte terrestre.

Ecuación General para la Estimación de Emisiones de Fuentes Móviles

La ecuación que se utiliza para calcular las emisiones de fuentes móviles es:

$$E = NU * DA * FE$$

Dónde:

E = Emisión total del contaminante de interés (CO, NO_x, o HC, CH₄, etc.)

NU = Número total de vehículos de interés (automóvil, taxi, microbús, camioneta, etc.)

DA = Actividad vehicular, expresada como la distancia total recorrida por los vehículos de interés en un tiempo determinado y bajo condiciones de circulación conocidos (generalmente se expresa en kilómetros recorridos por día o año)

FE = Factor de emisión para el contaminante de interés, para el tipo de vehículo en cuestión y para las condiciones de circulación de los vehículos expresado en unidades de masa (por ejemplo gramos de contaminante emitido) por distancia recorrida (por ejemplo kilómetros).

La fórmula indica que la cantidad total de emisiones de un contaminante determinado es una función de la cantidad de vehículos considerados en el análisis, así como de la distancia total recorrida por cada uno de éstos y de los factores de emisión asociados con cada tipo o categoría de vehículo. Esto es, los elementos clave en la estimación de un inventario de emisiones de fuentes vehiculares son:

- El número de vehículos de cada tipo o categoría,
- La distancia recorrida por unidad de tiempo (día o año) por cada tipo de vehículo,
- Las condiciones de circulación – entre las cuales destacan las velocidades de circulación, aceleraciones, pendientes del camino, uso del aire acondicionado, etc.; y
- Los factores de emisión asociados a cada contaminante, condición de circulación y tipo de vehículo.

Existen varias formas de derivar estos insumos, cada uno con distintos beneficios y problemas de aplicación. A continuación se describen con mayor detalle las consideraciones generales que se deben atender cuando se recopila y procesa la información necesaria para poder aplicar de manera apropiada la fórmula antes mencionada.

Número de Unidades (UN)

El término “número de unidades” se refiere a la población vehicular activa o en circulación en la zona objeto de estudio. Sin embargo, es importante destacar que el número total de vehículos en circulación en la zona de estudio puede ser muy diferente al número de vehículos registrados con domicilio en ella.

Tipos de Vehículos

Es evidente que la cantidad de emisiones por distancia recorrida de un tractocamión con motor a diésel es totalmente diferente a las de un auto compacto con motor a gasolina. Esto se debe, como se mencionó anteriormente, a que las emisiones varían de acuerdo con el tipo de vehículo, uso, tipo de combustible, tipo de tecnología, tamaño del motor y edad del vehículo, entre otros factores. Por ello, no basta con conocer el número total de vehículos que circulan en la región de interés, sino que es necesario caracterizar a la flota vehicular de tal forma que los vehículos puedan ser agregados en grupos o categorías con características de emisión similares, para posteriormente tratar de cuantificar las emisiones para cada grupo.

Las variables o criterios de agregación de vehículos comúnmente usados al llevar a cabo una caracterización de la flota vehicular son:

- Tipo de vehículo (auto, autobús, camión, motocicleta, etc.)
- Combustible utilizado (gasolina, diésel, gas natural, etc.)

- Peso vehicular (agrupando vehículos de un mismo tipo en sub clasificaciones similares como autos compactos, medianos, grandes, SUVs, etc.)
- Desplazamiento del motor (o cilindrada, en cm^3 o litros)
- Uso vehicular (un taxi, por ejemplo, típicamente recorre más kilómetros por día que un auto particular y por lo tanto las emisiones de los taxis son proporcionalmente mayores)
- Nivel tecnológico
- Edad del vehículo (que afecta su nivel tecnológico, recorrido anual y calidad de mantenimiento, entre otros)

Datos de Actividad (DA)

El término “dato de actividad” se refiere a los kilómetros recorridos por un vehículo (KRV) en un tiempo y espacio determinados donde, además, las condiciones de circulación son conocidas (número de viajes, velocidad de circulación, aceleración, pendientes del camino, uso del aire acondicionado, etc.) Bajo este concepto general, para estimar un inventario de emisiones para una región, se necesita determinar los kilómetros totales recorridos en la región por todos los vehículos de cada sub clasificación en el período de interés.

Como una primera aproximación, se podrá determinar el recorrido anual promedio por vehículo de cada tipo o clase y multiplicarlo por el número total de vehículos de ese tipo. Por ejemplo, si el recorrido promedio de 10,000 automóviles particulares es de 10,000 kilómetros por año, los KRV para este tipo de vehículos será de 100 millones de kilómetros por año. Sin embargo, hay que recordar que las emisiones de los vehículos no sólo dependen del número de unidades y del kilometraje que recorre cada uno de ellos, sino que existen factores tales como la velocidad a la que se recorren esos kilómetros y el número de viajes realizados por vehículo, que también inciden en las emisiones generadas por un automóvil.

Para llevar a cabo la estimación de un inventario de emisiones vehiculares de una forma confiable y precisa, resulta indispensable estimar la actividad vehicular considerando estos factores.

Factores de Emisión (FE)

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad o consumo de combustible. En el caso de los vehículos automotores, los factores de emisión se expresan en unidades de masa de contaminante emitido por distancia recorrida. Las unidades de factor de emisión, kg/TJ.

Para el cálculo de las Emisiones de Fuentes Móviles, se tiene la siguiente información recopilada:

Poder Calorífico: El poder calorífico de un combustible es la cantidad de energía desprendida en la reacción de combustión, referida a la unidad de masa de combustible. Es la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cúbico, de combustible al oxidarse en forma completa. El poder calorífico expresa la energía máxima que puede liberar la unión química entre un combustible y el comburente y es igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas de combustible, menos la energía utilizada en la formación de nuevas moléculas en las materias (generalmente gases) formada en la combustión.

Rendimiento Vehicular: El rendimiento de combustible es simplemente la cantidad de kilómetros recorridos por galón y/o litro de combustible.

A continuación en las siguientes tablas, se muestran los datos de Rendimiento Vehicular y Poder Calorífico, que se utilizaron en el cálculo de las emisiones vehiculares.

Rendimiento Vehicular en km/Lt, por tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Rendimiento Vehicular *(km/Lt)
Autobús escolar a diésel	2.377
Autobuses de transporte urbano e inter-urbano a diésel	2.377
Autos particulares (tipo sedán)	11.710
Camioneta de transporte público de pasajeros	8.889
Motocicletas	30.643
Pick_up	8.202
Taxis	11.710
Tractocamiones	2.400
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)_GASOLINA	8.115
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)_DIESEL	7.299
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	2.400
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas_GASOLINA	2.400
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas_DIESEL	2.400
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas (microbús)	2.400

*CONAE, 2005. Rendimientos oficiales de combustible.

Poder Calorífico en TJ/L, por tipo de combustible

Tipo de Combustible	Poder Calorífico (TJ/L)
Gasolina	0.000031
Diésel	0.000034

Gas LP	0.000024
Gas Natural	0.000418

Los factores de emisión que se utilizaron, para el cálculo de emisiones de CO₂, se basan en el contenido de carbono del combustible y deben representar el 100 por ciento de oxidación del carbono combustible. En la figura siguiente se muestran.

Tipo de combustible	Por defecto (kg/TJ)	Inferior	Superior
Gasolina para motores	69 300	67 500	73 000
Gas/Diesel Oil	74 100	72 600	74 800
Gases licuados de petróleo	63 100	61 600	65 600
Queroseno	71 900	70 800	73 700
Lubricantes ^b	73 300	71 900	75 200
Gas natural comprimido	56 100	54 300	58 300
Gas natural licuado	56 100	54 300	58 300

Fuente: Cuadro 1.4 del capítulo Introducción del Volumen Energía.
Notas:
^a Los valores representan el 100 por ciento de oxidación del contenido de carbono del combustible.
^b Véase el Recuadro 3.2.4 Lubricantes en la combustión móvil para obtener una orientación acerca de los usos de los lubricantes.

Factores de emisión de CO₂ por defecto del transporte terrestre y rangos de incertidumbre

Los factores de emisión para N₂O y CH₄, se observan en las siguientes figuras:

Tipo de combustible / Categoría representativa de vehículo	CH ₄ (kg/TJ)			N ₂ O (kg/TJ)		
	Por defecto	Inferior	Superior	Por defecto	Inferior	Superior
Gasolina para motores – sin controlar ^(b)	33	9,6	110	3,2	0,96	11
Gasolina para motores – catalizador de oxidación ^(c)	25	7,5	86	8,0	2,6	24
Gasolina para motores – vehículo para servicio ligero con poco kilometraje, modelo 1995 o más nuevo ^(d)	3,8	1,1	13	5,7	1,9	17
Gas / Diesel Oil ^(e)	3,9	1,6	9,5	3,9	1,3	12
Gas natural ^(f)	92	50	1 540	3	1	77
Gas licuado de petróleo ^(g)	62	na	na	0,2	na	na
Etanol, camiones Estados Unidos ^(h)	260	77	880	41	13	123
Etanol, automóviles, Brasil ⁽ⁱ⁾	18	13	84	na	na	na

Fuentes: USEPA (2004b), AEMA (2005a), TNO (2003) y Borsari (2005) CETESB (2004 & 2005) con las hipótesis que se presentan a continuación. Se derivaron los rangos de incertidumbre de los datos incluidos en Lipman y Delucchi (2002), con excepción del etanol en los automóviles.

