El Colegio de la Frontera Norte

INVENTARIO DE GASES EFECTO INVERNADERO DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA

PERÍODO 1990-2005

EL COLEGIO DE LA FRONTERA NORTE

Dra. Gabriela Muñoz Meléndez

MAIA. Lilia Betania Vázquez González

Octubre del 2012

Se agradece la colaboración del Dr. Alejandro Lambert Arista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, quien gentilmente compartió los resultados de su estudio para la "Cuantificación de las emisiones de Gases Refrigerantes en el sector doméstico de Mexicali, Baja California"; mismo que evidenció la dimensión real de la contribución de los gases refrigerantes (66 %) en la categoría de "Procesos Industriales" del presente inventario estatal de gases de efecto invernadero.

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS V

LISTA DE FIGURAS VIII

LISTA DE ACRÓNIMOS X

INTRODUCCIÓN 13

1. RESUMEN EJECUTIVO 5

2. CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA 16

3. ENERGÍA 19

3.1. INDUSTRIA ENERGÉTICA 22
- **3.1.1. Generación de electricidad** 22

3.2. INDUSTRIA MANUFACTURERA 34
- **3.2.1. Resultados del cálculo de emisiones GEI en la industria manufacturera por consumo energético** 38

3.3. TRANSPORTE 39
- **3.3.1. Ventas** 40
- **3.3.2. Resultados del cálculo de emisiones GEI en el sector transporte** 41

3.4. OTROS SECTORES 43
- **3.4.1. Sector agrícola** 43
- **3.4.2. Sectores Comercial y de Servicios** 45
- **3.4.3. Sector Residencial** 47

3.5. APORTACIONES EN LA CATEGORÍA ENERGÍA 49

4. PROCESOS INDUSTRIALES 50

4.1. PROCESOS INDUSTRIALES EN BAJA CALIFORNIA 51
- **4.1.1. Industria del cemento** 51
- **4.1.2. Industria acerera** 53
- **4.1.3. Industria de alimentos y bebidas** 54
- **4.1.4. Industria Maquiladora de electrónicos** 56
- **4.1.5. Emisiones de Gases Refrigerantes debidas a fugas durante el abastecimiento al sector doméstico de Mexicali** 59

4.2. APORTACIONES EN LA CATEGORÍA PROCESOS INDUSTRIALES 61

5. AGRICULTURA 62

5.1. EL SECTOR AGROPECUARIO DE BAJA CALIFORNIA 62
- **5.1.1. Producción agrícola** 62
- **5.1.2. Producción pecuaria** 66
- **5.1.3. Metodología para el cálculo de las emisiones GEIs en la agricultura** 69
- **5.1.4. Resultados del estimado de emisiones en la ganadería** 78

5.2. QUEMAS AGRÍCOLAS 80
- **5.2.1. Metodología para el cálculo de las emisiones por quemas agrícolas** 80
- **5.2.2. Emisiones por quemas agrícolas** 82

5.3. EMISIONES DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS 83
- **5.3.1. Metodología de las emisiones directas e indirectas de N_2O** 85
- **5.3.2. Resultados de las emisiones de N_2O provenientes de los suelos agrícolas** 90

5.4. APORTACIONES DENTRO DE LA CATEGORÍA DE AGRICULTURA 91

6. DESECHOS 92

6.1. MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN BAJA CALIFORNIA. 92

6.1.1. Contaminación por el manejo de los residuos sólidos 93
6.1.2. Metodología para la estimación de emisiones por el manejo de desechos sólidos 94
6.1.3. Resultados de las emisiones de los desechos sólidos 96

6.2. AGUAS RESIDUALES URBANAS 96
6.2.1. La gestión del agua en Baja California 96
6.2.2. Manejo de aguas residuales 97
6.2.3. Metodología para la estimación de emisiones por el manejo de aguas residuales urbanas 99

6.3. APORTACIONES EN LA CATEGORÍA DE DESECHOS 102
7. USO DE SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA 104

7.1. EL USO DE SUELO EN BAJA CALIFORNIA. 104

7.2. ELEMENTOS A CONSIDERAR EN LA CATEGORIA USCUSS 105

7.3. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL FLUJO DEL CARBONO 106

7.4. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LAS EMISIONES POR INCENDIOS FORESTALES 108

7.5. RESULTADOS DE LAS EMISIONES POR LA PÉRDIDA DE VEGETACIÓN 109
8. PROYECCIONES 112

8.1. PROYECCIONES DE LA CATEGORÍA ENERGÍA 112
8.1.1. Proyecciones de emisiones GEI generadas por Transporte 112
8.1.2. Proyecciones de emisiones GEIs por Generación de electricidad 113
8.1.3. Proyecciones de emisiones GEIs por el sector residencial 115
8.1.4. Proyecciones de emisiones GEIs por el sector industrial 116

8.2. PROYECCIONES DE LA CATEGORÍA PROCESOS INDUSTRIALES 117
8.2.1. Proyecciones de CO_2 eq 117
8.2.2. Proyecciones de COVDM 119

8.3. PROYECCIONES DE LA CATEGORÍA AGRICULTURA 120
8.3.1. Proyecciones de fermentación entérica y gestión del estiércol 120
8.3.2. Quemas agrícolas 124
8.3.3. Suelos agrícolas 125

8.4. PROYECCIONES PROVENIENTES DE LOS DESECHOS 126
8.4.1. Proyección de los desechos sólidos 126
8.4.2. Proyección de la población de Baja California 127
8.4.3. Proyección de las emisiones de los desechos sólidos y el agua residual 128

8.5. USO DE SUELO, CAMBIO DE USO DE SUELO Y SILVICULTURA 130
8.5.1. Flujo de carbono 130
8.5.2. Incendios forestales 131
BIBLIOGRAFÍA 134

APÉNDICE A 141

APÉNDICE B 142

APÉNDICE C 143

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. 1. Emisiones de CO_2eq provenientes de los principales sectores emisores (Gg). 10
Cuadro 1. 2. Emisiones de CO_2eq esperadas para el periodo 2006-2050 por categoría. 14
Cuadro 3. 1. Porcentaje de participación de combustibles por tecnología en la generación de electricidad en Baja California, 1990-2005 24
Cuadro 3. 2. Balance General de Electricidad para Baja California 1990-2005 (MWh)..... 27
Cuadro 3. 3. Emisiones de CO_2 a la atmósfera, 1990-2005, Gg 31
Cuadro 3. 4. Emisiones de CH_4 a la atmósfera, 1990-2005, Gg 32
Cuadro 3. 5. Emisiones de N_2O a la atmósfera, 1990-2005, kg..... 33
Cuadro 3. 6. Intensidad energética industrial (SCIAN 21-23)..... 35
Cuadro 3. 7. Industrias manufactureras (SCIAN 31-33), 1999..... 36
Cuadro 3. 8. Industrias manufactureras (SCIAN 31-33), 2004..... 37
Cuadro 3. 9. Emisiones anuales procedentes de la industria manufacturera debido a consumo energético – tanto electricidad como petrolíferos, en gigagramos por año. Período 1990-2005. 38
Cuadro 3. 10. Emisiones anuales procedentes del sector transporte, en gigagramos por año. Período 1990-2005. 42
Cuadro 3. 11. Intensidad energética agrícola (SCIAN 11) 43
Cuadro 3. 12. Emisiones anuales procedentes del sector agrícola, en gigagramos por año. Período 1990-2005. 44
Cuadro 3. 13. Intensidad energética en Servicios y Comercios (SCIAN 43-81) 45
Cuadro 3. 14. Emisiones anuales procedentes de los sectores Comercio y de Servicios, en gigagramos por año. Período 1990-2005. 46
Cuadro 3. 15. Emisiones anuales procedentes del sector residencial, en gigagramos por año. Período 1990-2005..... 48
Cuadro 4. 1. Emisiones anuales procedentes del sector residencial causadas por fuga de gases refrigerantes, en gigagramos por año. Período 1990-2005..... 59
Cuadro 4. 2. Resumen de emisiones de gases efecto invernadero de los procesos industriales en Baja California 1990-2005 60
Cuadro 5. 1. Demanda de agua para los principales cultivos del estado..... 66
Cuadro 5. 2. Existencias de cabezas de ganado para cada categoría (SIAP-SIACON). 70
Cuadro 5. 3. Factores de emisión por fermentación entérica. 72
Cuadro 5. 4. Factores de emisión de metano por la gestión del estiércol empleados. 76
Cuadro 5. 5. Tasas de excreción usadas para el cálculo de emisiones directas de N_2O..... 77
Cuadro 5. 6. Emisiones anuales procedentes de la ganadería debido a la fermentación entérica y al manejo del estiércol, en gigagramos por año. Período 1990-1997..... 79
Cuadro 5. 7. Superficie de cultivos siniestrada anualmente en el estado de Baja California..... 82

Cuadro 5. 8. Factores empleados para el cálculo de las emisiones de gases por la quema de residuos agrícolas. 82
Cuadro 5. 9. Emisiones anuales de gases distintos a CO_2 por la quema de residuos agrícolas, en gigagramos. 83
Cuadro 5. 10. Consumo aparente de fertilizantes para el estado de Baja California 87
Cuadro 5. 11. Factores de emisión por defecto para las emisiones indirectas 88
Cuadro 5. 12. Emisiones de óxido nitroso proveniente de los suelos agrícolas. Las unidades son gigagramos por año. 90
Cuadro 6. 1. Factores utilizados en el cálculo de las emisiones por el manejo de desechos sólidos 95
Cuadro 6. 2. Emisiones de metano y su equivalente en CO2 provenientes del manejo de los residuos sólidos del estado de Baja California. Las unidades son gigagramos por año. 96
Cuadro 6. 3. Volumen de agua concesionada para el estado de Baja California y los usos para los que es destinada. Tomado de REPDA, 2010..... 97
Cuadro 6. 4. Volumen de agua residual descargada en el estado de Baja California 98
Cuadro 6. 5. Plantas de tratamiento en Baja California y su volumen instalado. 99
Cuadro 6. 6. Generación anual de materia orgánica en el agua residual..... 101
Cuadro 6. 7. Emisiones de metano y su equivalente en CO_2 debido al manejo del agua residual. Las unidades son gigagramos anuales..... 102
Cuadro 7. 1. Tipos de suelos en el estado de Baja California en el año 1999 y la superficie que éstos ocupan (km^2). 104
Cuadro 7. 2. Estimaciones de la superficie esperada para el uso agrícola, el matorral, la zona urbana y el área sin vegetación. Periodo 1990-2005. Las unidades son hectáreas. 108
Cuadro 7. 3. Valores de los factores de emisión usados en la metodología para las emisiones en el Flujo de Carbono. 108
Cuadro 7. 4. Factores empleados en el cálculo de las emisiones por incendios forestales 109
Cuadro 7. 5. Flujo de carbono y emisiones de CO_2 por la quema dentro y fuera de los bosques. Las unidades son gigagramos por año. 110
Cuadro 7. 6. Emisiones de gases distintos al CO_2 provenientes de la quema dentro y fuera de los bosques. Las unidades son gigagramos por año..... 110
Cuadro 8. 1. Emisiones de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y su equivalente en dióxido de carbono procedentes de la quema de combustibles en el sector transporte. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales. 113
Cuadro 8. 2. Emisiones de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y su equivalente en dióxido de carbono procedentes de la quema de combustibles para generar Electricidad. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales..... 114
Cuadro 8. 3. Emisiones de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y su equivalente en dióxido de carbono procedentes del uso de Gas LP en el sector residencial. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales..... 115

Cuadro 8. 4. Emisiones de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y su equivalente en dióxido de carbono procedentes del uso de Gas LP en el sector industrial. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales..... 117

Cuadro 8. 5. Emisiones de dióxido de carbono equivalente en para tres subcategorías: 1) gases refrigerantes, 2) industria del cemento y 3) industria del acero. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales..... 118

Cuadro 8. 7. Proyecciones de las poblaciones de animales esperadas para el periodo 2006-2050. Se presenta en cabezas de ganado por especie. 120

Cuadro 8. 8. Emisiones de metano, óxido nitroso y su equivalente en dióxido de carbono procedentes de la fermentación entérica de los animales domésticos y de la gestión del estiércol. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales..... 124

Cuadro 8. 9. Emisiones de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso, óxidos de nitrógeno; y el equivalente total de dióxido de carbono procedentes de la quema de residuos agrícolas. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales. 125

Cuadro 8. 10. Emisiones esperadas directas e indirectas de los suelos agrícolas, el total correspondiente a la suma de ambas, y su equivalente en CO_2. Las unidades son gigagramos. 126

Cuadro 8. 11. Número de habitantes en Baja California y la cantidad de desechos sólidos generados anualmente, esperados para el periodo 2006-2050..... 128

Cuadro 8. 12. Emisiones de metano y su equivalente en dióxido de carbono pronosticadas para el período 2006-2050, provenientes del manejo de los desechos sólidos y el tratamiento de aguas residuales urbanas. 129

Cuadro 8. 13. Proyección de la superficie afectada por los incendios con base en la tendencia de años anteriores. Período 2007-2050. 132

Cuadro 8. 14. Emisiones esperadas de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso, óxidos de nitrógeno y el equivalente total de dióxido de carbono, para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales. 133

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1. Tendencia de la emisión de gases para cada categoría del inventario. Período 1990-2005. Unidades en Gg 12
Figura 1. 2. Emisiones de CO_2eq esperadas en el estado de Baja California. Periodo 2006-2050. 15
Figura 3. 1. Componentes reportados en la sección de energía..... 19
Figura 3. 2. Aportación de cada fuente de emisión dentro de la categoría de energía 49
Figura 4. 1. Componentes reportados en la categoría de Procesos industriales 50
Figura 4. 2. Emisiones de COVDM del proceso de la panificación en Baja California, Gg..... 56
Figura 4. 3. Comparación entre emisiones de COVDM con factores de emisión óptimos y deficientes. Gg. 58
Figura 4. 4. Aportación de cada fuente de emisión dentro de la categoría de procesos industriales..... 61
Figura 5. 1. Componentes reportados en la sección de agricultura. 62
Figura 5. 2. Proporción de la superficie sembrada por cultivo en el estado de Baja California. Promedio anual del periodo 1990-2009. 63
Figura 5. 3. Cultivos con mayor rendimiento agrícola. Promedio anual del periodo 1990-2009. 65
Figura 5. 4. Cultivos de mayor valor económico. Valores de 2009 65
Figura 5. 5. Valor económico de la producción pecuaria. Aportación de cada sistema productivo..... 67
Figura 5. 6. Producción de carne en canal de los pequeños rumiantes 69
Figura 5. 7. Árbol de decisiones para la caracterización de la población de ganado. 71
Figura 5. 8. Árbol de decisiones para las emisiones de CH_4 resultantes de la fermentación entérica (Con base en IPCC, 2006). 73
Figura 5. 9. Árbol de decisiones para las emisiones de CH4 resultantes de la gestión de estiércol..... 75
Figura 5. 10. Pasos a seguir para estimar las emisiones por quemas agrícolas. 81
Figura 5. 11. Componentes de las emisiones de N_2O proveniente de los suelos agrícolas 84
Figura 5. 12. Árbol de decisiones para emisiones directas de N_2O de suelos gestionados. 85
Figura 5. 13. Árbol de decisiones para las emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados..... 87
Figura 5. 14. Aporte de cada fuente de emisión dentro de la sección de agricultura 91
Figura 6. 1. Caracterización de los residuos que llegan a los sitios de disposición. 92
Figura 6. 2. Árbol de decisión para las emisiones de CH_4 provenientes de los sitios de eliminación de los desechos sólidos. 94
Figura 6. 3. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH_4 procedentes de las aguas residuales domésticas. 100
Figura 6. 4. Aporte de cada fuente en la sección de desechos..... 103
Figura 7. 1. Elementos a considerar en el cálculo de las emisiones por el cambio en el uso del suelo.... 106
Figura 7. 2. Procedimiento para la estimación del flujo de carbono 107
Figura 8. 1. Proyección de las emisiones de gas metano proveniente del manejo de los desechos. 129
Figura 8. 2. Flujo de carbono esperado para el periodo 2006-2050. Gigagramos de CO_2. 131