Factores de emisión por defecto de N₂O y CH₄ del transporte terrestre y Rangos de Incertidumbre

CUADRO 3.2.3 FACTORES DE EMISIÓN DE N ₂ O Y CH ₄ PARA LOS VEHÍCULOS DIESEL Y A GASOLINA DE LOS ESTADOS UNIDOS					
Tipo de vehículo	Tecnología de control de emisiones	N ₂ O		CH ₄	
		En marcha (caliente)	Arranque en frío	En marcha (caliente)	Arranque en frío
		mg/km	mg/arranque	mg/km	mg/arranque
Vehículo ligero a gasolina (automóvil)	Vehículo de bajas emisiones (LEV, del inglés, <i>Low Emission Vehicle</i>)	0	90	6	32
	Catalizador tridireccional avanzado	9	113	7	55
	Catalizador tridireccional inicial	26	92	39	34
	Catalizador de oxidación	20	72	82	9
	Catalizador de no oxidación	8	28	96	59
	Sin controlar	8	28	101	62
Vehículo ligero diesel (automóvil)	Avanzada	1	0	1	-3
	Moderada	1	0	1	-3
	Sin controlar	1	-1	1	-3
Camión ligero a gasolina	Vehículo de bajas emisiones	1	59	7	46
	Catalizador tridireccional avanzado	25	200	14	82
	Catalizador tridireccional inicial	43	153	39	72
	Catalizador de oxidación	26	93	81	99
	Catalizador de no oxidación	9	32	109	67
	Sin controlar	9	32	116	71
Camión ligero diesel	Avanzada y moderada	1	-1	1	-4
	Sin controlar	1	-1	1	-4
Vehículo pesado a gasolina	Vehículo de bajas emisiones	1	120	14	94
	Catalizador tridireccional avanzado	52	409	15	163
	Catalizador tridireccional inicial	88	313	121	183
	Catalizador de oxidación	55	194	111	215
	Catalizador de no oxidación	20	70	239	147
	Vehículo pesado a gasolina – sin controlar	21	74	263	162
Vehículo pesado diesel	Todos: avanzado, moderado o sin controlar	3	-2	4	-11
Motocicletas	Catalizador de no oxidación	3	12	40	24
	Sin controlar	4	15	53	33

Fuente: USEPA (2004b).

Notas:

^a Se han redondeado estos datos para obtener números enteros.

^b Los factores de emisión negativos indican que un vehículo que arranca en frío produce menos emisiones que uno que arranca en caliente o caliente en marcha.

^c Una base de datos de factores de emisión que dependen de la tecnología basada en datos europeos se encuentra disponible en la herramienta COPERT en <http://vegina.eng.auth.gr/mech0/lat/copert/copert.htm>.

^d Debido a los límites de hidrocarburo total de Europa, las emisiones de CH₄ de los vehículos europeos pueden ser inferiores a los valores indicados de los Estados Unidos (Heeb, et al., 2003).

^e Se midieron estos «arranques en frío» a una temperatura ambiente de 20 °C a 30°C.

Factores de emisión por defecto de N₂O y CH₄ para los vehículos diésel y a gasolina

Los factores de emisión que se utilizaron por tipo de Vehículo, Tipo de Combustible, Tecnología Vehicular, que se utilizaron son los siguientes:

Factores de emisión que se utilizaron por tipo de Vehículo, Tipo de Combustible, Tecnología Vehicular

Emisiones de CO ₂	Factor de Emisión (kg/Tj)		
	Gasolina	Gas LP	Gas Natural
Autos particulares (tipo sedán)	69300	63100	56100
Camioneta de transporte público de pasajeros	69300	63100	56100
Motocicletas	69300	63100	56100
Pick Up	69300	63100	56100
Taxis	69300	63100	56100
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	69300	63100	56100
Tractocamiones	69300	63100	56100
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	69300	63100	56100
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas (microbús)	69300	63100	56100

Emisiones de CO ₂	Factor de Emisión (kg/Tj)
	Diésel
Autobús escolar a diésel	74100
Autobuses de transporte urbano e inter-urbano a diésel	74100
Autos particulares (tipo sedán)	74100
Camioneta de transporte público de pasajeros	74100
Motocicletas	74100
Pick_up	74100
Taxis	74100
Tractocamiones	74100
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)_DIESEL	74100
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas_DIESEL	74100
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas (microbús)	74100

Emisiones de CH ₄	Gasolina (mg/km)			
	93 y posteriores	199 2	1990 y 1991	1989 y anteriores
Autos particulares (tipo sedán)	7	39	82	101
Camioneta de transporte público de pasajeros	15	121	111	263
Motocicletas				
Pick Up	15	121	111	263
Taxis	7	39	82	101
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	15	121	111	263
Tractocamiones	21	55	88	52

Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	21	55	88	52
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas (microbús)	21	55	88	52

Emisiones de N ₂ O	Gasolina (mg/km)			
	93 y posteriores	199 2	1990 y 1991	1989 y anteriores
Autos particulares (tipo sedán)	9	26	20	9
Camioneta de transporte público de pasajeros	52	88	55	21
Motocicletas				
Pick Up	52	88	55	21
Taxis	9	26	20	9
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	52	88	55	21
Tractocamiones*	263	111	121	15
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	263	111	121	15
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas (microbús)	263	111	121	15

*Los factores de emisión de tractocamiones son los mismos que para vehículos mayores de tres toneladas dado que no existe esta categoría con factores de emisión, se considera que son factores medios, ya que se sabe que después de los 3857 kilogramos se realiza otro tipo de prueba.

Diésel	Factor de Emisión de CH ₄ (kg/Tj)	Factor de Emisión de N ₂ O (kg/Tj)
Autobús escolar a diésel	3.9	3.9
Autobuses de transporte urbano e inter-urbano a diésel	3.9	3.9
Autos particulares (tipo sedán)	3.9	3.9
Camioneta de transporte público de pasajeros	3.9	3.9
Motocicletas		
Pick_up	3.9	3.9
Taxis	3.9	3.9
Tractocamiones	3.9	3.9
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)_DIESEL	3.9	3.9
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas_DIESEL	3.9	3.9
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas (microbús)	3.9	3.9

Gas LP	Factor de Emisión de CH ₄ (kg/Tj)	Factor de Emisión de N ₂ O (kg/Tj)
Autos particulares (tipo sedán)	62	0.2

Camioneta de transporte público de pasajeros	62	0.2
Motocicletas	62	0.2
Pick Up	62	0.2
Taxis	62	0.2
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	62	0.2
Tractocamiones	62	0.2
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	62	0.2
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas (microbús)	62	0.2

Gas Natural	Factor de Emisión de CH₄ (kg/Tj)	Factor de Emisión de N₂O (kg/Tj)
Autos particulares (tipo sedán)	92	3
Camioneta de transporte público de pasajeros	92	3
Motocicletas	92	3
Pick Up	92	3
Taxis	92	3
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	92	3
Tractocamiones	92	3
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	92	3
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas (microbús)	92	3

SECTOR AGRICULTURA, GANADERÍA, SILVICULTURA Y CAMBIO DE USO DE SUELO

Estimación emisiones de Ganadería

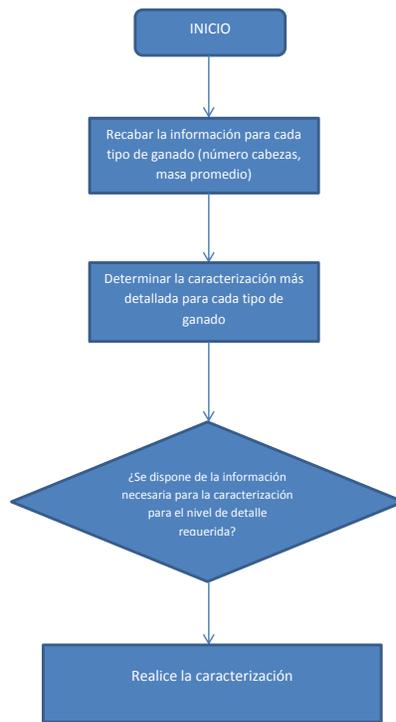
En esta categoría se estiman las emisiones de CH₄ producto de la fermentación entérica y el manejo del estiércol así como las emisiones directas de N₂O de los sistemas de manejo de estiércol. El procedimiento de cálculo desarrollado comprende cuatro etapas:

1. Establecer la intensidad de la actividad mediante datos estadísticos de SIAP o INEGI

Población ganadera total de la entidad

	Tipo de ganado	Número de animales vivos
AVES DE CORRAL	GALLO & GALLINA	79,540
	GUAJOLOTES	95
	PATOS	608
	POLLITOS	529,249
	POLLO DE ENGORDA	370,845
BOVINO	ENGORDA	85,296
	LECHERO	13,170
	OTRO BOVINO	55,776
OTROS	CABALLOS	5,449
	CABRAS	13,382
	CERDOS	49,012
	MULAS Y ASNOS	2,318
	OVEJAS	3,813
Total		1,208,553

ÁRBOL DE DECISION PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN GANADERA



Caracterización de población ganadera

Para el cálculo de la emisión de N₂O además se requiere la siguiente información:

Los datos de masa promedio por tipo de ganado fueron tomados del Censo Agropecuario 2005 del INEGI y los valores del Rango de excreción son correspondientes a los valores estatales, y valores por defecto IPCC 2006

Características promedio de la población ganadera del estado

	Masa promedio por animal (Kg)	Rango de excreción por 1000 kg masa por día (Kg)
AVES DE CORRAL-PATOS	2.7	0.83
AVES DE CORRAL-GUAJOLOTES	6.8	0.74
AVES DE CORRAL-POLLO DE ENGORDA	0.9	1.1
AVES DE CORRAL-GALLO & GALLINA	1.8	0.82
AVES DE CORRAL-POLLITOS	0.9	0.6
BOVINO-LECHERO	223	0.48
BOVINO-ENGORDA	305	0.36
OTRO BOVINO	223	0.36
OVEJAS	16	1.17
CABRAS	38.5	1.37
CABALLOS	377	0.46
MULAS Y ASNOS	130	0.46
CERDOS	75	1.57

Sistema de gestión de estiércol por tipo de ganado en %

Tipo de ganado	Sistema de Gestión de Estiércol					
	Fracción de sistema de gestión %					
	Pastos y praderas	Distribución diaria	Almacenaje de Sólidos y Secado	Líquido/fango	Lagunas Anaeróbicas descubiertas	Otras
BOVINO-LECHERO	0.36	0.62	0.01	0.01	0	0
BOVINO-ENGORDA	0.99	0	0	0	0	0.01
OTRO BOVINO	0.99	0	0	0	0	0.01
OVEJAS	1	0	0	0	0	0
CABRAS	0.99	0	0	0	0	0.01
CABALLOS	0.99	0	0	0	0	0.01
MULAS Y ASNOS	0.99	0	0	0	0	0.01
CERDOS	0	0.02	0.51	0.08	0	0.4
AVES DE CORRAL-PATOS	0.42	0	0	0.09	0	0.49
AVES DE CORRAL-GUAJOLOTES	0.42	0	0	0.09	0	0.49
AVES DE CORRAL-POLLO DE ENGORDA	0.42	0	0	0.09	0	0.49
AVES DE CORRAL-GALLO_GALLINA	0.42	0	0	0.09	0	0.49
AVES DE CORRAL-POLLITOS	0.42	0	0	0.09	0	0.49

Datos tomados del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2009, Parte 4; Sector Agricultura

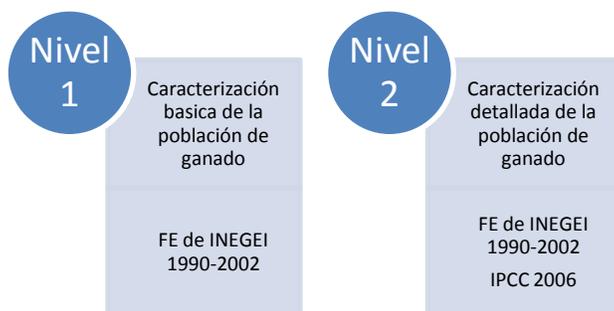
Fracción de pérdida de Nitrógeno por sistema de gestión y tipo de ganado

Tipo de ganado	Fracción de pérdida de N [%]					
	Pastos y praderas	Distribución diaria	Almacenaje de Sólidos y Secado	Líquido/fango	Lagunas Anaeróbicas descubiertas	Otras
BOVINO-LECHERO	70	70	70	70	70	70
BOVINO-ENGORDA	40	40	40	40	40	40
OTRO BOVINO	40	40	40	40	40	40
OVEJAS	12	12	12	12	12	12
CABRAS	40	40	40	40	40	40
CABALLOS	40	40	40	40	40	40
MULAS Y ASNOS	40	40	40	40	40	40
CERDOS	16	16	16	16	16	16
AVES DE CORRAL-PATOS	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
AVES DE CORRAL-GUAJOLOTES	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
AVES DE CORRAL-POLLO DE ENGORDA	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
AVES DE CORRAL-GALLO_GALLINA	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
AVES DE CORRAL-POLLITOS	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

Datos tomados del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2009, Parte 4; Sector Agricultura

2. Establecer el nivel de análisis de cálculo de emisiones.

De acuerdo con el manual de buenas prácticas la información requerida por cada nivel de cálculo se muestra en el siguiente diagrama:



Información requerida para el cálculo por nivel para CH4

En este caso se cuenta con información detallada de la población de ganado así como datos que permiten caracterizar su ciclo de vida, por lo cual se utilizara el nivel 2.

3. Determinar los factores de emisión.

Se consultó el *Inventario Nacional de Gases de Efecto invernadero 2009; Parte 4: Sector Agrícola* así como el documento *Obtención de los Factores de Emisión Nacionales en el sector agrícola* para disminuir incertidumbre en el inventario de gases de efecto invernadero, de los cuales se desprende la siguiente tabla con los FE utilizados:

Factores de emisión de CH₄ por categoría y tipo de ganado

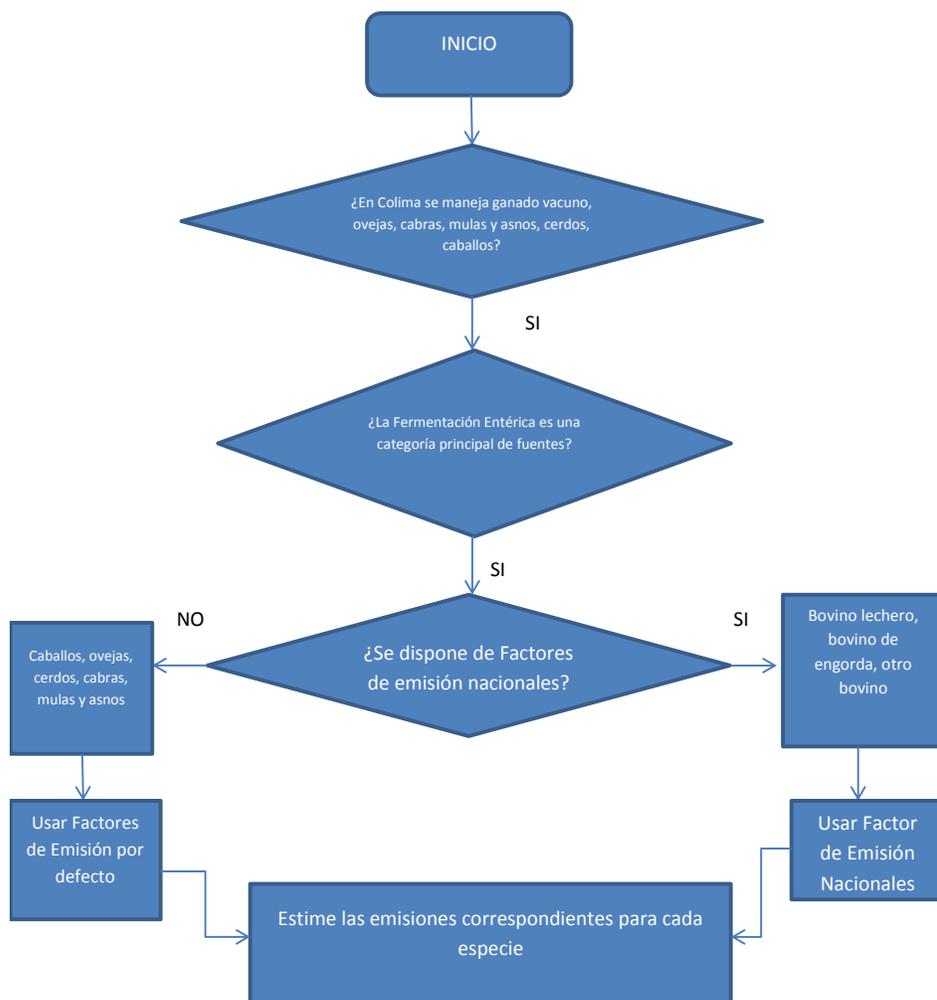
Tipo de Ganado		FE (kg/cabeza al año)	
		Fermentación entérica	Manejo de estiércol
AVES DE CORRAL	GALLO & GALLINA		0.0159
	GUAJOLOTES		0.0159
	PATOS		0.0159
	POLLITOS		0.0159
	POLLO DE ENGORDA		0.0159
BOVINO	ENGORDA	47.4	1.07
	LECHERO	104.353	0.694
	OTRO BOVINO	47.409	1.07
OTROS	CABALLOS	18	1.803
	CABRAS	5	0.1492
	CERDOS	1	0.6944
	MULAS Y ASNOS	10	0.986
	OVEJAS	5	0.139

4. Efectuar el cálculo de la emisión neta

Para metano, en el caso de fermentación entérica no se consideran aves de corral mientras que si se estima para el caso de manejo de estiércol.

1. Para la estimación de CH₄

ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LAS EMISIONES DE CH4 RESULTANTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA.



Método de estimación de Fermentación entérica

$$Emisión = Población ganadera por tipo \times Factor de emisión por tipo de ganado$$

Para fermentación entérica y manejo de estiércol

	Tipo de Ganado	Número de animales vivos	CH ₄ FE (kg/cabeza al año)	Emisión total fermentación entérica CH ₄ ton/año
BOVINO	ENGORDA	85,296	47.4	4,044
	LECHERO	13,170	104.353	1,374
	OTRO BOVINO	55,776	47.409	2,644
OTROS	CABALLOS	5,449	18	98
	CABRAS	13,382	5	67
	CERDOS	49,012	1	49
	MULAS Y ASNOS	2,318	10	23
	OVEJAS	3,813	5	19
Total		228,216		8,319

		Número de animales vivos	CH ₄ FE (kg/cabeza al año)	Manejo de estiércol CH ₄ ton/año
AVES DE CORRAL	GALLO & GALLINA	79,540	0.0159	1.3
	GUAJOLOTES	95	0.0159	0.0
	PATOS	608	0.0159	0.0
	POLLITOS	529,249	0.0159	8.4
	POLLO DE ENGORDA	370,845	0.0159	5.9
BOVINO	ENGORDA	85,296	1.07	91.3
	LECHERO	13,170	0.694	9.1
	OTRO BOVINO	55,776	1.07	59.7
OTROS	CABALLOS	5,449	1.803	9.8
	CABRAS	13,382	0.1492	2.0
	CERDOS	49,012	0.6944	34.0
	MULAS Y ASNOS	2,318	0.986	2.3
	OVEJAS	3,813	0.139	0.5
Total		1,208,553		224
Total Fermentación entérica + Manejo de estiércol				8,543 ton/año

2. Para la estimación de N₂O

Se consideró una temperatura promedio de 26°C como factor climático para la selección de los datos por defecto de IPCC. Inicialmente se determinó el promedio de nitrógeno excretado por cada subcategoría de ganado al año con la siguiente ecuación

Rango Excrecion por animal por año = (Masa típica /1000) X Rango de excreción por masa por día X 365

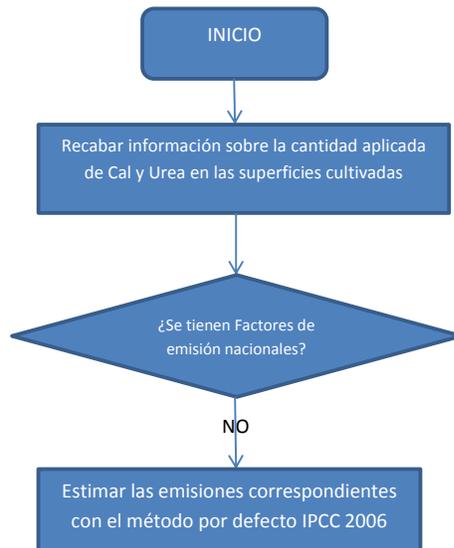
La obtención del producto entre el total del nitrógeno excretado por el factor de emisión de cada sistema de manejo, se realiza utilizando la siguiente ecuación

Emision = (Numero de animales × Rango de excrecion × % desistema de manejo × %de perdida de N por sistema)/1000