LISTA DE ACRÓNIMOS

ARIMA	Modelo Autoregresivo
CANIETI	Cámara Nacional de la Industria Electrónica de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información
CCC	Ciclo combinado
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAPO	Consejo Nacional de Población
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DOC	Carbono orgánico degradable
DQO	Demanda Química de Oxígeno
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GEIs	Gases de Efecto Invernadero
IEGEI	Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
IMMEX	Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INEGEI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático)
PEACC-BC	Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PIB	Producto Interno Bruto
REPDA	Registro Público de Derechos de Agua
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SCIAN	Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte
SEDECO	Secretaría de Desarrollo Económico
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SENER	Secretaría de Energía
SIACON	Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SST	Sólidos Suspendidos Totales
TAR	Terminales de Almacenamiento y distribución
TC	Termoeléctrica convencional
TG	Turbogas
USCUSS	Uso de suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura

Compuestos químicos

CO_2 =	Dióxido de Carbono
CO_2eq =	Dióxido de Carbono equivalente
CH_4 =	Metano
N_2O =	Óxido nitroso
CO =	Monóxido de Carbono
NO_X =	Óxidos de nitrógeno
SO_2 =	Bióxido de azufre
SF_6 =	Hexafluoruro de azufre
HFCs =	Hidrofluorocarbonos
PFCs =	Perfluorocarbonos
COVDM =	Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano

Unidades y equivalencias

Gcal =	Gigacaloría
Gg =	Gigagramos
ha =	Hectárea
kV=	Kilovoltio
kWh/hab =	Kilowatt hora por habitante
kWh=	Kilowatt hora

mg/L =	Miligramos por litro
MS =	Materia seca
MW=	Megawatt
MWh=	Megawatt hora
tep =	Toneladas equivalentes de petróleo
TJ =	Terajoules
tmca =	Tasas medias de crecimiento anual
ton =	Tonelada

1 Gg= 10^9 g = 1000 ton

INTRODUCCIÓN

El cambio climático en el siglo XXI es un hecho. Existe evidencia que indica que el promedio mundial de temperatura en la superficie se ha incrementado un grado centígrado en los últimos 150 años, el promedio mundial del nivel del mar también se ha incrementado y la cubierta de nieve del hemisferio norte ha disminuido considerablemente (IPCC, 2007).

Las consecuencias del cambio climático son innumerables, se vislumbran algunas como resultado de la modificación de los patrones climáticos hasta ahora conocidos y otras emergentes por el incremento de la presencia de eventos extremos climáticos. Las consecuencias, sin embargo, distan de limitarse al ámbito climático; se prevén consecuencias aún peores, como disminuciones en la producción de alimentos y situaciones que ponen en riesgo la condición humana actual.

Aún más, la incidencia de condiciones de cambio climático aumenta la probabilidad tanto de escasez de recursos naturales, como de impactos directos sobre el desarrollo de actividades susceptibles a variaciones climáticas, tales como la agricultura; e indirectos en cuestiones sociales, como por ejemplo el incremento en las desigualdades debidas a la distribución diferenciada de los costos destinados a reparar los daños debido a variaciones climáticas y de la implementación de medidas de mitigación y adaptación. Las consecuencias llegan a tal grado, que es necesario tomar medidas que permitan la adaptación a las nuevas condiciones climáticas.

Es también un hecho que las actividades antropogénicas desarrolladas son mayoritariamente responsables del cambio climático y de la aceleración del mismo; si bien es importante reconocer que el fenómeno climático tiene un componente natural, es debido a la contribución mayoritaria del componente antropogénico, que la resolución del problema se convierte en una obligación ética de modificar las acciones que han propiciado la alteración de los ciclos naturales, y al mismo tiempo permitir un desarrollo social más equitativo dentro y entre generaciones.

Para poder encausar las actividades orientadas a la disminución de las emisiones antropogénicas de gases con efecto invernadero, es necesaria la cuantificación de dichas emisiones en cada fuente generadora, esto servirá de guía para dirigir acciones y delinear estrategias adecuadas y orientar recursos humanos y económicos.

La necesidad de disminuir los gases de efecto invernadero ha sido percibida a nivel mundial. así a partir del acuerdo firmado y ratificado, denominado Protocolo de Kioto, los países desarrollados se comprometen a disminuir sus emisiones de gases, estableciendo metas y cuotas de reducción a cumplir en el mediano plazo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático pretende lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático a un plazo adecuado para permitir la adaptación de los ecosistemas.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) ha publicado guías para desarrollar inventarios nacionales, documentos metodológicos que permiten la estimación de las emisiones de gases con efecto invernadero y detectar las principales fuentes de emisión. Las guías también proporcionan información que podrá ser usada en el desarrollo de programas y proyectos de mitigación dirigidos a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Bien puede decirse que las guías permiten cuantificar la contribución de las actividades humanas a la emisión y absorción de los gases efecto invernadero a nivel país.

México ha entregado, desde su ratificación de la Convención, cuatro comunicaciones nacionales a la Conferencia de las Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés). La primera se presentó en 1997, esta incluyó un Inventario Nacional de Emisiones de GEI para el año 1990 y los primeros resultados de los estudios la vulnerabilidad potencial del país al cambio de clima. La segunda comunicación nacional de México se presentó en 2001, esta incluyó una actualización al inventario para el periodo 1994-1998. La tercera comunicación nacional de México, presentada en 2006, contiene una actualización del inventario al 2002, para tal efecto se re-calcularon las cifras para los años 1990, 1992, 1994, 1996, 1998 y 2000. La categoría de Cambio de uso de suelo fue actualizada al periodo 1993-2002. La cuarta comunicación nacional – la más reciente- se presentó en 2009, ésta incluye una actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) de 1990 al 2006.

En 2006, las emisiones en unidades de bióxido de carbono equivalente (CO_2 eq) para México fueron de 709,005 Gg. La contribución por categorías en términos de CO_2 eq es la siguiente: desechos 14.1% (99,627.5 Gg); uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, 9.9% (70,202.8 Gg), procesos industriales 9% (63,526 Gg), agricultura 6.4% (45,552.1 Gg), y energía 60.7% (430,097 Gg). Los resultados del INEGEI (1990-2006), indican que el incremento en las emisiones de GEI fue de 38% durante ese período, lo que significa una tasa media de crecimiento anual de 2%.

En México, la organización gubernamental actual permite que algunas acciones se ejecuten a nivel nacional, estatal y municipal. Así, partiendo de una política federal que considere el cuidado del ambiente como prioridad, es posible llegar a acciones estatales y municipales que tengan la misma orientación pero adaptando a las condiciones y prioridades locales. Esta estrategia permitirá aún más la calidad de los datos, la exactitud de los análisis, la precisión de las recomendaciones y por lo tanto la validez de las acciones a realizar, reconociendo que las medidas más efectivas de mitigación y adaptación se den dentro de la jurisdicción regional –tanto estatal como local.

Es a través del reconocimiento de la jurisdicción estatal que la elaboración de inventarios no se ha limitado al ámbito nacional, ésta se ha desagregado a condiciones estatales como es el caso del Distrito Federal en 2006 (Sheinbaum y Vázques 2006), Veracruz en 2008 (Tejeda *et al*, 2008), Nuevo León (CCA, 2010), Sonora en 2008 y Baja California en 2007 (CMM, 2007).

El caso en particular de Baja California, el inventario de GEI se realizó tomando 2005 como año base, usando las directrices y factores de emisión predeterminados por el IPCC, aunque en algunos casos se emplearon factores estimados para México referidos en el INEGEI 1990-2002, específicamente para el año 2002. Es precisamente a causa de la metodología usada que el inventario de emisiones de Baja California quedó catalogado como de nivel 1. Los gases de efecto invernadero cuantificados fueron el bióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) así como Gases Fluorados, estos últimos usados principalmente en sistemas de refrigeración y equipos de aire acondicionado.

Las estimaciones mostraron que la generación de CO_2 eq durante el año 2005 en Baja California fue de 17,684 Gg. De este total, el sector energético fue responsable de 79 % de la generación de emisiones; seguidas por Residuos, Agricultura, Silvicultura y cambio de uso de suelo; y procesos industriales con 13, 6 y 2 % respectivamente.

En este primer inventario se recomienda desagregar y detallar las emisiones, a manera de elevar la complejidad metodológica del inventario GEI de Baja California a un nivel 2 ó 3. Es tanto atendiendo a estas recomendaciones como para cumplir con uno de los objetivos del PEACC-BC, actualmente en desarrollo, que en esta ocasión se actualiza o en su defecto se desarrolla un inventario de emisiones de GEI a nivel estatal para el periodo 1990 a 2005, con proyecciones de 2006 al 2050.

El presente inventario presenta los resultados de la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero, para cinco grandes categorías de fuentes: la industria, el sector energético, la agricultura, los desechos y el uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSS).

La metodología empleada fue la descrita y aprobada por el panel intergubernamental de expertos en el cambio climático (IPCC, 1996). En el presente documento se destacan las precisiones a la metodología adaptada a la situación local, es decir, se puntualizan los factores de emisión empleados y las adecuaciones a las fuentes de datos empleadas.

Los resultados presentados en este documento permitirán el desarrollo de proyectos que con certeza disminuyan en las áreas prioritarias. Permitirá también la detección de vacíos de información y en consecuencia la generación de mejor y más útil información en los siguientes inventarios. A largo plazo el inventario contribuirá al desarrollo sustentable de Baja California.

1. RESUMEN EJECUTIVO

Baja California es uno de los estados situados en la frontera norte de México y colinda con los Estados Unidos de América. Baja California cuenta con una extensión de 71 446 Km^2 que representa el 3.7% de la superficie del país. Las principales actividades económicas son la industria manufacturera, la actividad turística, la producción agrícola, ganadera y pesquera. Es el estado más rico per-cápita de México, y el número uno en bajo nivel de pobreza. Su participación en el PIB nacional fue de 3.44% en 2006, que lo sitúa en el décimo sitio a nivel nacional. (Secretaría de Desarrollo Económico del Estado de Baja California 2010 con datos del INEGI)

De acuerdo a resultados obtenidos durante el desarrollo del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California, el Estado es especialmente vulnerable al cambio climático global. La región experimentaría una disminución del 10 al 20% en su precipitación total anual, mientras que la temperatura media anual aumentaría entre 1.5 y 2.5 grados centígrados en los próximos 50 años, lo cual intensificaría el ciclo hidrológico y posiblemente algunos fenómenos como El Niño/La Niña.

Con el propósito de emprender acciones para disminuir impactos asociados a la presencia de eventos meteorológicos extremos, en 2007 dio inicio el Plan Estatal de Acción Climática para Baja California (PEAC-BC), que tiene como objetivo evaluar el estado actual de los efectos del cambio climático en el estado, a través de la revisión de los posibles cambios en la temperatura y la precipitación de la región bajo diferentes escenarios; y a través de un diagnóstico de un posible impacto que tendría el cambio climático sobre diversos sectores socioeconómicos.

Existen antecedentes de actividades realizadas para atender cuestiones relativas al Cambio Climático, así lo representa la elaboración de un primer Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (IEGEI) del año 2005, elaborado por el Centro Mario Molina. En este primer inventario se recomienda desagregar y detallar las emisiones, a manera de elevar la categoría del inventario de GEI de Baja California a un nivel 2 ó 3. Estas recomendaciones se consideraron cuando se da cumplimiento a uno de los actuales objetivos del PEAC-BC. Es por ello que el

presente documento tiene como finalidad presentar los resultados de actualización del Inventario 1990-2005 de GEI, así como ofrecer proyecciones hasta 2050; para Baja California.

METODOLOGÍA

La estimación de las emisiones siguió las directrices establecidas por el IPCC para el año 1996, excepto para la categoría de energía en la cual se usó la metodología de 2006. En cada una de las secciones se describen las particularidades debido a las condiciones de Baja California. Las principales categorías son: 1) Energía, 2) Procesos Industriales, 3) Agricultura, 4) Desechos y 5) Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura. Para cada una de las fuentes fueron elaboradas proyecciones a 2050.

Las bases de datos estatales incluyeron las ventas de combustibles en el Estado, estadísticas y tendencias reportadas por la Secretaría de Energía (SENER), los datos productivos de las propias industrias, las estadísticas de la Secretaría de Agricultura (SAGARPA), las estadísticas de la Secretaría de Medio Ambiente (SEMARNAT), y las estadísticas de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Las bases fueron revisadas y homogenizadas, y posteriormente se aplicaron los factores de defecto correspondientes. Las fuentes de los factores fueron tanto estudios regionales previos como los sugeridos por el IPCC. El uso de los datos y factores se justifica a través de la literatura citada.

RESULTADOS

La categoría principal de emisión es el sector energético con el 76% de las emisiones, seguido de los procesos industriales que aportan el 15%, la agricultura con 6%, los desechos el 2% y el cambio de uso de suelo el 1%. En el cuadro 1.1 se presentan las emisiones provenientes de las principales categorías de emisión.

Energía

En la sección de energía fueron estimadas las emisiones por actividades de consumo de combustibles, éstas últimas incluyeron 1) La industria energética, 2) La industria manufacturera, 3) El transporte, y 4) Otros sectores: Residencial, Comercial, Servicios, Agrícola.

Dentro del sector energético, la subcategoría con la mayor contribución fue el transporte con 59%, seguida de 29% debido a la generación de electricidad, un 6% se atribuye al sector residencial y el 6% restante está dividido en el uso de combustibles en el sector industrial, el agrícola y el comercial y servicios.

La mayor participación de combustibles proviene de la Geotermia (48%) y del gas natural en Ciclo Combinado (46%). La estimación de las emisiones está basada en los datos de venta de combustibles en el Estado. Los gases estimados fueron CO_2, CH_4 y N_2O. Estos gases en conjunto emitieron en 2005, 3 mil Gg de CO_2eq de los cuales el 99% proviene directamente del CO_2 y en un pequeño porcentaje de CH_4 y N_2O.

La industria manufacturera emite GEI a partir de su consumo de electricidad, diesel, queroseno, lubricantes, gas L.P., gas natural y coque de petróleo. En cuanto a la intensidad energética industrial, el mayor generador es la industria metálica, seguida de la industria química, la fabricación de minerales no metálicos, y por último la maderera. La estimación de las emisiones indica que la industria manufacturera emite 523 Gg anuales de CO_2, 0.013 Gg de CH_4 y 0.0021 Gg de N_2O.

Las emisiones del sector transporte se explican por el alto consumo de gasolinas y diesel en el estado. Siendo la gasolina la mayor fuente, 8:2 en relación con el diesel. El principal gas emitido es el CO_2, en un 98%. En 2005, el consumo de combustibles generó 7,116 Gg de dicho gas. En el mismo año fueron emitidos 2.81 Gg de CH_4 y 0.32 Gg de N_2O por la misma fuente.

Los sectores agrícola, residencial, servicios y comercial dependen de la energía a partir de la electricidad y petrolíferos, entre ellos diesel, gas natural y gas L.P. La principal emisión de estos sectores es el CO_2, de éste el sector agrícola en 2005 emitió 206 Gg, el sector comercio y servicios 186 Gg y el sector residencial 608 Gg.

Procesos Industriales

Dentro de la emisión debida a los procesos industriales, el mayor emisor son las fugas de gas refrigerante (66%) cuando se abastece al sector residencial, seguidas de la industria del acero (21%) y por último la industria del cemento (13%).

Las industrias incluidas en el análisis son: 1) La producción de cemento, 2) La industria siderúrgica, 3) La industria electrónica, 4) Los productos usados como sustitutos de sustancias que dañan la capa de ozono, y 5) La industria de alimentos y bebidas.

La industria de cemento emite CO_2 durante la producción de clinca. La producción el estado tiene una capacidad máxima de 592 mil ton/año. La industria del acero es emisora de CO_2 y NO_x, por lo que en 2005, esta industria emitió 617 Gg de CO_2 eq. La industria de bebidas es generadora de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM). En 2005 la emisión correspondiente de la industria vinícola en Baja California, fue de 0.013 Gg de COVDM. La industria cervecera en 2005 emitió 0.65 Gg de COVDM al igual que la industria de la panificación.

En relación a las fugas de gases refrigerantes en el sector industrial, se tiene que en el período 1990 se emitieron 879 Gg de CO_2 eq, y para 2005 se incrementó a 1,524 Gg de CO_2 eq.

Agricultura

Dentro la categoría Agricultura, se estiman las emisiones provenientes de: 1) La ganadería, 2) Las quemas agrícolas y 3) El manejo de los suelos agrícolas. El mayor emisor es la ganadería con el 53%, después las quemas agrícolas con el 26% y por último la gestión de los suelos agrícolas con el 21%.

Las emisiones de la ganadería contemplan las emisiones como resultado de los procesos de fermentación entérica, y por manejo del estiércol. En Baja California la principal actividad pecuaria son los bovinos de carne y de leche, los primeros situados principalmente en el municipio de Mexicali y los segundos en las afueras de la ciudad de Tijuana. Ambos sistemas son altos generadores de metano. El manejo del estiércol es generadora de CH_4 y N_2O, la emisión es variable en función del tipo del tratamiento. Dentro de las quemas agrícolas se estiman principalmente las quemas de los residuos del cultivo del trigo, principalmente en el Valle de Mexicali. Estas quemas son generadoras de los gases: CH_4, CO, N_2O y NO_x. La última subcategoría de la Agricultura se refiere al Manejo de los suelos agrícolas, los cuales emiten CO_2 y N_2O en relación al tipo y frecuencia de fertilizante empleado. En el caso específico de las zonas agrícolas de Baja California, éstas son altamente dependientes de fertilizantes nitrogenados sintéticos, debido a su alta producción.

Desechos

Dentro de la categoría de Desechos, el mayor emisor son los desechos sólidos (70%) y el resto las aguas residuales. Los desechos sólidos a partir de su degradación en confinamientos generan CO_2 y CH_4, en este inventario fueron estimadas las emisiones de metano, usando los parámetros por defecto, las estimaciones de la población, y los resultados de las investigaciones que indican la generación de basura en el estado. Las emisiones de metano se incrementan de 8.4 Gg en 1990 a 19.9 Gg en 2005. Las emisiones de CH_4 provenientes del agua residual, fueron estimadas a partir de la cantidad de materia orgánica en el agua residual urbana y se multiplicó por el factor de emisión. Las emisiones de metano del agua residual se incrementan de 2.7 Gg en 1990 a 4.7 Gg en 2005.

Uso de Suelo, Cambio de uso de suelo y silvicultura

Las emisiones debidas al USCUSS representan el 95% de las emisiones y el 5% restante los incendios forestales. Las actividades generadoras de cambios en el flujo del carbono en Baja California son el manejo de los bosques y las plantaciones de árboles comerciales, los programas de reforestación, la pérdida de vegetación por la urbanización, el incremento de la agricultura y la pérdida de vegetación del matorral xerófilo. Fueron estimadas también las emisiones de gases no CO_2 debidas a los incendios forestales. En promedio se han perdido anualmente 52 Gg de C al año, lo que equivale a 190 Gg de emisiones de CO_2 por año.

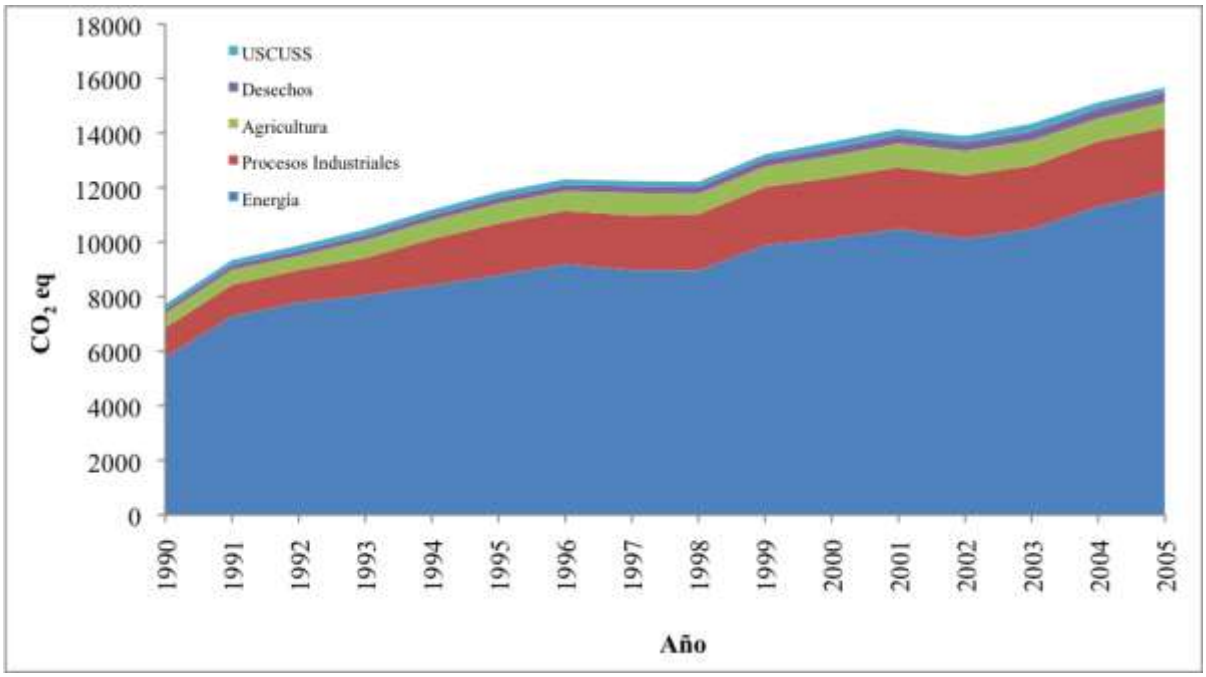
Cuadro 1. 1. Emisiones de CO_2eq provenientes de los principales sectores emisores (Gg). Continúa en la siguiente página…

SECTOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
SECTOR ENERGÉTICO	**5758.44**	**7284.88**	**7779.88**	**8057.61**	**8412.57**	**8782.40**	**9194.06**	**8971.16**
Generación de electricidad	1781.26	1782.08	2121.75	2510.60	2558.83	2800.61	2828.91	2396.87
Transporte	3284.39	4791.22	4942.48	4824.79	4955.49	5030.57	5360.14	5524.43
Industria manufacturera	110.49	105.64	99.79	90.72	96.32	102.46	110.94	156.07
Otros sectores								
Agrícola	121.55	127.75	120.68	119.14	117.33	137.62	156.45	198.80
Comercio y Servicios	43.88	45.59	46.85	48.30	63.22	66.17	69.06	129.18
Residencial	416.87	432.60	448.33	464.06	621.37	644.97	668.56	565.81
PROCESOS INDUSTRIALES	**1106**	**1149**	**1194**	**1361**	**1700**	**1906**	**1956**	**2006**
Industria del cemento	227	227	227	227	227	227	227	227
Industria del acero	0	0	0	121	413	560	569	579
Fugas de Gases refrigerantes	879	922	967	1013	1059	1118	1158	1199
AGRICULTURA	**521.59**	**556.38**	**527.43**	**654.92**	**677.98**	**728.83**	**724.13**	**832.83**
Ganadería	298.81	301.11	280.74	344.30	332.57	386.34	396.50	394.13
Fermentación entérica	188.91	190.93	180.01	219.07	213.26	249.21	257.24	255.60
Manejo del estiércol	109.90	110.18	100.73	125.24	119.31	137.13	139.26	138.53
Quemas agrícolas	102.20	129.16	121.15	170.02	200.34	181.08	163.31	278.72
Suelos agrícolas	120.58	126.12	125.54	140.60	145.07	161.41	164.32	159.98
DESECHOS	**171.54**	**181.06**	**191.11**	**201.71**	**212.91**	**224.74**	**236.06**	**247.99**
Desechos sólidos	114.36	121.06	128.15	135.65	143.60	152.01	160.92	170.35
Aguas residuales urbanas	57.18	60.00	62.96	66.06	69.31	72.72	75.14	77.64
USO DE SUELO, CAMBIO DE USO DE SUELO Y SILVICULTURA	**165.35**	**172.29**	**184.63**	**183.36**	**182.8**	**193.94**	**195.24**	**185.89**
Flujo de Carbono	155.22	170.9	182.63	179.16	179.29	182.76	181.52	177.55
Incendios forestales	10.13	1.39	2.00	4.20	3.51	11.18	13.72	8.34

Cuadro 1.1. Emisiones de CO_2eq provenientes de los principales sectores emisores (Gg). Continuación.

SECTOR	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
SECTOR ENERGÉTICO	**8965.6**	**9889.45**	**10137.9**	**10484.25**	**10138.1**	**10483.9**	**11303.92**	**11844.31**
Generación de electricidad	2176.22	2798.52	2923.34	3309.36	3309.36	3013.54	3043.62	3042.76
Transporte	5572.8	5747.51	5971.65	5997.7	5620.17	6191.21	6745.73	7274.7
Industria manufacturera	243.23	333.36	296.86	241.17	303.26	378.68	555.88	524.08
Otros sectores								
Agrícola	171.37	181.47	190.68	178.02	159.84	166.15	182.77	206.79
Comercio y Servicios	103.96	127.43	134.76	121.17	128.16	151.05	177.16	186.69
Residencial	698.02	701.16	620.6	636.83	617.31	583.28	598.77	609.29
PROCESOS INDUSTRIALES	**2059**	**2134**	**2219**	**2255**	**2315**	**2314**	**2392**	**2351**
Industria del cemento	227	227	227	227	227	227	225	209
Industria del acero	588	597	607	616	625	635	635	617
Fugas de Gases refrigerantes	1243	1308	1384	1411	1461	1451	1531	1524
AGRICULTURA	**747.28**	**754.67**	**807.74**	**880.26**	**892.67**	**935.2**	**846.86**	**924.06**
Ganadería	391.05	412.91	440.37	475.14	483.53	494.69	488.11	478.54
Fermentación entérica	254.02	268.38	286.85	310.88	316.8	324.77	320.23	315.21
Manejo del estiércol	137.02	144.53	153.52	164.25	166.72	169.92	167.88	163.33
Quemas agrícolas	199.45	181.77	204.05	236.79	237	268.46	186.88	275.43
Suelos agrícolas	156.78	159.99	163.32	168.33	172.14	172.04	171.87	170.09
DESECHOS	**260.55**	**265**	**288.85**	**300.73**	**312.25**	**319.64**	**355.31**	**368.89**
Desechos sólidos	180.33	182.19	203.21	212.76	221.89	226.82	259.97	270.95
Aguas residuales urbanas	80.22	82.89	85.64	87.97	90.36	92.82	95.34	97.94
USO DE SUELO, CAMBIO DE USO DE SUELO Y SILVICULTURA	**180.11**	**180.9**	**223.24**	**229.57**	**228.37**	**294.64**	**228.21**	**180.98**
Flujo de Carbono	179.93	176.23	211.75	229.05	213	235.89	213.7	178.04
Incendios forestales	0.18	4.67	11.49	0.52	15.37	58.75	14.51	2.94

Figura 1. 1. Tendencia de la emisión de gases para cada categoría del inventario. Período 1990-2005. Unidades en Gg



PROYECCIONES

Las proyecciones de cada fuente fueron elaboradas a partir de la tendencia que tenían las emisiones en el periodo 1990-2005, es decir el escenario de emisión de GEIs es uno inercial o de "Bussiness as usual". En 2006 las emisiones totales fueron de 16 millones de toneladas de CO_2eq, mientras que para 2050, estas se incrementarán a poco más de 45 millones de toneladas. Las emisiones esperadas para cada fuente se presentan en el cuadro 1.2. La emisiones totales para el estado de Baja California para el periodo 2006-2050 se grafican en la figura 1.2.

Metodología de las proyecciones

Para el cálculo de las proyecciones, se estudió la tendencia y la estacionalidad que presentaron los datos entre 1990 y 2005. Posteriormente se ensayaron diferentes modelos y se eligió el que mejor se ajustara a los datos de años previos.

En el sector energético la base para las emisiones futuras fue la predicción de demanda regional de petrolíferos de 2010 a 2025 fueron realizadas a partir de las tasas medias de crecimiento anual reportadas en la prospectiva de petrolíferos por la SENER.

Las estimaciones de las fugas de gases refrigerantes se hicieron considerando una tendencia inercial a la alza en un modelo lineal, esta elección pretende reflejar el crecimiento poblacional estatal esperado. Los cálculos de la industria del cemento consideraron la tendencia desde 1990, cuando se instala la infraestructura existente, misma que ha mantenido la capacidad de producción a la fecha. Las estimaciones de la industria del acero mostraron una tendencia logarítmica positiva desde 1990, la cual será mantenida. Los cálculos de COVMD provenientes de la industria de bebidas alcohólicas y la industria panificadora se hicieron considerando una tendencia inercial a la alza a partir del 2005, dicha tendencia siguió un comportamiento lineal. Por otro lado, la enorme fluctuación característica de la industria maquiladora de electrónicos, sólo permitió la proyección al 2010.

Para determinar los valores de las emisiones de gases esperados después del 2005, se utilizaron los valores de las poblaciones de ganado hasta 2008 (SIAP, 2010) y se aplicaron diferentes modelos para predecir las existencias de ganado por especie.

En el apartado de Agricultura las proyecciones siguieron modelos diferentes para cada una de las subsecciones. Las emisiones provenientes de la ganadería están basadas en las proyecciones de cada una de las poblaciones animales, y en la metodología del IPCC. Las emisiones de los gases resultantes de las quemas agrícolas siguieron un patrón estacional con aumentos crecientes de las observaciones, según el comportamiento de los serie de datos, por lo que el modelo para proyectar dichas emisiones corresponde a Winters multiplicativo con suavizamiento doble, debido a la presencia de los componentes de tendencia y estacionalidad. Para las emisiones de los suelos agrícolas se empleó Winters multiplicativo, ello debido a que las series presentan una estacionalidad creciente debido a que están basadas en la producción anual de los cultivos por lo que era necesario darle mayor peso a los últimos años.