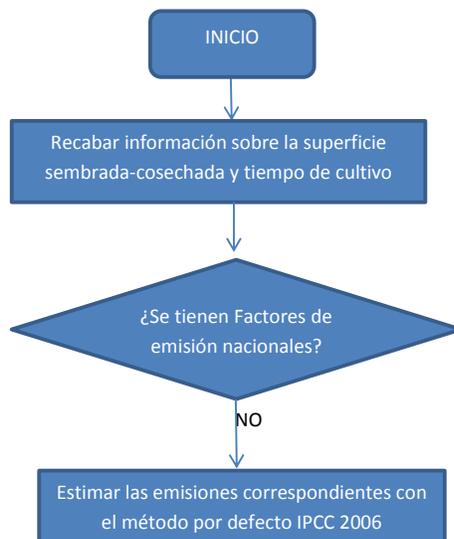
Resultado de la estimación de N2O por sistema de manejo de estiércol

Tipo de ganado		Número de animales	Emisiones N ₂ O (Ton /año)
AVES DE CORRAL	GALLO_GALLINA	81,099	3.26
	GUAJOLOTES	95	1.14
	PATOS	608	879.13
	POLLITOS	529,249	286.63
	POLLO DE ENGORDA	370,845	684.35
BOVINO	BOVINO-ENGORDA	85,296	872.77
	BOVINO-LECHERO	13,170	31,908.40
	OTRO BOVINO	55,776	15,241.15
OTROS	CABRAS	13,382	2,404.79
	CERDOS	49,012	3,219.51
	MULAS Y ASNOS	2,318	472.27
	CABALLO	5,449	3,219.51
	OVEJAS	3,813	360.28
Total		1,210,112	56,333.68
Total		= 56.33 Gg/ año N₂O	

Estimación emisiones de Fuentes agregadas y fuentes de emisiones No CO₂ (Agricultura)
ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LAS EMISIONES PRODUCIDAS POR ENCALADO Y APLICACIÓN DE UREA



ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LAS EMISIONES PRODUCIDAS POR CULTIVO DE ARROZ



Diagramas de procedimientos de estimación

Cultivo de arroz

1. Establecer la intensidad de la actividad mediante datos estadísticos de SIAP

Superficie cosechada de arroz por municipio

MUNICIPIO	Superficie sembrada (ha)	Superficie anual cosechada (ha/año)	Periodo de cultivo (días)
Armería			
Colima	313	313	123
Cómala			
Coquimatlán	763	763	123
Cuauhtémoc	1294	1294	123
Ixtlahuacán			
Manzanillo	56	56	123
Minatitlán			
Tecomán	1119	1119	244
Villa de Álvarez			

2. Establecer el nivel de análisis de cálculo de emisiones.

Los datos de actividad son específicos para cada municipio, fueron tomados de la página web del SIAP para el estado de Colima para el año 2005. Los factores de emisión y otros necesarios para el cálculo son factores por defecto de IPCC. Por lo que se utilizara el nivel 1 de la metodología.

3. Determinar los factores de emisión.

Se utilizaron los factores de emisión por defecto de IPCC, no se consideró la aplicación de fertilizantes orgánicos por no tener datos recopilados al respecto, con lo que la cantidad de materia orgánica disponible es menor, debido a lo cual el Factor de ajuste para ambos tipos y cantidad de abono orgánico aplicado y de Factor Ajustado de emisión diaria de una determinada zona cosechada se estiman en 1

Factor de emisión utilizado y otros factores

Factor de emisión CH ₄ (Kg CH ₄ /ha)	Factor de ajuste por defecto de la emisión de CH ₄ para regímenes hídricos durante el periodo de cultivo	Factor de ajuste por defecto de la emisión de CH ₄ para regímenes hídricos previo al periodo de cultivo
Cuadro 5.11	Cuadro 5.12	Cuadro 5.13
1.3	0.78	1.22

4. Efectuar el cálculo de la emisión neta

El cálculo de la emisión se realiza utilizando la siguiente ecuación

$$Emision = Superficie\ anual\ cosechada \times Periodo\ de\ cultivo \times Factor\ Ajustado\ de\ emisi3n\ diaria$$

Calculo de la emisi3n neta

MUNICIPIO	Superficie anual cosechada (ha/año)	Factor Ajustado de emisi3n diaria de una determinada zona cosechada	Emisi3n Anual CH ₄ para Cultivos de Arroz (Ton /año)
Armería			
Colima	313	1	48
C3mala			
Coquimatlán	763	1	116
Cuauhtémoc	1294	1	197
Ixtlahuacán			
Manzanillo	56	1	9
Minatitlán			
Tecomán	1119	1	338
Villa de Álvarez			
Total	3,544.5		706.8

Encalado

1. Establecer la intensidad de la actividad mediante datos estadísticos de SIAP

Se verifico la base de datos de costos de producción desarrollada por el SIAP, de acuerdo con la cual para el estado de Colima se tienen registros de la aplicación de Cal en el cultivo de Caña de azúcar para el año 2005.

Datos sobre aplicación de Cal de SISPRO

Entidad	Colima
Clave SISPRO	93
Cultivo	Caña de azúcar
Ciclo	PRN
Año	2005
Concepto	Aplicación de Cal
Participación	100.00% de la superficie
Cantidad	1000
Medida	Kg/Ha

SAGARPA-SIAP. (2009). Seguimientos de costos de producción pecuaria y agrícola por sistema - producto 2005.

Superficie cosechada de caña de azúcar y cantidad aplicada al año

MUNICIPIO	Cultivo	Superficie Cosechada (ha)	Cantidad de Cal Aplicada ton/Ha	Cantidad de Cal aplicada al año total ton/año
Armería	CAÑA_DE_AZUCAR		1	
Colima	CAÑA_DE_AZUCAR	1,978	1	1978
Cómala	CAÑA_DE_AZUCAR	360	1	360
Coquimatlán	CAÑA_DE_AZUCAR	410	1	410
Cuauhtémoc	CAÑA_DE_AZUCAR	5,245	1	5,245
Ixtlahuacán			1	
Manzanillo			1	
Minatitlán	CAÑA_DE_AZUCAR	78.72	1	78.72
Tecomán			1	
Villa de Álvarez	CAÑA_DE_AZUCAR	706	1	706
Total				8777.72

2. Establecer el nivel de análisis de cálculo de emisiones.

Se cuenta con datos de cantidad aplicada al año para caña de azúcar sin embargo no se tienen factores de emisión locales, por lo que se utilizara el factor de emisión por defecto de IPCC de contenido de Carbón por tonelada de Carbonato de Calcio

3. Determinar los factores de emisión.

Factor de emisión (ton de C/ton de Cal en piedra)
0.12

Considerando el peso molecular del CO₂ se tiene la siguiente relación

$$44 \text{ peso del CO}_2 / 12 \text{ peso del C}$$

4. Efectuar el cálculo de la emisión neta

El cálculo de la emisión se realiza utilizando la siguiente ecuación

$$\text{Emisión} = \text{cantidad de Cal piedra} * FE * \frac{44}{12}$$

Calculo de la emisión neta

MUNICIPIO	Cultivo	Tipo de aplicación	Cantidad en ton/año	FE ton C/ ton cal piedra	Emisiones anuales de C ton/año	Emisiones anuales de CO ₂ ton/año
Armería			0	0.12	0	0
Colima	CAÑA_DE_AZUCAR	Cal en piedra	1978	0.12	237	870
Cómala	CAÑA_DE_AZUCAR	Cal en piedra	360	0.12	43	158
Coquimatlán	CAÑA_DE_AZUCAR	Cal en piedra	410	0.12	49	180
Cuahtémoc	CAÑA_DE_AZUCAR	Cal en piedra	5,245	0.12	629	2308
Ixtlahuacán		Cal en piedra	0	0.12	0	0
Manzanillo		Cal en piedra	0	0.12	0	0
Minatitlán	CAÑA_DE_AZUCAR	Cal en piedra	78.72	0.12	9	35
Tecomán		Cal en piedra	0	0.12	0	0
Villa de Álvarez	CAÑA_DE_AZUCAR	Cal en piedra	706	0.12	85	311
Total						3,862

Aplicación de fertilizantes

Se cuantificaron las emisiones de tres tipos de fertilización:

- Urea
- Estiércol
- Aplicación de fertilizantes

1. Establecer la intensidad de la actividad mediante datos estadísticos de SIAP

Para el caso de Urea únicamente se consideró la siembra del arroz, pues la base de datos de costos de producción para Colima indica que es el cultivo sobre el que se lleva a cabo la adición del mismo

Datos sobre aplicación de Urea de SISPRO

Entidad	Colima
Clave SISPRO	5
Cultivo	Arroz
Ciclo	PV
Año	2005
Concepto	Aplicación de UREA
Participación	100.00% de la superficie
Cantidad	300
Medida	Kg/Ha

SAGARPA-SIAP. (2009). Seguimientos de costos de producción pecuaria y agrícola por sistema - producto 2005.

Superficie sembrada y cantidad de Urea aplicada al año

	SUPERFICE SEMBRADA (ha)	UREA APLICADA (Kg/AÑO)	UREA APLICADA (ton/año)
Armería		0	0
Colima	313	93750	93.75
Cómalala		0	0
Coahuatlán	763	228900	228.9
Cuahtémoc	1294	388200	388.2
Ixtlahuacán		0	0
Manzanillo	56	16800	16.8
Minatitlán		0	0
Tecomán	1119	335700	335.7
Villa de Álvarez		0	0

2. Establecer el nivel de análisis de cálculo de emisiones.

Se cuenta con datos de cantidad aplicada al año para el cultivo de arroz sin embargo no se tienen factores de emisión locales, por lo que se utilizara el factor de emisión por defecto de IPCC.