Las emisiones de gas metano y su correspondiente equivalencia en CO_2, esperadas para los próximos años, se basaron en las proyecciones de la generación de desechos sólidos y de la proyección de población para el estado de Baja California. En el caso de los desechos generados,

el modelo describe un comportamiento con características de estacionalidad creciente. Una vez obtenidas las toneladas de desechos generados, se aplicó la metodología del IPCC para estimar las emisiones de metano.

Para estimar las proyecciones de las emisiones de gases generadas por USCUSS, se consideraron las estimaciones reportadas de flujo de carbono y se procedió a ajustar el modelo que mejor correspondiera a los datos entre 1990 y 2005. Para los incendios de la arbolada se empleó el Winters aditivo a la superficie afectada por los incendios forestales de los árboles. Para los incendios de los matorrales se empleó la descomposición con método aditivo. Los modelos para incendios mostraron tendencias con incremento.

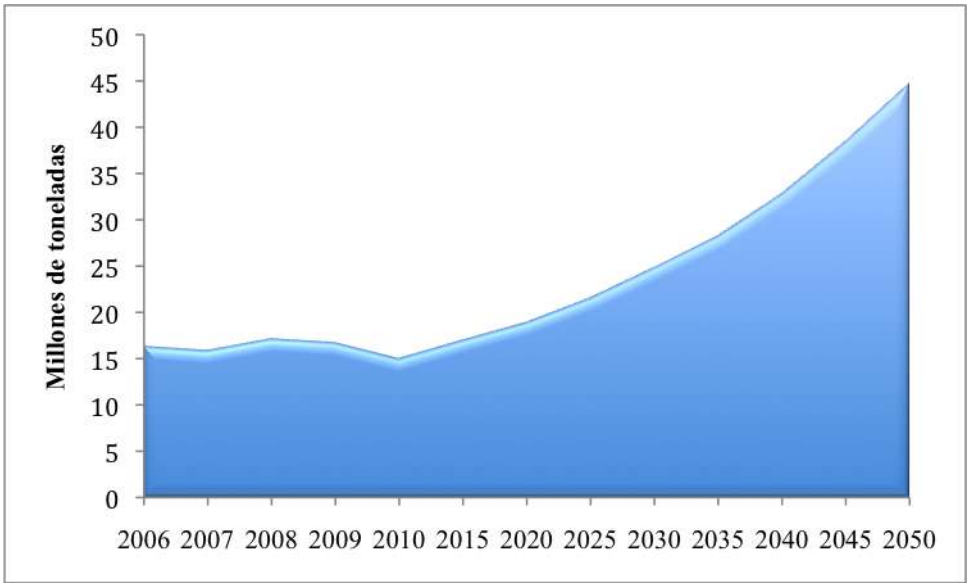
Resultados de las proyecciones

La categoría de Energía continuará siendo el mayor emisor con el 76% de la participación en 2006 y el 85% para 2050. La categoría de Procesos Industriales contribuirá con 15% en 2006 pero disminuirá a 10% en 2050. La categoría de Agricultura aportará el 5% en 2006 y disminuirá 3 puntos porcentuales en 2050. La categoría de los Desechos aporta en 2006 el 2% y disminuye levemente su participación a 1.72% en 2050. Las emisiones por el Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura aporta 1% a las emisiones totales en 2006 para reducirse 0.7% en 2050.

Cuadro 1. 2. Emisiones de CO_2eq (Gg) esperadas para el periodo 2006-2050 por categoría.

Año	Energía	Procesos industriales	Agricultura	Desechos	USCUSS
2006	12415	2477	881	371	185
2007	12155	2321	804	380	218
2008	13184	2414	903	417	226
2009	12658	2440	947	455	230
2010	10877	2561	856	480	224
2015	12337	2833	1066	517	241
2020	14131	3052	931	554	248
2025	16355	3267	1096	591	251
2030	19123	3462	1348	629	268
2035	22514	3671	1136	662	275
2040	26657	3877	1314	698	278
2045	31712	4068	1654	734	295
2050	37884	4324	1468	770	302

Figura 1. 2. Emisiones de CO_2eq en millones de toneladas esperadas en el estado de Baja California. Periodo 2006-2050.



Las proyecciones indican un incremento significativo de no aplicar medidas de mitigación. El efecto directo del aumento de gases en la atmósfera será la elevación de la temperatura ambiental promedio. De manera indirecta el aumento de la temperatura modificará los ciclos naturales y genera cambios en el ambiente como un aumento del nivel del mar, cambios en las características del suelo y de la biomasa y modificación en los patrones de fenómenos naturales.

Para Baja California, las implicaciones no sólo son ambientales, sino también tendrán alcances económicos y sociales. Los recursos hídricos ahora escasos podrían disminuir en los siguientes años. Como resultado de este desbalance hídrico, el patrón de precipitación será modificando, tras el cual se espera aumento en la frecuencia de eventos extremos, es decir, habrá menos disponibilidad de agua y esta estará concentrada en algunas lluvias torrenciales, aumentando el riesgo de desastres. Un sector económico sensible a las modificaciones del clima es el sector agropecuario. Cambios en los patrones de evapotranspiración implican mayor demanda de agua. Este sector tendrá que adaptarse a las nuevas condiciones meteorológicas para mantener los indicadores productivos actuales.

La mayor oportunidad de disminución de gases con efecto invernadero está en el sector energético, cuya emisión representa la mayor proporción entre fuentes principales.

2. CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA

Baja California cuenta con una extensión de 71 446 Km^2 que representa el 3.7% de la superficie del país. Las principales actividades económicas son la industria manufacturera y la turística; también son parte de éstas la producción agrícola, ganadera y pesquera. Junto con el estado de Nuevo León, es el estado más rico per-cápita de México, y el número uno en bajo nivel de pobreza. De acuerdo a la Secretaría de Desarrollo Económico de Baja California, la participación del Estado en el Producto Interno Bruto (PIB), en el año 2006, fue de 3.44%, que lo sitúa en el décimo sitio a nivel nacional. En el año 2005 la participación del sector comercio, restaurantes y hoteles fue la más significativa, ya que contó con una aportación de 25% del PIB estatal total. Por su parte, el sector industrial, conformado principalmente por maquiladoras, aportó cerca del 19%, en tanto que el sector energético participó con el 3%, aproximadamente. Otros sectores de gran aportación son los servicios financieros y comunales que juntos representaron el 34%. La industria de la construcción fue equivalente al 2.5% del total estatal en comparación con el 4.1% que representa a nivel nacional.

En la entidad, el modelo de ordenamiento ecológico regional está dictado por el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California (POEBC, 2005) publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de Octubre del 2005; este programa favorece la vinculación entre la planeación, la gestión y las políticas ambientales, atendiendo los aspectos ambientales, hasta el perfil socioeconómico de la población y las necesidades productivas de la entidad.

Es importante resaltar que el estado de Baja California es especialmente vulnerable a los inminentes cambios del clima mundial y regional. Según los escenarios que presenta el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), la región noroeste de México tendrá una disminución del 10 al 20% en su precipitación total anual, mientras que la temperatura media anual aumentará entre 1.5 y 2.5 grados centígrados en los próximos 50 años. Se sabe que al haber un aumento en la temperatura media se espera un cambio gradual en el promedio de otras variables climatológicas, lo cual intensificaría el ciclo hidrológico y posiblemente algunos

fenómenos como El Niño/La Niña y la intensidad de tormentas tropicales (Knutson and Tuleya 2004).

En el caso de Baja California, el incremento en la variabilidad climática posiblemente producirá más inundaciones invernales asociadas con eventos de El Niño, más sequías asociadas con evento de La Niña, más ondas de calor (Meehl y Tebaldi, 2003) y más incendios (Westerling *et al*. 2006) durante el verano. El incremento en la variabilidad de estos fenómenos climáticos extremos ya está provocando una mayor exposición de la población a los desastres. Los eventos de El Niño de 1993 y 1997-1998 produjeron graves inundaciones, deslaves y pérdidas millonarias en zonas costeras, cañones y bajíos desde California hasta Ensenada (Cavazos y Rivas, 2004).

Por otra parte, la sequía más reciente en el Noroeste de México, que ocurrió de 1994 a 2002, y que fue más intensa que la sequía de los 50s, produjo fuertes pérdidas en el sector agrícola y ganadero, así como una fuerte presión social por la disponibilidad de agua. Se proyecta que la disponibilidad de agua para el año 2020 en la Península de Baja California, el Río Bravo y las cuencas del norte será menor a los 1,000 m^3/hab/año (considerado como umbral que define la escasez de este recurso). También se proyecta que los escurrimientos del Río Colorado disminuyan en un 20% en 2050 (Milly *et al*. 2008), lo cual tendría un impacto en la agricultura y disponibilidad de agua del norte de Baja California.

Ante tal magnitud de anomalías en los regímenes de precipitación y temperatura, el Estado presentará una situación crítica por la presión del recurso agua, a la vez que observará los índices más graves de sequía, que trascurrirán de fuerte a muy severa; incrementándose las zonas secas en un 30%. En este contexto, los centros urbanos del estado experimentarán crecimientos importantes que podrían exacerbar los efectos del Cambio Climático. Así, las condiciones de vulnerabilidad estarán también ligadas a una alta concentración demográfica, procesos de industrialización, incremento de vehículos automotores, e incrementos de población lo que podría tener consecuencias graves si no se llevan a cabo acciones de mitigación y adaptación al Cambio Climático.

En el estado de Baja California existen antecedentes de actividades realizadas para atender cuestiones relativas al Cambio Climático, así lo demuestra la elaboración de un primer Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (IEGEI) del año 2005, desarrollado por el

Gobierno del Estado de Baja California en colaboración con el Colegio de la Frontera Norte y el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente.

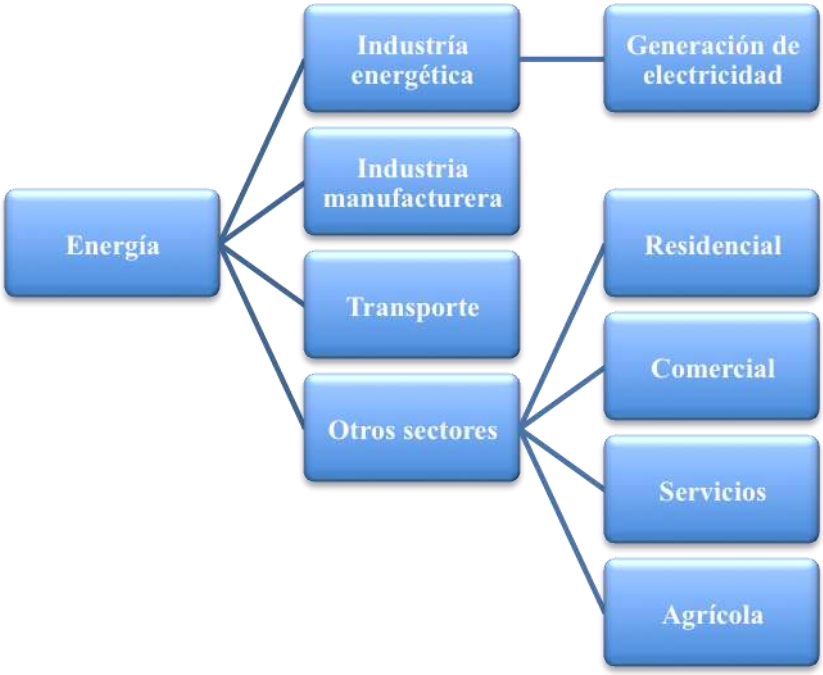
Resultados del IEGEI año 2005 mostraron que la emisión anual *per cápita* fue de alrededor de 6.22 toneladas de CO_2 equivalentes en 2005 con una población de 2.84 millones de habitantes. El sector energético fue el mayor contribuyente de GEIs emitidos con cerca de 79 % seguido por los sectores relacionados a residuos, agricultura, silvicultura y cambio de uso de suelo; y procesos industriales con 13 %, 6 % y 2 % de contribución porcentual, respectivamente.

En este primer inventario se recomienda desagregar y detallar las emisiones, a manera de elevar la categoría del inventario GEI de Baja California a un nivel 2 ó 3. Es tanto atendiendo a estas recomendaciones como para cumplir con uno de los objetivos del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (PEACC-BC), actualmente en desarrollo, que en esta ocasión se actualiza o en su defecto se desarrolla un inventario de emisiones de GEI a nivel estatal para el periodo 1990 a 2005, aplicando en la mayoría de casos la metodología 1996 o en defecto 2006 “IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”; en no pocos se estiman niveles de categorías con factores de defecto regionalizados. En esta actualización también se hacen proyecciones de todas las categorías a 2050.

3. ENERGÍA

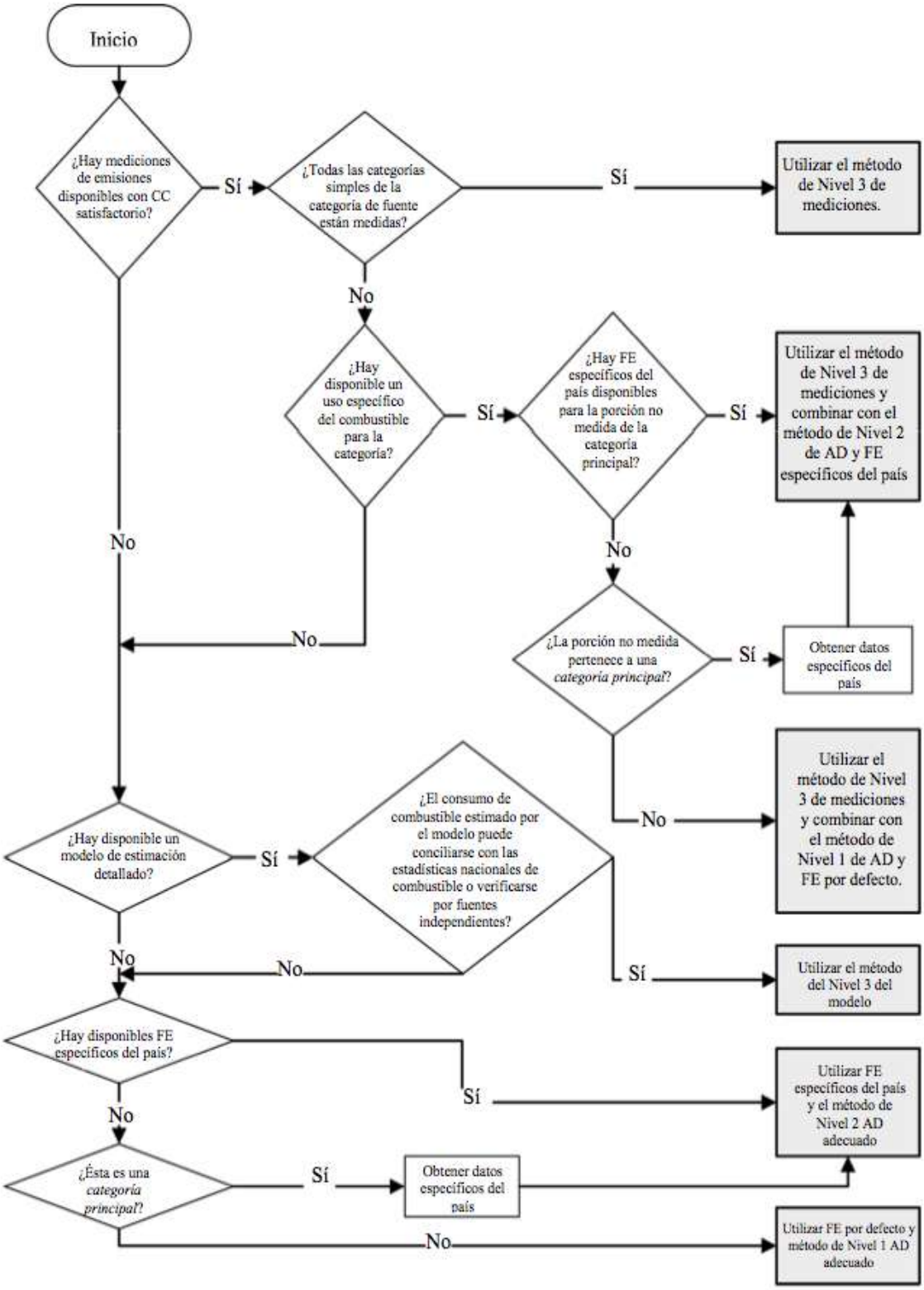
Este capítulo describe el inventario de emisiones de GEI provenientes del sector Energía, de acuerdo a las directrices del IPCC este recuento sigue un método de nivel 2. Por otro lado, de las tres actividades sugeridas a incorporar en este sector por la institución internacional, es decir: 1) actividades de consumo de combustibles, 2) emisiones fugitivas; y 3) transporte y almacenamiento de bióxido de carbono, sólo se hicieron estimaciones para el primer rubro; éste a su vez se descompuso en 4 subsecciones: 1) Industria energética, 2) Industria manufacturera, 3) Transporte, y 4) Otros sectores. Dentro de cada subsección se describen las fuentes de las emisiones por uso de combustible y generación de las emisiones de bióxido de carbono, metano y óxido nitroso derivadas bajo la metodología de las a las directrices 2006 del IPCC. La figura 3.1 muestra la desagregación de componentes por sub-sección.

Figura 3. 1. Componentes reportados en la sección de energía



El árbol de decisiones de la Figura 3.2 describe el camino tomado para elegir el nivel dos. Primera respuesta: No hay mediciones de emisiones disponibles. Segunda respuesta: No hay disponible un método de medición detallado. Tercera respuesta: Sí es una categoría principal. Por lo tanto se emplean los factores de emisión específicos para el país y el método Nivel 2.

Figura 3.2. Árbol de decisiones de la categoría de energía



Datos de actividad

Los datos se obtuvieron de las siguientes fuentes:

INEGI, 2004ª. Tijuana, Baja California. Cuaderno estadístico municipal. Disponible en línea http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/biblioteca/default.asp?accion=2&upc=702825006405&seccionB=bd

INEGI 2004 b. Tecate, Baja California. Cuaderno estadístico municipal. Disponible en línea http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/catalogo/default.asp?accion=2&upc=702825930004&seccionB=cp

INEGI 2005. Ensenada, Baja California. Cuaderno estadístico municipal. Disponible en línea http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/biblioteca/default.asp?accion=2&upc=702825001061&seccionB=bd

INEGI 2006. Playas de Rosarito, Baja California. Cuaderno estadístico municipal. Disponible en línea

http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/biblioteca/default.asp?accion=2&upc=702825006411&seccionB=bd

Secretaría de Energía, 2008. Balance Nacional de Energía 2007

Secretaría de Energía, 2003. Prospectiva del sector eléctrico 2002-2011

Secretaría de Energía, 2005. Prospectiva del sector eléctrico 2004-2013

Secretaría de Energía, 2007. Prospectiva del sector eléctrico 2006-2015

Secretaría de Energía, 2007. Prospectiva del mercado de gas licuado de petróleo 2007-2016.

Secretaría de Energía, 2008. Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017

Secretaría de Energía, 2002. Perfil energético de América del Norte. Primera edición. México. Disponible en línea en www.energia.gob.mx.

Secretaría de Energía, 2008. Estudio sobre tarifas eléctricas y costos de suministro, Junio de 2008.

Secretaría de Energía, 2010. Prospectiva del Sector Eléctrico 2010-2025, Primera Edición, México. Disponible: http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub.

Secretaría de Energía, 2010. Prospectiva del mercado de gas natural 2010- 2025, Primera Edición. Disponible: http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/

Secretaría de Energía, 2010. Prospectiva de Petrolíferos 2010-2025

UABC, 2006. Actualización de la planificación energética de las ciudades de Mexicali y Tijuana Baja California. Reporte final.

Secretaría de Desarrollo Económico, 2008. Guía del inversionista para Baja California 2008. Gobierno del Estado de Baja California.

Secretaría de Desarrollo Económico, 1999. Estudio sobre el Análisis de las tarifas industriales eléctricas de Baja California. Agosto, Mexicali, Baja California, México.

PEMEX, 2010. Oficio sobre la distribución de petrolíferos en Baja California

Muñoz M. G., Campbell R. H., Díaz E., Quintero N. M, 2011. Perfil Energético 2010-2020 para Baja California: Propuesta y Análisis de Indicadores Energéticos para el Desarrollo de Prospectivas Estatales. Reporte preparado para la Comisión Estatal de Energía del Gobierno de Baja California

Los factores de defecto se tomaron de:

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan

3.1. INDUSTRIA ENERGÉTICA

3.1.1. Generación de electricidad

El estado de Baja California con 5 municipios que pueden clasificarse en dos áreas energéticas: la zona costa (Ensenada, Rosarito, Tijuana y Tecate); y la zona valle (Mexicali). Baja California tiene una base energética integrada por derivados del petróleo y electricidad. La electricidad es generada localmente en una red aislada del sistema eléctrico nacional pero conectada a California mediante dos líneas de 230 kv, una en Otay, Tijuana y otra al Oeste de Mexicali. Para la generación de electricidad se usa una mezcla que depende cada vez más de combustibles fósiles importados a la región; en particular gas natural.

3.1.1.1. Zona Costa

En la región Tijuana-Rosarito-Tecate estaban instaladas 11 unidades con un total de 1,326 MW. 6 unidades de tipo termoeléctrica convencional (TC) para operar con combustóleo con capacidad de 620 MW. Dos unidades de tipo ciclo combinado (CCC) operando con gas natural con capacidad de 496 MW, dos unidades de respaldo tipo turbogas (TG) que utilizan diesel como

combustible con 60 MW de capacidad y una unidad de respaldo tipo turbogas de 150 MW que consume gas natural. Sólo los 320 MW de termoeléctrica convencional, las dos unidades de ciclo combinado (496 MW) y la turbogas de 150 MW eran realmente efectivas con una capacidad de 966 MW. En el 2006 salieron de operación 300 MW de las 4 unidades de 75 MW operadas con combustóleo, y para el 2010 se incrementaron 319 MW de ciclo combinado operando con gas natural, de tal forma que la generación en la región Tijuana-Rosarito-Tecate está basada actualmente en una capacidad de 1348 MW. En Ensenada hay dos unidades turbogas operadas con diesel con una capacidad de 52.43 MW que sumadas a lo anterior le proporciona a la subárea Costa un total de 1400 MW instalados. Sin considerar las unidades de respaldo la capacidad efectiva puede establecerse prácticamente en 1285 MW.

3.1.1.2. Zona Valle

En la subárea Valle hay 720 MW en 13 unidades geotermoeléctricas que utilizan vapor geotérmico como combustible. Las primeras 5 unidades (180 MW) datan de hace más de 30 años y deben considerarse con las reservas del caso en cuanto a su efectividad en operación. La unidad más nueva en la sub-área Valle es de ciclo combinado operando con gas natural (506 MW), y existen además unidades turbogas de respaldo que contabilizan 72.5 MW. En la subárea Valle la generación de electricidad es con vapor geotérmico y gas natural con una capacidad instalada de 1298.5 MW de la cual se considera efectiva 1226 MW. Esto representa un total para el sistema de Baja California de 2700 MW. Las Centrales Base operan la mayor parte del tiempo todo el año y se seleccionan los sistemas de más bajo costo para suministrar la electricidad en la parte inferior del área contenida por la curva demanda-tiempo. La central geotermoeléctrica de Cerro Prieto y las centrales de ciclo combinado operan como centrales base del sistema. Las centrales reguladoras, operan preferentemente sólo en los picos de demanda (área superior bajo la curva) y tienen un mayor costo de generación como es el caso de las centrales convencionales de termoeléctrica Presidente Juárez en Rosarito.

3.1.1.3. Mezcla de combustibles

Las centrales de generación de electricidad instaladas en Baja California utilizan como combustibles vapor geotérmico, combustóleo, diesel y gas natural. El vapor geotérmico sólo se emplea en la zona Valle mientras que el combustóleo sólo se utiliza en la zona Costa. La participación porcentual de combustibles por tecnologías se muestra en el cuadro 3.1.

Cuadro 3. 1. Porcentaje de participación de combustibles por tecnología en la generación de electricidad en Baja California, 1990-2005

Año	Geotérmica	TC Comb.	CCC GN	TG Diesel	TG Gas
1990	75.56%	24.22%	0.00%	0.23%	0.00%
1991	75.69%	24.07%	0.00%	0.24%	0.00%
1992	71.21%	28.60%	0.00%	0.18%	0.00%
1993	67.13%	32.69%	0.00%	0.18%	0.00%
1994	66.39%	33.52%	0.00%	0.09%	0.00%
1995	63.29%	36.63%	0.00%	0.09%	0.00%
1996	62.65%	37.16%	0.00%	0.19%	0.00%
1997	66.70%	33.15%	0.00%	0.15%	0.00%
1998	70.66%	29.17%	0.00%	0.17%	0.00%
1999	63.11%	35.09%	0.00%	0.25%	1.55%
2000	62.18%	30.03%	0.00%	0.14%	7.65%
2001	53.06%	23.18%	14.87%	0.12%	8.77%
2002	53.12%	23.19%	14.83%	0.12%	8.74%
2003	48.29%	9.40%	40.63%	0.11%	1.57%
2004	44.42%	5.38%	49.67%	0.10%	0.43%
2005	47.94%	5.60%	45.87%	0.10%	0.50%

Fuente: Elaboración propia

Nota: TC: Termoeléctrica convencional, CCC ciclo combinado, TG turbogas

Hasta antes de 1998 la producción de electricidad fue en base a vapor geotérmico (75% a 70%) auxiliándose con el uso de combustóleo. En 1999 entra a la matriz energética el gas natural y para el 2010 el 54% de la producción de energía eléctrica fue con este combustible y prácticamente el resto con vapor geotérmico. El combustóleo representa el 6% mientras que el diesel siempre ha tenido una participación mínima en el sistema. La zona Costa prácticamente opera sólo con gas natural y participa con el 36% de la generación bruta total del sistema.

El uso de diferentes combustibles y tecnologías produce eficiencias globales en el sistema que en 1990 se ubicaban en 18.4% y que con la participación del gas natural se han elevado en el 2010 a 26.8 %. Esta eficiencia global significa que actualmente por cada gigacaloría (Gcal) que se obtiene como electricidad en la generación bruta hay que alimentar del orden de 4 Gcal en forma de combustibles.

3.1.1.4. Usuarios sectoriales

El número de usuarios por municipio en el período 1996-2004 creció al 4.63% en promedio por año, dichos usuarios se distribuyeron de la siguiente manera 34% en Mexicali, 51% en la zona Tijuana, Rosarito y Tecate y 15% en Ensenada. Sin embargo el consumo durante el mismo periodo muestra un reparto porcentual ligeramente distinto; Mexicali consume el 49% de la electricidad, la región de Tijuana, Rosarito y Tecate consume el 41% y Ensenada el 10% restante.

Por otro lado, el consumo por sectores de servicios e industrial en el período 1996-2004 en BC se comportó de la siguiente manera: en Mexicali se consume el 46% de la electricidad destinada al sector de servicios en la entidad y el 44% de la que se consume en el sector industrial, mientras que la participación de Tijuana en estos mismos sectores es de 42% y 48%, respectivamente. Por su parte Ensenada participa con el 12% de las ventas para el sector servicios y con el 8% de las dedicadas al sector industrial. Estos datos son a partir del número de usuarios.

El considerable consumo eléctrico en el sector industrial refleja el hecho de que las actividades manufactureras y ensamblado constituyen una porción importante de la economía de Mexicali y Tijuana. Además de que en Mexicali existen algunas industrias de gran demanda de energía eléctrica como las de producción de vidrio y de acero.

3.1.1.5. Ventas

Las ventas de electricidad (industrial y del servicio público en conjunto) por municipio en el período 1990-2005 se intensificaron en la Zona Valle probablemente por el efecto de su clima semidesértico, este clima está caracterizado por escasas lluvias y temperaturas extremosas. Así Mexicali incrementó su consumo desde el 40% hasta el 49%. Por otro lado, la región de Tijuana actualmente consume el 33.5%, Rosarito 0.8%, Tecate 1.1% y Ensenada el 8.1%. La Zona Valle representa el 56.5% del consumo.

El consumo de electricidad en Baja California está creciendo a una tasa anual compuesta con base a 1990 de 4.9%. Mexicali presenta una tasa de 6% y Tijuana crece con una tasa de 4.4%, entre los dos municipios constituyen el 82% de las ventas del estado. En todos los casos se observa una tendencia de disminución en las tasas de crecimiento a partir de 2006.

El consumo principal es en las tarifas de media y alta tensión (mediana y gran industria) con 54.2%. El sector doméstico representa el 34.4% y el comercial el 6.9%. Los sectores de servicios

y agrícola contribuyen con el 4.5% restante. El sector industrial con el 1% de los usuarios consume el 54% de las ventas internas de electricidad.

El consumo industrial en media y alta tensión está creciendo con una tasa del orden de 2 veces mayor que el consumo residencial, mientras que los sectores comercial, de servicios y agrícola crecen a tasas más bajas que el sector doméstico. Esto se atribuye a la instalación de empresas más intensivas en el uso de la energía asociado con precios más altos en las tarifas domésticas, comerciales y de servicios. Sin embargo, se observa una tendencia a la disminución en la tasa de crecimiento del consumo a partir de 2002, excepto en el sector agrícola, lo cual evidentemente es el efecto de la elasticidad al precio, mayor costo de la electricidad menor consumo.

En Mexicali se consume el 45% de la electricidad destinada al sector industrial, mientras que la participación de Tijuana es de 42%. Por su parte Ensenada participa con el 7% de las ventas. El porcentaje restante corresponde a Rosarito y Tecate. Estos porcentajes son a partir de las ventas de electricidad.

3.1.1.6. Balance de Energía eléctrica

El balance de energía eléctrica para la División Baja California para el período 1990 a 2005 se muestra en el cuadro 3.2.

De toda la energía que generan las centrales en Baja California (generación bruta), aproximadamente se entrega en forma real el 80% a los usuarios. En 1990 por cada MWh consumido en la División Baja California era necesario generar 1.72 MWh, este valor descendió en el 2010 a 1.24 MWh de generación bruta por cada MWh de venta sectorial.