3. Determinar los factores de emisión.

Factor de emisión (ton de C/ton urea)
0.2

Considerando el peso molecular del CO₂ se tiene la siguiente relación

$$44 \text{ peso del CO}_2 / 12 \text{ peso del C}$$

4. Efectuar el cálculo de la emisión neta

El cálculo de la emisión se realiza utilizando la siguiente ecuación

$$Emisión = cantidad \text{ de UREA} * FE * \frac{44}{12}$$

Calculo de la emisión neta

MUNICIPIO	Cultivo	Cantidad de Urea aplica al año Ton/año	FE Ton C/Ton Urea	Emisión de C al año Ton/año	Emisión de CO ₂ al año Ton/año
Armería		0	0.2	0	0
Colima	ARROZ	93.75	0.2	19	69
Cómala		0	0.2	0	0
Coquimatlán	ARROZ	228.9	0.2	46	168
Cuahtémoc	ARROZ	388.2	0.2	78	285
Ixtlahuacán		0	0.2	0	0
Manzanillo	ARROZ	16.8	0.2	3	12
Minatitlán		0	0.2	0	0
Tecomán	ARROZ	335.7	0.2	67	246
Villa de Álvarez		0	0.2	0	0
Total					780

Emisiones por aplicación de estiércol como fertilizante

Para esta categoría el dato de actividad es el mismo que para las emisiones por manejo de estiércol, por lo cual únicamente se mostraran los factores de emisión y el procedimiento de cálculo

1. Determinar los factores de emisión.

Tipo de Ganado	Factor de emisión para las emisiones de N ₂ O por deposición de nitrógeno en los suelos y superficies de agua
Bovino Lechero, cerdos y aves	0.02
Ovejas y otro animal de pastoreo	0.01

Valor sugerido por Defecto por las Directrices del IPCC 2006

Fracción de nitrógeno Gestionado estiércol que se volatiliza (-)

Ganado	Pastos y praderas	Distribución diaria	Almacenaje de Sólidos y Secado	Líquido/fango	Lagunas Anaeróbicas descubiertas	Otras
BOVINO-LECHERO		0.07	0.30	0.40	0.35	
BOVINO-ENGORDA			0.45			
OTRO BOVINO			0.45			
OVEJAS			0.12			
CABRAS			0.12			
CABALLOS			0.12			
MULAS Y ASNOS			0.12			
CERDOS			0.45	0.48	0.4	
AVES DE CORRAL-PATOS					0.4	
AVES DE CORRAL-GUAJOLOTES					0.4	
AVES DE CORRAL-POLLO DE ENGORDA					0.4	
AVES DE CORRAL-GALLO_GALLINA					0.4	
AVES DE CORRAL-POLLITOS					0.4	

Valor sugerido por Defecto por las Directrices del IPCC 2006

2. Efectuar el cálculo de la emisión neta

El cálculo de la emisión se realiza utilizando la siguiente ecuación

$$Emisión = N_{volatilization} * FE * \frac{44}{28}$$

En donde

$N_{volatilization}$ es la cantidad de nitrógeno del estiércol perdido debido a la volatilización de NH₃ y NO_x (kg N / año)

Emisiones indirectas de N₂O para volatilización debido al manejo de estiércol (Ton /año)

MUNICIPIO	Pastos y praderas	Distribución diaria	Almacenaje de Sólidos y Secado	Líquido/fango	Lagunas Anaeróbicas descubiertas	Otras
BOVINO-LECHERO	0.000	0.009	0.001	0.001	0.000	0.000
BOVINO-ENGORDA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OTRO BOVINO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OVEJAS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CABRAS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CABALLOS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MULAS Y ASNOS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CERDOS	0.000	0.000	0.152	0.025	0.000	0.000
AVES DE CORRAL-PATOS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AVES DE CORRAL-GUAJOLOTE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AVES DE CORRAL POLLOS DE ENGORDA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AVES DE CORRAL GALLO-GALLINA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AVES DE CORRAL POLLITOS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTAL	0.000	0.009	0.152	0.026	0.000	0.000

Emissiones indirectas de N₂O por la aplicación de fertilizantes

1. Establecer la intensidad de la actividad mediante datos estadísticos

La cantidad de fertilizantes aplicados en la entidad fue obtenido de los valores de arroz y caña de azúcar de la base de datos de costos de producción para el estado de Colima para el 2005 y con datos del SIAP sobre superficie de siembra de ambos cultivos

Cantidad de fertilizante aplicado por municipio

Cantidad de fertilizante sintético aplicado al año ton/año	
Armería	
Colima	2009.875
Cómala	360
Coquimatlán	490.826
Cuauhtémoc	5503.488
Ixtlahuacán	
Manzanillo	5.712
Minatitlán	78.72
Tecomán	114.138
Villa de Álvarez	706

2. Determinar los factores de emisión.

Se utilizan factores de emisión por defecto de IPCC2006

Fracción de N que se volatiliza en el Fertilizante sintético	Fracción de N que se volatiliza en el Fertilizante orgánico	Factor de emisión de N ₂ O de depósito atmosférico de N
Frac (GASF)	Frac (GASM)	
0.1	0.2	0.1

3. Efectuar el cálculo de la emisión neta

El cálculo de la emisión se realiza mediante la siguiente ecuación

$$Emisión = (Cantidad\ de\ ferrtilizante\ sintetico \times GASF) + (antidad\ de\ ferrtilizante\ sintetico \times GASFM) * FE$$

Quema de biomasa

Con el propósito de evitar una doble contabilidad, en el caso de los residuos agrícolas únicamente se contabilizaron los residuos quemados en campo, ya que los utilizados como fuente de energía se incluyen la sección de energía. Siguiendo el procedimiento antes establecido para el cálculo se tienen los siguientes pasos:

1. Establecer la intensidad de la actividad mediante datos estadísticos de SIAP, INEGI o CONAFOR según corresponda

Para *Residuos agrícolas* se consideró únicamente el cultivo de caña de azúcar, es posible que para otros cultivos como maíz, trigo, sorgo se lleven a cabo quemados de residuos sin embargo para el estado de Colima no se tienen datos que permitan identificar este tipo de actividades. Se obtuvieron datos anuales por municipio del SIAP.

Información sobre siembra/cosecha de caña de azúcar

MUNICIPIO	USO DE SUELO INICIAL	Cultivo	Superficie Cosechada (ha)	Producción	Rendimiento	Rendimiento	Residuos (Ton)
				Ton	(Ton/ha)	Ton	
Armería	Tierra de cultivo						
Colima	Tierra de cultivo	CAÑA_DE_AZUCAR	1,978	174,239	88	174,239	27,878
Cómala	Tierra de cultivo	CAÑA_DE_AZUCAR	360	28,106	78	28,106	4,497
Coquimatlán	Tierra de cultivo	CAÑA_DE_AZUCAR	410	31,084	76	31,084	4,973
Cuahtémoc	Tierra de cultivo	CAÑA_DE_AZUCAR	5,245	409,110	78	409,110	65,458
Ixtlahuacán	Tierra de cultivo						
Manzanillo	Tierra de cultivo						
Minatitlán	Tierra de cultivo	CAÑA_DE_AZUCAR	79	2,362	30	2,362	378
Tecomán	Tierra de cultivo						
Villa de Álvarez	Tierra de cultivo	CAÑA_DE_AZUCAR	706	53,184	75	53,184	8,509
TOTAL			8,778	698,084	425	698,084	111,693

Para Quema de pastizales e Incendios forestales se utilizó información anual publicada por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para el estado de Colima en el caso de los pastizales y a nivel municipal para el caso de áreas forestales.

MUNICIPIO	CATEGORIA USO DE SUELO		Superficie (Ha)	Superficie Quemada (ha)
	USO DE SUELO INICIAL	USO DE SUELO DURANTE EL AÑO DE REPORTE		
Armería	Tierra Forestal	Tierra Forestal	114	20.00
Colima	Tierra Forestal	Tierra Forestal	320	0.00
Cómala	Tierra Forestal	Tierra Forestal	123	
Coquimatlán	Tierra Forestal	Tierra Forestal	372	277.50
Cuahtémoc	Tierra Forestal	Tierra Forestal	53	2.50
Ixtlahuacán	Tierra Forestal	Tierra Forestal	258	0.5
Manzanillo	Tierra Forestal	Tierra Forestal	792	682
Minatitlán	Tierra Forestal	Tierra Forestal	329	77
Tecomán	Tierra Forestal	Tierra Forestal	363	1
Villa de Álvarez	Tierra Forestal	Tierra Forestal	146	139
TOTAL			2870	1200
Colima total estatal	Pastizales	Pastizales	66019	1,175

2. Establecer el nivel de análisis de cálculo de emisiones.

Los datos de actividad corresponden a cada municipio y al estado, sin embargo no se cuenta con factores de emisión nacionales para quemas agrícolas o incendios forestales, ni con información sobre cargas de combustible y otros factores característicos de la vegetación requeridos para el cálculo, por lo cual se utilizan los de IPCC por defecto, para el Nivel 1

3. Determinar los factores de emisión.

Se consultó el *Inventario Nacional de Gases de Efecto invernadero 2009; Parte 4: Sector Agrícola* y el manual de IPCC de los cuales se desprende las siguientes tablas con los FE utilizados:

Factores utilizados para el cálculo de quema de residuos agrícolas

Factor de combustión	Factor de emisión (Kg GHG/ Ton de materia seca quemada))				
Cuadro 2.6	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x
	0.8	1,515	92	3	0.07
Tabla 2.5					2.5

Para quema de pastizales e incendios forestales

Tipo de uso de suelo	Valores de Consumo de Combustible (ton/ha)	Factor de combustión	Factor de emisión (Kg GHG/ Ton de materia seca quemada))				
			CH ₄	CO ₂	CO	N ₂ O	NO _x
	Cuadro 2.4	Cuadro 2.6 1	Cuadro 2.5				
Tierra forestal	160.4	0.5	6.8	1580	104	0.2	1.6
Pastizal	5.2	0.92	2.3	1,613	65	0.21	3.9

4. Efectuar el cálculo de la emisión neta

Para quema de Residuos agrícolas la emisión se calcula con la siguiente ecuación

$$Emision = Cantidad\ de\ residuos \times factor\ de\ combustion \times FE$$

MUNICIPIO	Residuos (Ton)	Factor de combustión	Factor de emisión (Kg GHG/ Ton de materia seca quemada))					Emisiones por fuego (ton/año)				
			CO ₂	CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x
Armería		0.8	1,515	92	3	0.07	2.5	0	0	0	0	0
Colima	27,878	0.8	1,515	92	3	0.07	2.5	33,788	2,052	60	2	56
Cómala	4,497	0.8	1,515	92	3	0.07	2.5	5,450	331	10	0	9
Coquimatlán	4,973	0.8	1,515	92	3	0.07	2.5	6,028	366	11	0	10
Cuahtémoc	65,458	0.8	1,515	92	3	0.07	2.5	79,335	4,818	141	4	131
Ixtlahuacán		0.8	1,515	92	3	0.07	2.5	0	0	0	0	0
Manzanillo		0.8	1,515	92	3	0.07	2.5	0	0	0	0	0
Minatitlán	378	0.8	1,515	92	3	0.07	2.5	458	28	1	0	1
Tecomán		0.8	1,515	92	3	0.07	2.5	0	0	0	0	0
Villa de Álvarez	8,509	0.8	1,515	92	3	0.07	2.5	10,313	626	18	0	17
Total								135,373	8,221	241	6	223