Cuadro 3. 2. Balance General de Electricidad para Baja California 1990-2005 (MWh)

Año	Generación Bruta[1]	Usos Propios en generación	Generación Neta	Importación	Exportación	Energía neta necesaria	Usos propios, Pérdidas transmisión distribución	Ventas sectoriales	Ventas sectoriales Baja California	Ventas sectoriales San Luís
1990	6,476,152	289,629	6,186,523	29,500	1,951,000	4,265,023	491,221	3,773,802	3,537,515	236,287
1991	6,476,568	320,368	6,156,200	30,800	2,116,000	4,071,000	255,133	3,815,867	3,566,592	249,275
1992	6,783,625	342,225	6,441,400	49,500	2,022,000	4,468,900	413,742	4,055,157	3,793,317	261,840
1993	7,230,387	382,617	6,847,770	44,000	1,995,000	4,896,770	768,891	4,127,878	3,855,135	272,743
1994	7,298,187	367,305	6,930,882	166,000	1,947,000	5,149,882	556,164	4,593,718	4,293,407	300,311
1995	7,505,443	340,913	7,164,530	228,000	1,920,000	5,472,530	1,066,041	4,406,489	4,080,770	325,719
1996	7,442,820	329,350	7,113,470	355,000	1,258,000	6,210,470	596,746	5,613,724	5,244,584	369,140
1997	6,951,788	403,329	6,548,459	406,000	17,000	6,937,459	730,192	6,207,267	5,820,909	386,358
1998	6,897,546	320,817	6,576,729	480,000	45,000	7,011,729	664,088	6,347,641	5,974,623	373,018
1999	7,481,644	426,083	7,055,561	646,000	31,000	7,670,561	604,317	7,066,243	6,650,354	415,890
2000	8,249,810	442,440	7,807,370	927,000	66,000	8,668,370	698,753	7,969,617	7,522,295	447,322
2001	9,443,680	492,965	8,950,715	82,000	112,000	8,920,715	689,795	8,230,919	7,770,064	460,855
2002	9,443,700	465,279	8,978,421	31,000	164,000	8,845,421	708,652	8,136,769	7,677,831	458,939
2003	10,562,000	464,253	10,097,747	45,000	765,000	9,377,747	843,659	8,534,089	8,049,781	484,307
2004	10,983,000	463,307	10,519,693	39,000	770,000	9,788,693	919,620	8,869,073	8,390,530	478,543
2005	11,428,000	480,231	10,947,769	75,000	1,037,000	9,985,769	920,162	9,065,606	8,496,342	569,264

El 4% de la generación bruta es utilizada por las mismas centrales y se estimó que el 2% es utilizada por los procesos de transmisión y distribución (usos propios) y el 6.4% son pérdidas técnicas del sistema (Muñoz *et al*., 2011).

Las centrales geotermoeléctricas tienen eficiencias de 16%, las plantas turbogas operando con diesel 17%, las termoeléctricas convencionales de Rosarito usando combustóleo 28% y 33%, las turbinas de ciclo simple con gas natural 42% y las de ciclo combinado con gas natural generan con una eficiencia de 51% (Muñoz *et al*., 2011).

[1] Los datos de generación bruta fueron solicitados a la Comisión Federal de Electricidad

Al descontar la exportación de energía a los Estados Unidos y agregar la importación para obtener la energía neta necesaria en la División Baja California; se nota que la importación de energía está asociada a que la demanda máxima del sistema no permite mantener la capacidad mínima de reserva para enfrentar situaciones contingentes, mientras que la exportación cuando las condiciones de mercado son favorables permite elevar los factores de planta y abatir los costos fijos del sistema mejorando la economía del mismo.

La generación neta está soportada en las centrales ubicadas en Mexicali (centrales base) y que Rosarito sigue operando como una central reguladora. Las variaciones en la participación de las centrales en la generación total se atribuyen principalmente a la relación entre el costo del combustible y la eficiencia de conversión, es decir, se opera la combinación de unidades por tecnología, combustible y eficiencia que representen la mejor opción económica y este criterio se aplica también a la programación de la disponibilidad de las mismas (mantenimiento, reparación, modificación, arranque de nuevas unidades).

En 1990 el 76% de la generación neta estaba suministrada por vapor geotérmico y el 24% por combustóleo, al 2010 la geotermia contribuye con el 40%, el combustóleo el 6%, y el 54% restante se produce con gas natural. El vapor geotérmico sigue siendo la opción más económica para generar y los precios del gas natural son menos competitivos. Aun así el futuro de la generación en Baja California cada vez estará más dominada por el gas natural y por ello la importancia de lograr el abastecimiento de este combustible a precios accesibles.

3.1.1.7. Metodología para el cálculo de las emisiones por generación de electricidad

Los cálculos se basaron en la venta de combustibles reportada para el estado, estas cifras se transformaron a unidades de peso multiplicándolas por la densidad reportada por PEMEX para los combustibles en cuestión. Después se estimó el calor calorífico neto (en TJ) a partir de los datos de consumo en peso. Las ecuaciones correspondientes para llevar a cabo estos cálculos fueron las siguientes:

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), específicamente óxidos de carbono (como CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) se calcularon usando los factores de emisión para combustión estacionaria en plantas de generación de electricidad del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2006a), excepto para la planta geotérmica de Cerro Prieto donde se usó el factor de emisión de CO_2 derivado de la UABC en previos estudios (Campbell *et al*., 2011). De acuerdo a:

Donde:

Emisiones GEI: Emisiones de GEI (CO_2, CH_4 y N_2O) por tipo de combustible (Kg GEI).

Combustible consumido: Cantidad de combustible quemado (TJ)

FE_{GEIi} Factor de emisión predeterminado de GEI según el tipo de combustible (Kg gas/TJ). Se asume que el factor de oxidación de C es 1.

3.1.1.8. Resultados del cálculo de emisiones GEI por generación de electricidad

Los resultados de las estimaciones de GEI por generación de electricidad se muestran en los cuadros 3.3 al 3.5.

Como se observa en el cuadro 3.3, en 1990 se estimó una emisión de 1.8 millones de toneladas de CO_2, de éstos el 78% fueron producidas por el uso de combustóleo en Rosarito. El efecto combinado del incremento de generación y la substitución de combustóleo por gas natural produjo para el 2005 una emisión de 3.0 millones de toneladas de CO_2, pero la participación de la zona Costa en el consumo de combustóleo disminuyó a 40% y las emisiones relativas a la generación de electricidad decrecieron levemente al pasar de 274 kg/MWh en 1990 a 266 kg/MWh en el 2005.

El CH_4 por su parte, como se nota en el cuadro 3.4, mostró un incremento acelerado de 1990 a 1996 con 56 a 96 toneladas anuales (valor máximo en el período), esta alza corresponde al consumo incremental de combustóleo en la zona costa; a partir de 1997 las emisiones de metano muestran un descenso durante los siguientes dos años como respuesta a la introducción de gas natural y remplazo del combustóleo en la zona costa; sin embargo las emisiones de CH_4 remontan

nuevamente en el 2000 manteniendo una meseta en las 95 toneladas anuales por los siguientes tres años, reflejando el efecto combinado de combustóleo y gas natural en la zona costa. La entrada de gas natural en la zona valle y posteriores reducciones de uso de combustóleo en la zona costa, provocó una reducción en las emisiones de metano, que en la actualidad oscilan por las 75 toneladas. Las emisiones relativas a la generación de electricidad disminuyeron de 8.7 g/MWh en 1990 a 5.3 g/MWh en el 2005.

La evolución de las emisiones de N_2O mostradas en el cuadro 3.5, sigue un patrón muy similar a las de metano anteriormente descrito. Así las emisiones de N_2O muestran un incremento de 11.2 a 19.4 toneladas anuales de 1990 a 1996 por consumo incremental de combustóleo en la zona costa; las emisiones descienden por dos años consecutivos a partir de 1997 en respuesta a la introducción de gas natural y remplazo del combustóleo en la zona costa; sin embargo remontan nuevamente en el 2000 manteniendo una meseta en las 17187 toneladas anuales por los siguientes tres años, reflejando el efecto combinado de combustóleo y gas natural en la zona costa. La entrada de gas natural en la zona valle y posteriores reducciones de uso de combustóleo en la zona costa, provocó una reducción en las emisiones de óxido nitroso, que en la actualidad oscilan por las 10 toneladas. Las emisiones relativas a la generación de electricidad disminuyeron de 0.17 g/MWh en 1990 a 0.07 g/MWh en el 2005.

Como se nota el uso de gas natural es menos dañino en comparación con los otros combustibles fósiles históricamente usados, tal como el combustóleo. Sin embargo, la combustión de gas natural dista de ser inocua, ésta produce cantidades grandes de contaminantes atmosféricos, tales como NO_x, CO y PM_{10}.

Cuadro 3. 3. Emisiones de CO_2 a la atmósfera[2], 1990-2005, Gg

Año	Zona Valle			Zona costa			Total
	Vapor geotérmico	Diesel	Gas Natural	Combustoleo	Diesel	Gas Natural	
1990	331	8	0	1422	16	0	1777
1991	331	9	0	1422	16	0	1777
1992	325	7	0	1770	13	0	2116
1993	326	8	0	2156	14	0	2504
1994	327	4	0	2212	8	0	2552
1995	322	1	0	2460	10	0	2793
1996	316	7	0	2484	14	0	2821
1997	315	6	0	2060	10	0	2390
1998	329	7	0	1823	12	0	2170
1999	318	19	0	2388	12	55	2791
2000	347	6	0	2260	12	292	2916
2001	340	6	0	2017	12	927	3302
2002	340	6	0	2017	12	927	3302
2003	347	6	638	896	12	1110	3009
2004	334	6	925	538	12	1225	3040
2005	375	6	844	577	12	1226	3039

[2] El Apéndice B presenta la base de datos para los cálculos

Cuadro 3. 4. Emisiones de CH_4 a la atmósfera[3], 1990-2005, Gg

Año	Zona Valle			Zona costa		Total
	Diesel	Gas Natural	Combustoleo	Diesel	Gas Natural	
1990	3.428E-04	0.000E+00	5.511E-02	6.351E-04	0.000E+00	6.E-02
1991	3.545E-04	0.000E+00	5.511E-02	6.566E-04	0.000E+00	6.E-02
1992	2.937E-04	0.000E+00	6.861E-02	5.440E-04	0.000E+00	7.E-02
1993	3.085E-04	0.000E+00	8.355E-02	5.715E-04	0.000E+00	8.E-02
1994	1.753E-04	0.000E+00	8.576E-02	3.248E-04	0.000E+00	9.E-02
1995	2.417E-05	0.000E+00	9.535E-02	4.118E-04	0.000E+00	1.E-01
1996	3.030E-04	0.000E+00	9.627E-02	5.614E-04	0.000E+00	1.E-01
1997	2.254E-04	0.000E+00	7.983E-02	4.175E-04	0.000E+00	8.E-02
1998	2.635E-04	0.000E+00	7.065E-02	4.882E-04	0.000E+00	7.E-02
1999	7.517E-04	0.000E+00	9.256E-02	4.657E-04	9.826E-04	9.E-02
2000	2.514E-04	0.000E+00	8.758E-02	4.657E-04	5.201E-03	9.E-02
2001	2.514E-04	0.000E+00	7.819E-02	4.657E-04	1.652E-02	1.E-01
2002	2.514E-04	0.000E+00	7.819E-02	4.657E-04	1.652E-02	1.E-01
2003	2.514E-04	1.138E-02	3.473E-02	4.657E-04	1.979E-02	7.E-02
2004	2.514E-04	1.649E-02	2.085E-02	4.657E-04	2.184E-02	6.E-02
2005	2.514E-04	1.504E-02	2.235E-02	4.657E-04	2.185E-02	6.E-02

[3] El Apéndice B presenta la base de datos para los cálculos

Cuadro 3. 5. Emisiones de N_2O a la atmósfera[4], 1990-2005, kg

Año	Zona Valle			Zona costa		Total
	Diesel	Gas Natural	Combustoleo	Diesel	Gas Natural	
1990	7.E-05	0.E+00	1.E-02	1.E-04	0.E+00	1.E-02
1991	7.E-05	0.E+00	1.E-02	1.E-04	0.E+00	1.E-02
1992	6.E-05	0.E+00	1.E-02	1.E-04	0.E+00	1.E-02
1993	6.E-05	0.E+00	2.E-02	1.E-04	0.E+00	2.E-02
1994	4.E-05	0.E+00	2.E-02	6.E-05	0.E+00	2.E-02
1995	5.E-06	0.E+00	2.E-02	8.E-05	0.E+00	2.E-02
1996	6.E-05	0.E+00	2.E-02	1.E-04	0.E+00	2.E-02
1997	5.E-05	0.E+00	2.E-02	8.E-05	0.E+00	2.E-02
1998	5.E-05	0.E+00	1.E-02	1.E-04	0.E+00	1.E-02
1999	2.E-04	0.E+00	2.E-02	9.E-05	1.E-04	2.E-02
2000	5.E-05	0.E+00	2.E-02	9.E-05	5.E-04	2.E-02
2001	5.E-05	0.E+00	2.E-02	9.E-05	2.E-03	2.E-02
2002	5.E-05	0.E+00	2.E-02	9.E-05	2.E-03	2.E-02
2003	5.E-05	1.E-03	7.E-03	9.E-05	2.E-03	1.E-02
2004	5.E-05	2.E-03	4.E-03	9.E-05	2.E-03	8.E-03
2005	5.E-05	2.E-03	4.E-03	9.E-05	2.E-03	8.E-03

[4] El Apéndice B presenta la base de datos para los cálculos

El promedio de electricidad consumida per cápita en Baja California en el periodo 1990 a 2005 fue de 2587 KWh/hab, este valor dista de ser estable más bien ha mostrado un acelerado aumento, así el consumo de electricidad en el Estado está creciendo a una tasa anual compuesta con base a 1990 de 4.9%. Al inicio del periodo la cifra era de 2015 KWh per cápita, valor que fue en aumento hasta alcanzar un máximo de 3173 KWh per cápita en 2005.

La productividad global del Estado en relación al consumo de electricidad se ha intensificado paulatinamente al aumentar de 0.12 kWh/$ en 1993 a 0.17 kWh/$ en 1999. La tendencia indica que se está empleando cada vez más electricidad para apoyar a los sectores económico y social.

3.2. INDUSTRIA MANUFACTURERA

La matriz energética usada en la industria manufacturera en Baja California tiene dos componentes: electricidad y petrolíferos, específicamente: diesel, querosenos, lubricantes, gas LP, gas natural y coque de petróleo.[5]

La intensidad energética industrial con respecto a la electricidad fue de 0.29 kWh/$ en 1993 manteniendo una tendencia al alza hasta el 2002 donde alcanza un valor máximo de 0.47 KWh/$, es a partir de tal año que se nota un descenso moderado a una cifra de 0.43 KWh/$ en 2005.

Si la intensidad energética industrial es desglosada en pequeña, mediana y gran industria se observa que fue la pequeña industria la que demandó más electricidad seguida de la mediana y la gran industrial. Esto devela que fue la pequeña industria la que usó más electricidad para apoyar sus procesos, en promedio hasta 2 veces más que la mediana, esto podría sugerir una ineficiencia de la energía eléctrica en tal sector.

El comportamiento del indicador de intensidad energética industrial por uso de petrolíferos muestra igualmente un tendencia al alza lo que evidencia una utilización intensa en los años más recientes, particularmente de gas natural lo que ocasionó también una dependencia de ése combustible y las fluctuaciones de sus costos. La intensidad energética de alrededor de $5.5x10^{-6}$ tep/$ característica del periodo 1993 a 1996, se vio modificada con la entrada del uso de gas natural en la industria en 1997, año en que inició un aumento de intensidad energética, misma

[5] El Apéndice C presenta los datos de la actividad para cada tipo de combustible

que alcanzó un máximo de $5.5x10^{-6}$ tep/$ en 1999. Para después presentar fluctuaciones durante los siguientes seis años aunque siempre a la alza, hasta alcanzar $1.6x10^{-5}$ tep/$ en 2005.

Por otro lado, la intensidad energética industrial (unidades adimensionales) por municipio y por industrias manufactureras por municipio en los años 1999 y 2004, se muestra en los cuadros 3.6 al 3.8.