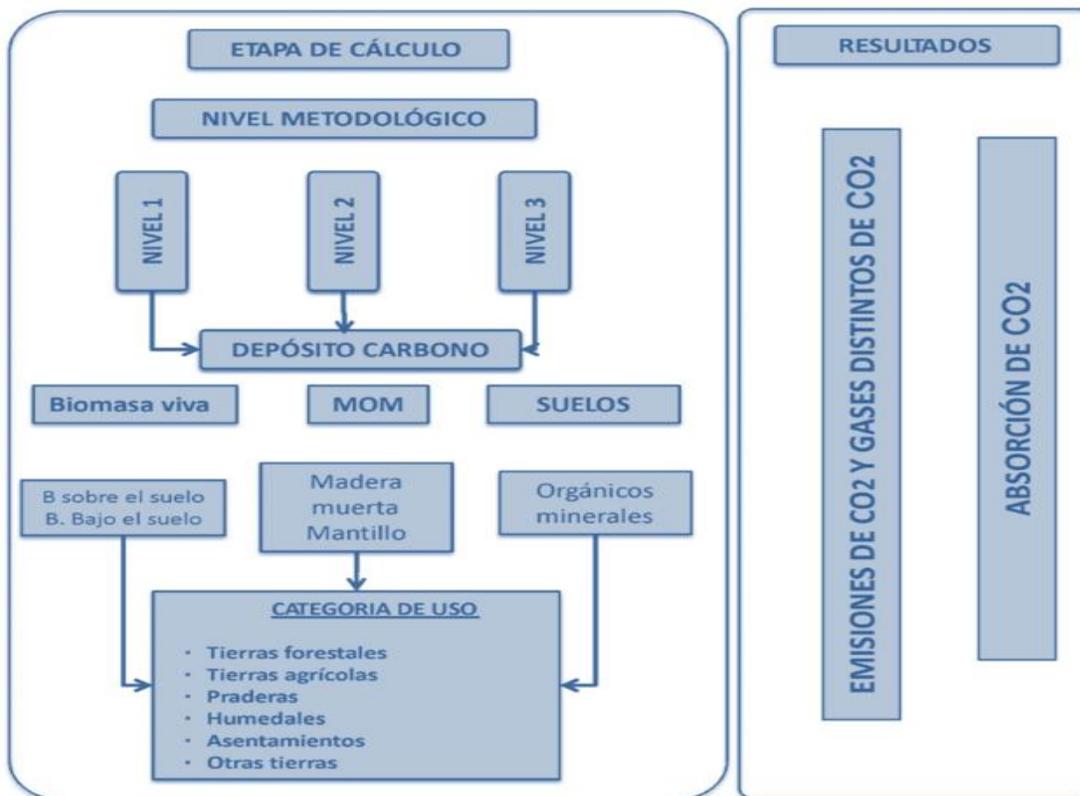
Para la quema de pastizales e incendios forestales la emisión se calcula con la siguiente ecuación

$$Emision = Valores\ de\ Consumo\ de\ Combustible \times factor\ de\ combustion \times FE$$

	MUNICIPIO	Superficie Quemada (ha)	Valores de Consumo de Combustible (ton/ha)	Factor de combustión	Factor de emisión (Kg GHG/ Ton de materia seca quemada))					Emisiones por fuego (ton/año)				
					CH ₄	CO ₂	CO	N ₂ O	NO _x	CH ₄	CO ₂	CO	N ₂ O	NO _x
Tierra forestal	Armería	20.00	160.4	0.5	6.8	1580	104	0.2	1.6	11	2,534	167	0.32	3
	Colima		160.4	0.5	6.8	1580	104	0.2	1.6					
	Cómala		160.4	0.5	6.8	1580	104	0.2	1.6					
	Coquimatlán	277.50	160.4	0.5	6.8	1580	104	0.2	1.6	151	35,164	2,315	4	36
	Cuauhtémoc	2.50	160.4	0.5	6.8	1580	104	0.2	1.6	1	317	21	0.04	0.32
	Ixtlahuacán	0.5	160.4	0.5	6.8	1580	104	0.2	1.6	0.27	63	4	0.01	0.06
	Manzanillo	682	160.4	0.5	6.8	1580	104	0.2	1.6	372	86,420	5,688	11	88
	Minatitlán	77	160.4	0.5	6.8	1580	104	0.2	1.6	42	9,757	642	1	10
	Tecomán	1	160.4	0.5	6.8	1580	104	0.2	1.6	0.55	127	8	0.02	0.13
	Villa de Álvarez	139	160.4	0.5	6.8	1580	104	0.2	1.6	76	17,614	1,159	2	18
	Total estatal									654	151,996	10,005	19	154
Pastizal	Colima estatal	1,175	5.2	0.92	2.3	1,613	65	0.21	3.9	13	9,063	365	1	22

Cambio de Uso de Suelo

El procedimiento general para la aproximación a esta sección se muestra en la siguiente figura:



Proceso general de estimación de emisiones.

Los conceptos que se incluyen en esta cuantificación son

- Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa.
- Conversión de bosques y praderas.

Para la estimación de emisiones se hizo uso de las hojas de cálculo de IPCC de las cuales se desprenden las siguientes ecuaciones de cálculo, en las cuales se identifica en azul el dato de actividad requerido, los factores de cálculo como crecimiento de biomasa, factores de expansión etc., se utilizarán los por defecto.

Tierras forestales que permanecen como tal

$$\Delta CG = \Delta CG - \Delta CL$$

En donde

$$\Delta CG = \text{Superficie} * GTOTAL * CF$$

En donde GTOTAL es el incremento de biomasa anual sobre el nivel del suelo

$$\Delta CL = L_{\text{wood-removals}} + L_{\text{fuelwood}} + L_{\text{disturbances}}$$

$$L_{\text{wood-removals}} = \text{Cantidad de madera extraída} * BCEFR * (1+R) * CF$$

$$L_{\text{fuelwood}} = \text{Consumo anual de leña} * BCEFR * (1+R) + FG_{\text{part}} * D] * CF$$

$$L_{\text{disturbances}} = \text{Superficie perturbada} * BW * (1+R) * CF * fd$$

1. Dato de actividad

Para obtener la superficie de uso de suelo y vegetación se hizo uso de las series 2, 3 y 4 del Conjunto de datos vectoriales de Uso de suelo y Vegetación del INEGI.

Los resultados por serie y tipo de vegetación desagregados se presentan en la siguiente tabla y en Km², como se observa hay algunos usos de suelo principalmente agrícolas que difieren entre la serie II y IV, esto no implica un cambio de uso de suelo sino un cambio de clasificación.

Uso de suelo por entidad

Clave	Tipo de vegetación	Serie Cartográfica (Km ²)		
		SII	SII	SIV
ADV	Desprovisto de vegetación	4.5	5.4	8.7
AH	Asentamientos humanos	0.0	5.5	48.9
BM	Bosque Mesófilo de Montaña (BM)	9.4	11.9	11.9
BP	Bosque de Pino (BP)	17.5	15.1	15.1
BPQ	Bosque de Pino-Encino (BPQ)	48.6	36.8	36.8
BQ	Bosque de Encino (BQ)	217.2	161.3	161.3
BQP	Bosque de Encino-Pino (BQP)	71.7	65.7	65.7
DV	Sin vegetación aparente	2.2	6.3	6.7
H2O	Cuerpo de agua	83.8	82.2	82.3
IAPF	Agrícola-Pecuaría-Forestal	2148.5	2416.1	0.0
PI	Pastizal inducido (PI)	129.0	41.1	41.7

SBC	Selva Baja Caducifolia (SBC)	506.9	172.9	172.6
SMS	Selva Mediana Subcaducifolia (SMS)	250.9	148.9	149.6
VG	Vegetación de Galería (VG)	34.1	0.0	0.0
VHH	Vegetación Halófila Hidrófila (VHH)	51.9	48.2	46.6
VM	Manglar (VM)	31.7	25.7	25.6
VPI	Vegetación inducida palmar	3.3	1.8	1.8
VSa /BM	Vegetación secundaria de bosque mesofilo montaña arbustiva	4.6	5.1	5.1
VSa /BQ	Vegetación secundaria de encino arbustiva	116.4	184.9	184.7
VSa /BQP	Vegetación secundaria de pino- encino arbustiva	6.5	6.4	6.4
VSa /SBC	Vegetación secundaria de selva baja caducifolia arbustiva	821.0	1119.9	1098.0
VSa /SBK	Vegetación secundaria de selva espinosa arbustiva	0.0	5.3	0.0
VSa /SBS	Vegetación secundaria de selva subcaducifolia arbustiva	15.9	16.9	0.0
VSa /SMS	Vegetación secundaria de selva mediana caducifolia arbustiva	180.9	258.4	275.2
VSa /VM	Vegetación secundaria de Manglar arbustiva	0.0	1.5	10.5
VSA/BM	Vegetación secundaria de bosque mesofilo montaña arbórea	8.3	7.4	7.4
VSA/BP	Vegetación secundaria de pino arbórea	0.0	1.9	1.9
VSA/BPQ	Vegetación secundaria de pino- encino arbórea	3.5	4.1	4.1
VSA/BQ	Vegetación secundaria de encino arbórea	26.1	34.4	34.4
VSA/BQP	Vegetación secundaria de encino pino arbórea	0.0	1.6	1.6
VSA/SBC	Vegetación secundaria de selva baja caducifolia arbórea	437.9	397.4	398.6
VSA/SBK	Vegetación secundaria de selva espinosa arbórea	22.9	8.4	8.4
VSA/SMS	Vegetación secundaria de selva mediana caducifolia arbórea	190.6	178.1	178.0
VSA/VM	Vegetación secundaria de Manglar arbórea	9.5	1.4	1.4
VSI	Vegetación inducida sabanoide	60.5	34.6	34.6
VT	Tular (VT)	3.0	9.0	0.0
VU	Vegetación de Dunas Costeras (VU)	18.1	17.9	16.1
VW	Pradera de alta montaña	8.8	4.8	4.8
ZU	Zona urbana	78.8	80.2	80.2
PC	Pastizal cultivado	0.0	0.0	454.7
RA	Agricultura de riego anual	0.0	0.0	94.0
RAP	Agricultura de riego anual permanente	0.0	0.0	251.0
RAS	Agricultura de riego anual semipermanente	0.0	0.0	11.0
RP	Plantación agrícola permanente	0.0	0.0	119.1
RS	Plantación agrícola riego semipermanente	0.0	0.0	1.9
RSP	Agricultura riego semipermanente	0.0	0.0	573.0
TA	Agricultura temporal	0.0	0.0	469.4
TAP	Agricultura temporal anual	0.0	0.0	58.2
TAS	Agricultura temporal anual semipermanente	0.0	0.0	175.7
TP	Agricultura temporal permanente	0.0	0.0	42.4
TS	Agricultura temporal semipermanente	0.0	0.0	120.3
TSP	Agricultura temporal semipermanente- permanente	0.0	0.0	27.2
		5624.4	5624.4	5624.4

Pese a tener la desagregación del uso de suelo, no se encontraron factores de crecimiento de biomasa, expansión, densidad etc. para todos los usos, así que se decidió la agrupación por grandes grupos de vegetación, como se muestra a continuación, quedando de la siguiente manera (superficie en Km²)

Agrupación por tipo de ecosistema

Tipo de vegetación/ serie cartográfica	1995	2002	2005
FORESTAL NATURAL (FL)	2,956.8	2,842.8	2,816.8
AGRICOLA (CL)	2,148.5	2,416.1	1,943.2
PASTIZAL (GL)	198.3	80.5	535.8
HUMEDALES (W)	41.2	27.1	27
ASENTAMIENTOS (S)	78.8	85.7	129.1
OTRAS TIERRAS (OL)	200.9	170.8	172.7
	5,624.5	5,623	5,624.6

Nota los totales varían por el redondeo de cifras

Se determinaron los cambios en superficie de uso de suelo dependiendo de la serie cartográfica

Cambios entre las series II y III

	FORESTAL NATURAL	FORESTAL PERTURBADO	AGRICOLA	PASTIZAL	HUMEDALES	ASENTAMIENTOS	OTRAS TIERRAS	Total S II
FORESTAL NATURAL	612.6	395.6	114					1122.2
FORESTAL PERTURBADO		1834.6						1834.6
AGRICOLA			2148.5					2148.5
PASTIZAL			117.8	80.5				198.3
HUMEDALES			14.1		27.1			41.2
ASENTAMIENTOS						78.8		78.8
OTRAS TIERRAS			23.2			6.9	170.8	200.9
Total SIII	612.6	2230.2	2417.6	80.5	27.1	85.7	170.8	5624.5

Cambio entre las series III y IV

	FORESTAL NATURAL	FORESTAL PERTURBADO	AGRICOLA	PASTIZAL	HUMEDALES	ASENTAMIENTOS	OTRAS TIERRAS	Total S IV
FORESTAL NATURAL	613							613
FORESTAL PERTURBADO		2203.8						2203.8
AGRICOLA			1943.2					1943.2
PASTIZAL			455.3	80.5				535.8
HUMEDALES					27			27
ASENTAMIENTOS		26.4	17.6			85.7		129.7
OTRAS TIERRAS							170.8	170.8
Total SIII	613	2230.2	2416.1	80.5	27	85.7	170.8	5623.3

Con la información anterior se elaboró una tabla que permite identificar la superficie de tierra que permaneció sin cambio y los cambios entre tipos de vegetación. Las superficies de cambio principales totalizadas por tipo de uso de suelo y la tasa de cambio anual que se estimó dividiendo la superficie que presentó cambios entre el número de años del periodo, los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Superficies con o sin cambio de suelo

		Superficies km ²				Tasa de cambio ha/año	
		1993-2002		2002- 2005		1993-2002	2002- 2005
PERMANECEN SIN CAMBIO	FL	FL		2842.8		2816.8	
	CL	CL		2148.5		1943.2	
	GL	GL		80.5		80.5	
CAMBIO	FL	CL		114		0	12.7
	FL	GL		0		0	0.0
	CL	FL		0		0	0.0
	CL	GL		0	455.3	0	151.77
	GL	FL		0	0	0	0.0
	GL	CL		117.8	0	0	13.1
				5303.6	5295.8		

Además de la superficie de cambio se requiere conocer la cantidad de madera extraída, la cual se determinó como volumen de madera en rollo extraída con datos de los anuarios forestales de CONAFOR, únicamente de los años 1995 a 2005, debido a que los anteriores no están disponibles. Para estimar la cantidad de biomasa incrementada se requieren los Factores de expansión y de densidad de la madera los cuales fueron tomados del INEGI 2002 y agrupados para representar el área forestal de la entidad. No se obtuvieron datos de consumo de leña como combustible por tipo de vegetación, por lo cual no se consideraron en el cálculo de la emisión.

Volumen de madera extraída de manera autorizada la entidad

Año	Volumen m ³ /año											Densidad (DMM3)	BIOMASA TOTAL Gg año
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005		
Pino	198	512	702	1442	510	10206	4809	4643	2682	1540	2450	0.61	18113
Oyamel	0			3						4		0.48	3
Otras coníferas	10	40	59	221	30		328	18	45	13	21	0.6	471
Encino	98	213	432	379	107	136	5481	2887	2966	2776	2185	0.94	16600
Otras latifoliadas	69	145	411	44	65	1	65	5	92	57	44	0.87	868
Preciosas	5	28	357	148	55	441	3	15	135	61	28	1.3	1659
Comunes tropicales	56	230	824	373	2273		1380	778	1350	620	972	2.08	18420

Factores de expansión tomados del INEGI 2002

	tipo de vegetación incluida	Factor expansión
FORESTAL	Bosque coníferas Selva Bosque encino Bosque mesofilo de Montaña Selva caducifolia Selva espinosa Selva subcaducifolia	11.938
PASTIZAL	Pastizal natural	1.43
HUMEDALES	Vegetación hidrófila	4.6
OTRAS TIERRAS		1.25

Se anexa la memoria de cálculo electrónica generada por el programa de IPCC2006.

SECTOR DESECHOS

Estimación de Emisiones

El cálculo de la emisión se realiza utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

1. Establecer la intensidad de la actividad mediante datos estadísticos

El dato de actividad utilizado para el cálculo de la emisión de ambos gases todas las fuentes de esta sección fue la población por municipio, el cual fue tomado de Censo de población y vivienda 2005 del INEGI

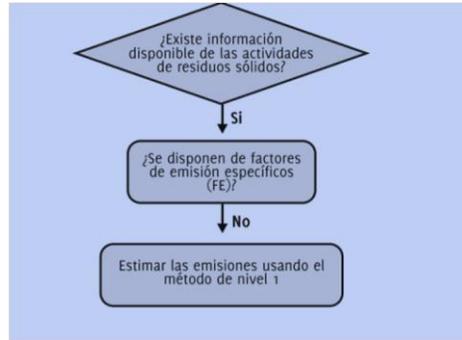
Población municipal para 2005

MUNICIPIO	Población (hab) al 2005 INEGI
Armería	24,939
Colima	132,273
Cómala	19,495
Coquimatlán	17,363
Cuauhtémoc	25,576
Ixtlahuacán	4,759
Manzanillo	137,842
Minatitlán	7,478
Tecomán	98,150
Villa de Álvarez	100,121

2. Establecer el nivel de análisis de cálculo de emisiones.

No se utilizaron datos locales de tratamiento de aguas, se hizo uso del procedimiento basado en la DBO generada por los desechos asociados a la población y se tomaron los factores por defecto de IPCC para CH₄ y N₂O.

En tanto que para disposición final de residuos sólidos se hizo uso del módulo de cálculo 4.A. *Solid Waste Disposal* de IPCC y de información de la población y de la composición de la basura a nivel local. Y para incineración se utilizaron son factores por defecto de IPCC.



Árbol de decisión para selección de método

3. Determinar los factores de emisión.

Tratamiento de agua

Para el cálculo de la emisión de CH₄ se requiere la utilización de factores de corrección por tipo de tratamiento así como considerar que el agua puede ser doméstica o industrial, se tomaron los factores de corrección sugeridos por IPCC para determinar el porcentaje de uso de cada tipo de tratamiento.

Factor de grado de uso de cada tipo de tratamiento de agua por tipo de población

URBANIZACION	GRADO DE UTILIZACION DE LA VIA DEL TRATAMIENTO O ELIMINACION O DEL METODO POR GRUPO DE INGRESOS (Tij)						
	Columna1	Fracción de la población (U)	Pozo séptico	Letrina	Otro	Cloaca	Ninguno
RURAL		0.45	0	0.8	0	0	0.4
URBANA ALTA		0	0	0.4	0.2	0.45	0
URBANA BAJA		0.2	0.2	0	0.8	0	0

Valores por defecto sugerido en las Directrices del IPCC

Factor de corrección de metano para cada sistema de tratamiento agua.