Cuadro 3. 6. Intensidad energética industrial (SCIAN 21-23)

	1999	2004
Baja California	28.4	43.9
Ensenada	7.3	12.4
Mexicali	43.0	60.2
Tijuana	8.7	5.0
Tecate	9.4	7.1
Playas de Rosarito	12.0	13.4

Fuente: Censos Económicos, INEGI años seleccionados

Del cuadro 3.7 se observa que 1999 Mexicali fue el municipio con la mayor intensidad energética industrial, ocasionado en gran medida por su industria metálica básica. La segunda industria energética intensiva fue la química primero en Ensenada y después en Rosarito; por otro lado las industrias de fabricación de productos a base de minerales no metálicos y maderera de Tecate ocuparon la cuarta posición en intensidad energética industrial. Durante 1999, la industria alimentaria en Tijuana fue la menos intensamente energética en Baja California.

Hacia 2004, la fabricación de insumos textiles en Mexicali fue la de mayor intensidad energética. Seguida de la de fabricación de maquinaria y equipo en Tijuana; la química en Tecate, la industria metálica básica en Ensenada. Durante ese año el municipio menos energéticamente intenso fue el de Rosarito.

Cuadro 3. 7. Industrias manufactureras (SCIAN 31-33), 1999

Sección manufacturera	Baja California	Ensenada	Mexicali	Tijuana	Tecate	Playas de Rosarito
Industria manufacturera	5.6	10.2	6.2	4.7	4.2	4.7
311 Industria alimentaria	7.9	11.8	5.1	10.5	13.3	10.6
312 Industria de las bebidas y del tabaco	4.1	23.6	7.0	4.7	2.1	1.2
313 Fabricación de insumos textiles	8.6	n.d.	8.3	9.3	1.3	n.d.
314 Confección de productos textiles, excepto prendas de vestir	2.5	1.6	3.6	2.5	2.1	n.d.
315 Fabricación de prendas de vestir	2.7	2.4	3.8	2.5	2.2	4.9
316 Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir	2.5	1.6	2.6	2.2	5.9	8.2
321 Industria de la madera	5.0	4.8	7.7	4.9	18.8	13.7
322 Industria del papel	5.0	2.4	13.9	1.8	4.6	8.7
323 Impresión e industrias conexas	4.2	5.3	5.9	3.1	5.7	6.6
324 Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	-4.6	-3.6	-3.6	-5.3	n.d.	n.d.
325 Industria química	8.3	45.4	10.2	6.1	-24.8	20.5
326 Industria del plástico y del hule	7.7	9.7	7.6	7.5	13.0	1.0
327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	15.0	26.1	16.9	4.6	19.1	2.3
331 Industrias metálicas básicas	47.3	7.9	64.7	6.7	16.7	n.d.
332 Fabricación de productos metálicos	4.5	5.9	3.1	5.1	6.3	17.7
333 Fabricación de maquinaria y equipo	3.9	1.4	4.1	3.6	16.3	6.1
334 Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	4.3	2.6	5.2	4.0	3.4	n.d.
335 Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos	4.2	1.7	4.0	4.2	4.6	17.4
336 Fabricación de equipo de transporte	3.8	14.9	2.3	6.4	11.5	n.d.
337 Fabricación de muebles y productos relacionados	4.2	7.2	6.5	4.1	2.9	4.9
339 Otras industrias manufactureras	4.0	2.9	3.0	4.9	3.0	18.7

Fuente: Elaboración propia con base al Censo Económico INEGI 1999 y el Censo Industrial INEGI 1999

Hacia 2004, la fabricación de insumos textiles en Mexicali fue la de mayor intensidad energética. Seguida de la de fabricación de maquinaria y equipo en Tijuana; la química en Tecate, la industria metálica básica en Ensenada. Durante ese año el municipio menos energéticamente intenso fue el de Rosarito.

Cuadro 3. 8. Industrias manufactureras (SCIAN 31-33), 2004

Sección manufacturera	Baja California	Ensenada	Mexicali	Tijuana	Tecate	Playas de Rosarito
Industrias manufactureras (SCIAN 31-33)	7.2	9.2	8.0	7.5	6.5	6.4
311 Industria alimentaria	7.9	21.2	8.1	18.8	5.5	11.7
312 Industria de las bebidas y del tabaco	5.3	26.3	5.8	6.7	2.4	22.3
313 Fabricación de insumos textiles	25.5	n.d.	106.0	n.d.	7.1	20.0
314 Confección de productos textiles, excepto prendas de vestir	3.4	2.3	3.9	2.4	4.0	n.d.
315 Fabricación de prendas de vestir	2.4	3.0	5.8	4.6	1.8	2.9
316 Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir	2.1	8.5	n.d.	1.5	5.4	n.d.
321 Industria de la madera	5.1	3.8	9.7	7.0	5.0	39.4
322 Industria del papel	7.7	27.4	15.3	10.6	4.5	11.5
323 Impresión e industrias conexas	5.3	4.1	6.3	10.5	4.9	7.7
324 Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	-165.4	-23.8	-724.2	n.d.	-92.8	n.d.
325 Industria química	36.3	14.9	78.5	2.8	58.2	n.d.
326 Industria del plástico y del hule	14.8	6.9	15.4	18.2	14.7	2.7
327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	10.3	20.3	5.4	19.2	5.4	8.4
331 Industrias metálicas básicas	14.5	40.0	14.7	12.7	13.2	n.d.
332 Fabricación de productos metálicos	7.1	4.0	7.0	10.9	9.3	4.3
333 Fabricación de maquinaria y equipo	8.9	5.7	5.2	63.3	10.4	2.0
334 Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	6.6	3.3	7.8	3.9	6.3	5.4
335 Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos	6.4	5.1	4.5	3.6	6.8	13.3
336 Fabricación de equipo de transporte	4.7	6.2	4.3	7.9	5.2	n.d.
337 Fabricación de muebles y productos relacionados	5.2	3.2	7.6	5.1	5.1	4.0
339 Otras industrias manufactureras	5.7	2.9	7.1	2.5	5.9	3.7

Fuente: Elaboración propia con base al Censo Económico INEGI 2004 y el Censo Industrial INEGI 2004

3.2.1. Resultados del cálculo de emisiones GEI en la industria manufacturera por consumo energético

Los resultados de las estimaciones de GEI generadas por uso de energía en la industria manufacturera usando la metodología descrita en la sección 3.1.1.7 se muestran en el cuadro 3.9.

Cuadro 3. 9. Emisiones anuales procedentes de la industria manufacturera debido a consumo energético – tanto electricidad como petrolíferos, en gigagramos por año. Período 1990-2005.

Año	CO_2	CH_4	N_2O
1990	110.207	0.004	0.0007
1991	105.379	0.003	0.0006
1992	99.548	0.003	0.0006
1993	90.518	0.003	0.0005
1994	96.123	0.003	0.0005
1995	102.249	0.003	0.0005
1996	110.708	0.003	0.0005
1997	155.798	0.004	0.0006
1998	242.870	0.006	0.0008
1999	332.902	0.007	0.0010
2000	296.432	0.007	0.0009
2001	240.801	0.006	0.0008
2002	302.858	0.007	0.0009
2003	378.011	0.009	0.0015
2004	554.868	0.014	0.0023
2005	523.161	0.013	0.0021

3.3. TRANSPORTE

Ningún producto petrolífero es procesado en Baja California; por lo que no existe infraestructura básica del Sistema Nacional de Refinación en el estado; sin embargo los productos petrolíferos son consumidos ampliamente en la región por lo que existe infraestructura de distribución.

La infraestructura de distribución de gasolinas empieza en la terminal marítima de Rosarito, desde donde se distribuyen a todo el mercado estatal por medio de dos poliductos; uno a Mexicali con longitud de 169 km y otro a Ensenada con extensión de 74 km. A la ciudad de Tijuana se le abastece por transporte de carretera (SEDECO, 2008). En cada una de las ciudades se cuenta con terminales de almacenamiento y distribución (TAR). Estas terminales abastecieron primordialmente gasolina magna (~ 60 %), seguida de diesel (~ 25 %), gasolina premium (~ 12 %) y diesel industrial (~ 3 %).

El sector transporte es el principal usuario de gasolinas automotrices en Baja California, mismo que consumió hacia 2005 cerca de 78 % del total de gasolinas suministradas a la región. La creciente demanda de gasolinas de los últimos años derivó del comportamiento del mercado automotriz y la política de precios de éstos combustibles. A finales de los años noventa, el crecimiento del parque vehicular asociado a la extensión de créditos para la adquisición de autos nuevos y la importación de vehículos usados, impulsó de manera significativa el aumento en el número de vehículos por habitante y una sustitución de kilómetros-pasajero de transporte público a transporte privado. En consecuencia, el consumo de combustible por kilómetro viajado aumentó, lo que se tradujo en mayores consumos (SENER, 2010c).

Hacia 2009 en lo referente al diesel, el 86.4% de la demanda interna de este combustible fue destinado, principalmente, al transporte de carga y pasajeros en la modalidad de autotransporte, transporte marítimo y transporte ferroviario.

Finalmente de los productos petrolíferos suministrados en Baja California, hay que agregar que la turbosina se destina exclusivamente al transporte aéreo.

3.3.1. Ventas

En referencia a las ventas de gasolinas en el período 1990-2005 para el sector transporte, se observa que la gasolina nova fue suministrada hasta 1995 cuando fue substituida por gasolina premium. El abastecimiento de magna ha sido continuo durante el período analizado. A partir de 1993, la magna se vuelve la gasolina suministrada más abundantemente. La mayor participación de la gasolina Premium en la demanda se registró en 2002.

Del comportamiento general de ventas en el período estudiado puede verse que de 1990 a 1991 hubo un crecimiento de 37 % del consumo de gasolinas, desde entonces y hasta 2001 se observan bajas tasas de crecimiento. En los cuatro años posteriores se registran tasas entre 10 y 5.6. Se observa que la demanda de gasolinas automotrices fluctuó a lo largo del período de estudio, con una predominante participación de la gasolina pemex magna.

La distribución del parque vehicular y calidad de la flota explican en gran medida el nivel de demanda de gasolinas por municipio. Mexicali consumió 38 % de magna y 34 % de premium, suministrado a la región. La región de Tijuana consumió 48 % y 55 %, en tanto que Ensenada usó 15 % y 11% de magna y premium, respectivamente. Así, la Zona Costa consume alrededor del 60% de gasolinas y diesel suministrados.

Las ventas de diesel en el período 1990-2005 para el sector transporte muestran ligeros cambios de 1990 a 1996, para el segundo período, comprendido entre 1996 y 2002 se tuvieron tasas de crecimiento entre 4% y 8 %. De 2002 a 2005 hay un crecimiento del consumo de diesel, probablemente causado por la expansión del parque vehicular a diesel, de casi 10% en promedio anual.

Mexicali consumió 26 % de diesel para transporte y 3 % de diesel industrial suministrados a la región. La región de Tijuana consumió 20 % y 4 %, en tanto que Ensenada usó 24 % y 1.8 % de diesel para transporte y diesel industrial, respectivamente. Así la Zona Costa representa alrededor del 45% del consumo de diesel para transporte.

Por su parte la turbosina muestra un comportamiento bastante estable durante el periodo estudiando. Hacia 2005 En la actualidad éste petrolífero se usa en la zona costa, principalmente en el aeropuerto internacional de Tijuana.

3.3.2. Resultados del cálculo de emisiones GEI en el sector transporte

Los resultados de las estimaciones de GEI generadas por uso de energía en el sector transporte mostradas en el cuadro 3.10 se obtuvieron mediante la aplicación de la metodología descrita en la sección 3.1.1.7 a excepción de los factores de emisión, en esta ocasión se usaron los valores por defecto para transporte reportados en la Guía para el cálculo de inventarios nacionales del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2006b). Las estimaciones no consideran las características de la flota vehicular ni las contribuciones debidas a los tiempos de espera en las garitas internacionales.

Las estimaciones revelan que CO_2 es el principal GEI emitido con 98 % del volumen de emisiones. En relación al combustible emisor se encontró que la gasolina es la principal fuente, la relación con el segundo emisor (diesel) es de 8:2, gasolina a diesel.

El comportamiento de la generación de emisiones sigue la misma tendencia del consumo de combustibles, así en 1991 aumenta para mantenerse sin mayores fluctuaciones hasta 2002, año en que muestra un crecimiento rápido hasta alcanzar un máximo de 7274 miles de toneladas de CO_2eq en 2005.

De acuerdo al consumo regional, se estima que más de un 60 % de las emisiones GEI reportadas para el periodo 1990-2010 se concentraron en la Zona Costa; en tanto que el restante se quema en la Zona Valle.

Cuadro 3. 10. Emisiones anuales procedentes del sector transporte, en gigagramos por año. Período 1990-2005.

Año	CO_2	CH_4	N_2O
1990	3214.49	1.15	0.15
1991	4686.02	1.82	0.21
1992	4833.95	1.89	0.22
1993	4719.82	1.82	0.21
1994	4848.43	1.85	0.22
1995	4920.99	1.89	0.22
1996	5243.91	1.99	0.24
1997	5404.71	2.05	0.25
1998	5452.02	2.07	0.25
1999	5624.83	2.10	0.25
2000	5843.59	2.23	0.26
2001	5868.84	2.26	0.26
2002	5499.21	2.15	0.24
2003	6057.52	2.39	0.27
2004	6598.89	2.63	0.29
2005	7115.95	2.81	0.32

3.4. Otros sectores

3.4.1. Sector agrícola

El sector agrícola (agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza) usa energía tanto en la forma de electricidad como de petrolíferos, mayoritariamente diesel y gas LP.

En Baja California, la intensidad energética del sector agropecuario muestra tanto en uso de electricidad como de petrolíferos un crecimiento acelerado de 1990 al 2001/2 donde el valor del indicador se dobló de 0.083 KWh/$ y $3.29x10^{-5}$ tep/$ a 0.232 kWh y 8.50 $x10^{-5}$ tep/$, es sin embargo a partir de ese año donde se da una caída pronunciada que muestra signos de recuperación a partir del 2005 (0.107 kWh/$ y $3.8029x10^{-5}$ tep/$).

La intensidad energética agrícola por municipio es mostrada en el cuadro 3.11 donde se observa que la mayor intensidad energética se da en Rosarito, a excepción del 2004 cuando fue mayor en Mexicali.

Cuadro 3. 11. Intensidad energética agrícola en unidades adimensionales (SCIAN 11)

	1999	2004	2009
Baja California	14.6	19.6	10.8
Ensenada	14.7	18.6	11.6
Mexicali	16.1	31.0	8.4
Tijuana	3.5	n.d.	n.d.
Tecate	n.d.	n.d.	n.d.
Playas de Rosarito	36.9	11.1	122.2

Fuente: Censos Económicos, INEGI años seleccionados

3.4.1.1. Resultados del cálculo de emisiones GEI en el sector agrícola

Los resultados de las estimaciones de GEI generadas por uso de energía en el sector transporte mostrados en el cuadro 3.12 se obtuvieron mediante la aplicación de la metodología descrita en la sección 3.1.1.7.

Cuadro 3. 12. Emisiones anuales procedentes del sector agrícola, en gigagramos por año. Período 1990-2005.