DBO (kg BO/per cápita anual)	Corrección DBO para descargas industriales en alcantarillas [1]	Capacidad Máxima de Metano - BO (kg CH ₄ /Kg DBO)	Filtros biológicos	Lagunas de estabilización	Lodos activados	Reactor anaerobio de flujo ascendente	Tanque Imhoff	Tanque séptico
79	1	0.6	0	0.8	0.3	0.8	0.8	0.5

Valores por defecto sugeridos en las Directrices del IPCC

Los factores de emisión utilizados, estimados considerando una capacidad máxima de generación de CH₄ de 0.6

Factor de Emisión -Efj (KgCH4/Kg DBO)

Municipio	Filtros biológicos	Lagunas de estabilización	Lodos activados	Reactor anaeróbico de flujo ascendente	Tanque Imhoff	Tanque séptico
Armería	0	0.48	0	0	0	0
Colima	0	0.48	0	0	0.48	0
Cómala	0	0.48	0	0	0	0
Coquimatlán	0	0.48	0	0	0	0
Cuahtémoc	0	0.48	0	0	0.48	0.3
Ixtlahuacán	0	0.48	0	0	0	0.3
Manzanillo	0	0.48	0.18	0	0	0
Minatitlán	0	0.48	0.18	0	0	0
Tecomán	0	0.48	0	0.48	0.48	0
Villa de Álvarez	0	0	0	0	0	0

Para el cálculo de la emisión de N₂O es necesario estimar el Nitrógeno total en el efluente, para ellos se hizo uso de factores de corrección sugeridos por IPCC

B	C	D	E	F
Consumo(Kg proteína/persona/año)	Fracción de nitrógeno en proteína (Kg N/Kg proteína)	Fracción de no consumo de proteína	Fracción de co-descarga comercial e industrial	Factor de emisión (kg N ₂ O-N/Kg N)
25	0.16	1.4	1.25	0.005

El cálculo del Nitrógeno se realiza con la siguiente ecuación:

$$\text{Nitrógeno total} = (\text{Población} \times B \times C \times D \times E) - F$$

El factor de emisión es por defecto de IPCC en (kg N₂O-N/Kg N)

Factor de emisión (kg N ₂ O-N/Kg N)
0.005

Para el cálculo de CH₄ de disposición final de los residuos

Factores de cálculo utilizados, de IPCC

FACTOR DE CORRECCIÓN DE METANO	ADMINISTRADO BAJO	ADMINISTRADO PROFUNDO	MANEJO ANAEROBICO	MANEJO SEMI-ANAEROBICO	DESECHOS NO CLASIFICADOS
MCF	0.4	0.8	1	0.5	0.6
ARREGLO DE DISTRIBUCIÓN (%)	78	11	11	0	0

Factores de cálculo por tipo de desecho

Desecho	MCF	DOC	DOCf	k	VIDA MEDIA (h= Ln (2)/k)	exp1= (-k)	M	exp2= exp (-k *((13-M)/12))	Fracción CH4
COMIDA	0.51	0.26	0.50	0.40	1.73	0.67	14.00	1.00	0.50
JARDIN	0.51	0.27	0.50	0.17	4.08	0.84	13.00	1.00	0.50
PAPEL	0.51	0.11	0.50	0.07	9.90	0.03	13.00	1.00	0.50
MADERA Y PAJA	0.51	0.90	0.50	0.04	19.80	0.97	13.00	1.00	0.50
TEXTILES	0.51	0.01	0.50	0.07	9.90	0.03	13.00	1.00	0.50
PAÑAL	0.51	0.04	0.50	0.05	13.86	0.95	13.00	1.00	0.50
DESECHOS INDUSTRIALES	0.51	0.29	0.50	0.17	4.08	0.84	13.00	1.00	0.50

Para la quema de residuos a cielo abierto

Los factores de IPCC utilizados son:

B	C	D	E
Fracción de la población que quema basura Pfrac	Generación de basura per cápita MSWp (kg residuo/persona/día)	Fracción de residuos para la medida de tratamiento de residuos	Número de días en el año
0.35	8479.26		0.6 365
H	I	J	K
Materia seca contenida dm	Fracción de carbono en materia seca Materia seca CF	Fracción de carbono fósil en C total Carbón CFC	Fracción de Oxidación FO
Fracción	Fracción	Fracción	Fracción
0.8	0.38	0.09	0.58

4. Efectuar el cálculo de la emisión neta

La emisión de CH₄ por tratamiento de aguas se calcula con la siguiente ecuación:

$$Emisión = FPI \times MOD \times FE \times \text{Grado de Utilización del tipo de tratamiento}$$

En donde

FPI es la fracción de la población distribuida por ingresos

M O D es la Materia Orgánica Degradable en agua residual

Emisiones Netas de Metano (Ton /año)

MUNICIPIO	Filtros biológicos	Lagunas de estabilización	Lodos activados	Reactor anaeróbico de flujo ascendente	Tanque Imhoff	Tanque séptico
Armería	0	401	0	0	401	0
Colima	0	118	0	0	0	0
Cómala	0	105	0	0	0	0
Coquimatlán	0	50	0	0	50	32
Cuauhtémoc	0	14	0	0	0	9
Ixtlahuacán	0	418	157	0	0	0
Manzanillo	0	23	9	0	0	0
Minatitlán	0	194	0	194	194	0
Tecomán	0	0	0	0	0	0
Villa de Álvarez	0	0	0	0	0	0
Total		1,324	165	194	645	41

La emisión de N₂O se calcula con la siguiente ecuación:

$$Emisión = (\text{Nitrógeno total} * FE * (44/28))/1000$$

Se consideró el factor de específico para Planta de tratamiento de agua como cero por lo que no se consideró en la ecuación.

MUNICIPIO	Población (Hab)	Nitrógeno total en el efluente (kg N/año)	Factor de emisión (kg N ₂ O-N/Kg N)	Emisiones de N ₂ O (Ton N ₂ O-N año)
Armería	24,939	174,573	0.005	1
Colima	132,273	925,911	0.005	5
Cómala	19,495	136,465	0.005	1
Coquimatlán	17,363	121,541	0.005	1
Cuauhtémoc	25,576	179,032	0.005	1
Ixtlahuacán	4,759	33,313	0.005	0.17
Manzanillo	137,842	964,894	0.005	5
Minatitlán	7,478	52,346	0.005	0.26
Tecomán	98,150	687,050	0.005	3
Villa de Álvarez	100,121	700,847	0.005	4
Total	567,996	3,975,972		20

La emisión de CH₄ por disposición de residuos se calcula con la siguiente ecuación:

$$EmisiónD = W \times DOC \times DOCf \times MCF \times exp2 = exp \left(-k * \left(\frac{13 - M}{12} \right) \right) \times B + H (y - 1) * (1 - exp1) + (16/12) * F$$

Se utilizó la composición porcentual de los residuos que se generó en programa estatal para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, estado de Colima para el año 2011 por considerarse representativa de la entidad para el periodo de estudio.

Composición de los residuos

	SUBPRODUCTO	PROMEDIO (%)
Residuos orgánicos	Fibra dura vegetal	1.46
	Hueso	0.14
	Cuero	0.27
	Residuos alimenticios	19.51
	Residuos de jardinería	13.24
	Animales muertos	0.00
Plástico reciclable	Poliétileno tereftalato PET (1)	2.73
	Poliétileno de alta densidad HDPE (2)	3.55
	Poliétileno de baja densidad LPDE (4)	13.47
	Policloruro de vinilo PVC (3)	0.09
	Polipropileno PP (5)	2.46
	Poliestireno PS (6)	1.41
Metal	Metal ferroso	1.24
	Otros no ferrosos (ejemplo aluminio)	0.79
Residuos de construcción	Excavación	0.00
	Concretos (armados y no armados)	0.00
	Losa y cerámicos	0.00
Vidrio	Transparente	2.07
	De color	0.06
Textiles	Algodón	1.43
	Trapo	3.08
Papel y cartón	Papel	6.92
	Cartón	5.74
	Cartón multicapa	0.88
	Cartón encerado	0.41
Hule	Hule	1.26
Otros residuos inorgánicos (valorización térmica)	Madera procesada	0.52
	Otros plásticos (7)	0.00
	Fibras sintéticas (nylon, poliéster)	0.69
	Calzado	0.56
Sanitarios	Toallas femeninas	0.71
	Papel sanitario	3.99
	Pañales	3.06
	Rastrillos	0.01
Inertes	Residuo fino (criba M 2.00)	1.59
	Tierra y sólidos	3.12
Otros	Otros	1.73
		98.19

La cantidad de residuos generados y enviados a disposición final se obtuvo de INEGI 2013 y es la que se muestra en la tabla siguiente

Datos de disposición de residuos por entidad

Entidad federativa	<u>Disposición de residuos por entidad</u>			
	2005	2006	2007	2008
Estados Unidos Mexicanos	22,911.00	23,522.00	24,621.00	25,369.00
Aguascalientes	327	334	358	370
Baja California	1,126.00	1,168.00	1,187.00	1,232.00
Baja California Sur	131	139	151	157
Campeche	71	73	78	109
Coahuila de Zaragoza	568	581	609	623
Colima	89	91	95	97
Chiapas	306	313	323	328
Chihuahua	923	953	932	1,024.00
Distrito Federal	4,563.00	4,599.00	4,698.00	4,745.00
Durango	347	353	374	381
Guanajuato	1,067.00	1,088.00	1,140.00	1,191.00
Guerrero	363	367	379	379
Hidalgo	132	134	158	177
Jalisco	1,967.00	2,005.00	2,141.00	2,196.00
México	3,527.00	3,598.00	3,472.00	3,548.00
Michoacán de Ocampo	373	379	388	441
Morelos	122	124	215	160
Nayarit	120	121	142	157
Nuevo León	1,668.00	1,740.00	1,818.00	1,868.00
Oaxaca	12	12	12	12
Puebla	1,113.00	1,259.00	1,346.00	1,398.00
Querétaro	375	386	405	414
Quintana Roo	215	227	298	316
San Luis Potosí	334	341	380	413
Sinaloa	684	697	702	711
Sonora	351	361	387	399
Tabasco	206	211	212	216
Tamaulipas	516	532	740	777
Tlaxcala	238	242	249	256
Veracruz de Ignacio de la Llave	666	674	737	755
Yucatán	297	305	319	325
Zacatecas	114	115	176	194

Estimación de emisiones por tipo de residuo

La siguiente tabla presenta el resumen de los resultados

Resultado de las emisiones por municipio y tipo de residuo en Gg/año

	Emisión [Gg]		
	CO2	CH4	N2O
Residuos	778.01	2.89	0.031

El cálculo para determinar las emisiones por quema de residuos a cielo abierto se determina con las siguientes ecuaciones

$$Cant\ Total\ de\ MSW = Población \times B \times C \times D \times E \times 10^6$$

$$Emisión = Cant\ Total\ de\ MSW \times G \times H \times I \times J \times 44/12$$

Se anexa la memoria de cálculo electrónica generada por el programa de IPCC