Año	CO_2	CH_4	N_2O
1990	120.9371	0.0154	0.0009
1991	127.1051	0.0162	0.0009
1992	120.0787	0.0152	0.0009
1993	118.5439	0.0150	0.0008
1994	116.7615	0.0144	0.0008
1995	136.9480	0.0171	0.0009
1996	155.6757	0.0196	0.0011
1997	197.9011	0.0234	0.0012
1998	170.5155	0.0215	0.0012
1999	180.5575	0.0230	0.0013
2000	189.7466	0.0238	0.0013
2001	177.1351	0.0224	0.0013
2002	159.0542	0.0199	0.0011
2003	165.3173	0.0209	0.0012
2004	181.8490	0.0231	0.0013
2005	205.7402	0.0263	0.0015

3.4.2. Sectores Comercial y de Servicios

Los sectores comercial y de servicios (incluido Turismo) usan en sus matrices energéticas electricidad y petrolíferos, específicamente diesel, gas LP y gas natural.

El indicador para Baja California de intensidad energética por uso de electricidad en los sectores comercial y de servicios mostró una tendencia a la mejora desde un valor de 0.030 kWh/$ en 1993 hasta llegar a la cifra de 0.023 kWh/$ en 2001, sin embargo por los siguientes dos años se observa un aumento en la intensidad energética eléctrica hasta alcanzar un máximo de 0.028 KWh/$.

El comportamiento Estatal del indicador de intensidad energética por uso de petrolíferos en ambos sectores mostró una constante alza que equivale a un factor de 2 desde 1993 hasta 2005, cuando pasa de 7.92×10^{-7} a 1.52×10^{-6} tep/$.

Por otra parte el indicador de intensidad energética en los sectores comercial y de servicios se desglosa por municipio en el cuadro 3.13. Se nota que el municipio con la mayor intensidad en tales sectores ha sido Tecate; a excepción del 2004 cuando fue mayor en Mexicali.

Cuadro 3. 13. Intensidad energética en Servicios y Comercios en unidades adimensionales (SCIAN 43-81)

	1999	2004
Baja California	6.0	7.9
Ensenada	8.0	9.0
Mexicali	9.5	9.9
Tijuana	4.2	7.5
Tecate	10.9	6.9
Playas de Rosarito	6.5	6.7

Fuente: Censos Económicos, INEGI años seleccionados

3.4.2.1. Resultados del cálculo de emisiones GEI en los sectores Comercial y de Servicios

Los resultados de las estimaciones de GEI generadas por uso de energía en los sectores Comercial y de Servicios mostradas en el cuadro 3.14 se obtuvieron mediante la aplicación de la metodología descrita en la sección 3.1.1.7.

Cuadro 3. 14. Emisiones anuales procedentes de los sectores Comercio y de Servicios, en gigagramos por año. Período 1990-2005.

Año	CO_2	CH_4	N_2O
1990	43.7764	0.0033	0.0001
1991	45.4832	0.0035	0.0001
1992	46.7383	0.0036	0.0001
1993	48.1813	0.0037	0.0001
1994	63.0768	0.0049	0.0001
1995	66.0116	0.0051	0.0001
1996	68.8964	0.0053	0.0001
1997	128.8786	0.0100	0.0002
1998	103.7163	0.0081	0.0002
1999	127.1257	0.0100	0.0002
2000	134.4463	0.0105	0.0002
2001	120.8882	0.0095	0.0002
2002	127.8548	0.0101	0.0002
2003	150.6932	0.0118	0.0003
2004	176.7505	0.0139	0.0003
2005	186.2555	0.0146	0.0003

3.4.3. Sector Residencial

La intensidad energética en el sector residencial está determinada por usos domésticos de electricidad y usos residenciales de gas LP.

Se observa que el uso doméstico de la electricidad por habitante en Baja California, ha aumentado a un ritmo constante en los últimos veinte años de 787 KWh a 985 KWh per cápita. Esto significa que los principales usos finales residenciales de la electricidad tales como calefacción, refrigeración e iluminación han aumentado por habitante en el Estado, es probable que el consumo también haya sido afectado por usos de aparatos electrodomésticos ineficientes.

Por otro lado, el uso residencial de gas LP por habitante ha mejorado paulatinamente, en los últimos siete años el indicador ha fluctuado alrededor de 0.8 tep per cápita, esto significa que un uso más eficiente de gas LP para preparación de alimentos y calentamiento de agua.

3.4.3.1. Resultados del cálculo de emisiones GEI en el sector Residencial

Los resultados de las estimaciones de GEI generadas por uso de energía en el sector Residencial mostradas en el cuadro 3.15 se obtuvieron mediante la aplicación de la metodología descrita en la sección 3.1.1.7.

Cabe mencionar que el estimado no incluye el uso de leña, ya que el uso de esta es insignificante en el Estado de Baja California (Huacuz, 1995).

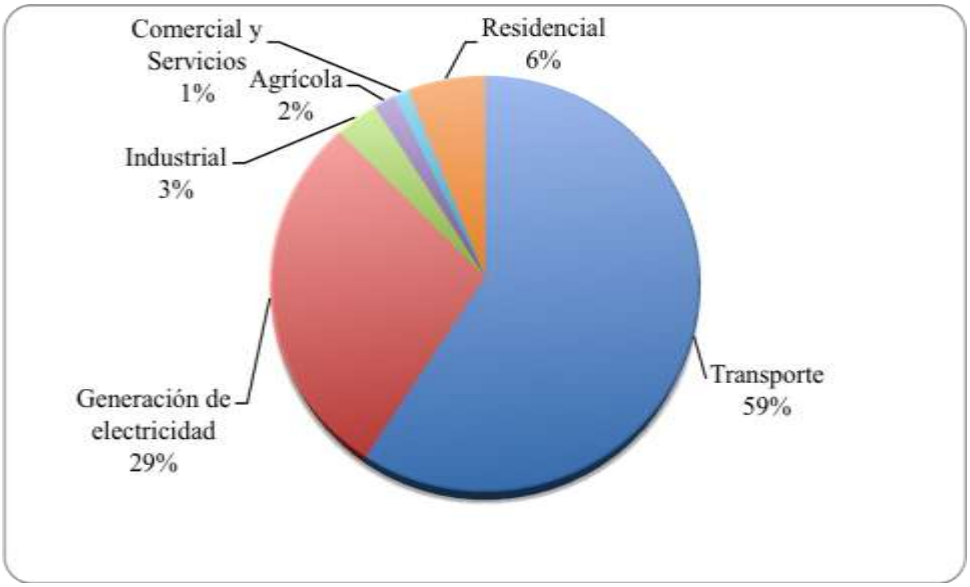
Cuadro 3. 15. Emisiones anuales procedentes del sector residencial, en gigagramos por año. Período 1990-2005.

Año	CO_2	CH_4	N_2O
1990	415.9164	0.0330	0.0007
1991	431.6114	0.0342	0.0007
1992	447.3063	0.0354	0.0007
1993	463.0013	0.0367	0.0007
1994	619.9509	0.0491	0.0010
1995	643.4933	0.0510	0.0010
1996	667.0358	0.0529	0.0011
1997	564.5176	0.0447	0.0009
1998	696.4210	0.0552	0.0011
1999	699.5565	0.0554	0.0011
2000	619.1854	0.0491	0.0010
2001	635.3758	0.0503	0.0010
2002	615.9033	0.0488	0.0010
2003	581.9506	0.0461	0.0009
2004	597.4049	0.0473	0.0009
2005	607.8994	0.0482	0.0010

3.5. APORTACIONES EN LA CATEGORÍA ENERGÍA

En la categoría de Energía, la fuente que más aporta GEIs es el sector transporte con el 59% del total de CO_2eq, dentro del cual la combustión de gasolinas aporta más del 98 %. La fuente que más aporta después del transporte es la generación de energía eléctrica con el 29 % del total de la categoría Energía. Seguida por el sector residencial con una contribución del 6 %. Las categorías que menos aportan a las emisiones son en orden descendente Industrial, Agrícola y Comercial y de Servicios (Figura 3.2). Para estimar los equivalentes en bióxido de carbono los potenciales de calentamiento global empleados fueron 23 para el CH_4 y 296 para N_2O en esta categoría.

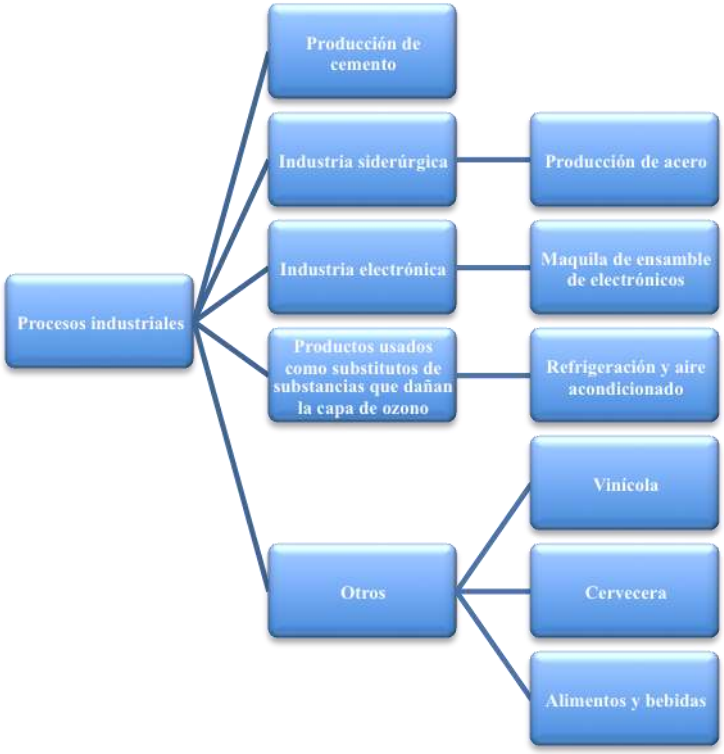
Figura 3. 2. Aportación de cada fuente de emisión dentro de la categoría de energía para el periodo 1990-2005



4. PROCESOS INDUSTRIALES

Esta sección detalla el inventario de emisiones de GEI provenientes de Procesos Industriales, de acuerdo a las directrices del IPCC este recuento sigue un método de nivel 2/3. Por otro lado, de los procesos sugeridas a incorporar en este sector por la institución internacional, sólo se consideraron los procesos relevantes para el Estado, éstos se ilustran en la figura 4.1.

Figura 4. 1. Componentes reportados en la categoría de Procesos industriales



Los datos de la actividad se obtuvieron de diversas fuentes, mismas que se identifican en las secciones correspondientes a los procesos industriales apropiados. Por otro lado los factores de defecto se tomaron de IPCC 1996, específicamente la orientación del IPCC sobre buenas

prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 3. Procesos industriales.

4.1. Procesos industriales en Baja California

Baja California se caracteriza por ser un estado con una actividad industrial relevante para el país. En el periodo de 2000 a 2006, aproximadamente el 32 % de los establecimientos se localizaron en el Estado. Los municipios que presentan mayor desarrollo industrial son Tijuana y Mexicali, principalmente por empresas inscritas en el programa IMMEX. Uno se los giros principales es el de la electrónica, que de acuerdo a cifras de 2010, el 28.5 % de los establecimientos del total nacional se encuentran localizados en Baja California; de los cuales el 61 % está ubicado en Tijuana y el 21% en Mexicali, y el resto dividido entre los otros municipios (CANIETI, 2010). En los municipios de Tecate, Ensenada y Rosarito, se encuentran otros giros entre los que destacan la industria vinícola, la industria de alimentos y bebidas, la industria acerera, la industria del cemento, entre otras.

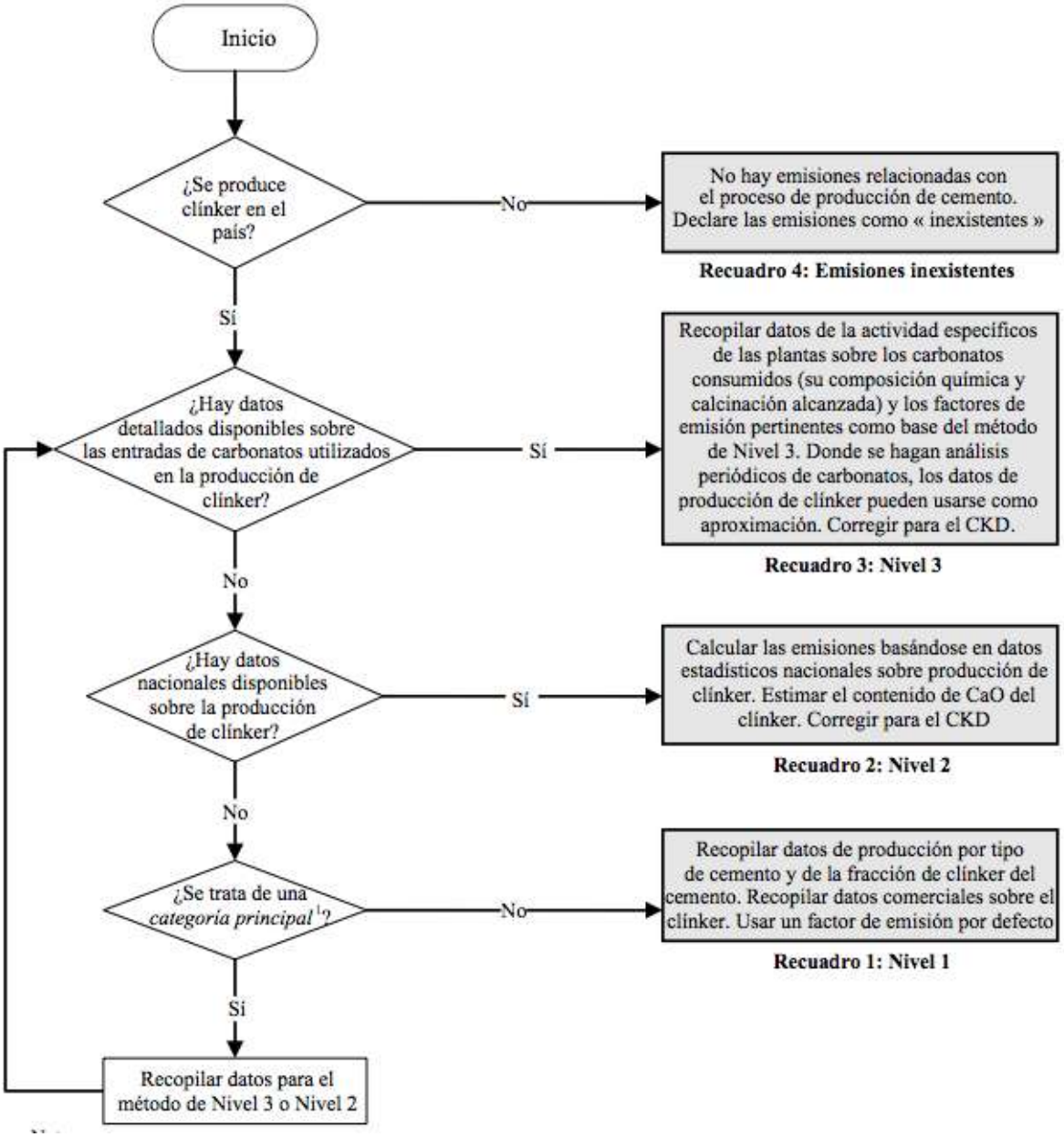
Respecto al impacto que muestra el sector industrial en la generación de gases efecto invernadero, es importante señalar que la contribución más significativa se da a nivel de consumo de energía (eléctrica y por uso de combustibles), la cual se analiza en el sector correspondiente.

La generación de GEI que se da al interior de los procesos se analizó de acuerdo a la metodología establecida por el IPCC.

4.1.1. Industria del cemento

La producción de cemento siguió un nivel 3. La figura 4.2 describe la toma de decisiones al respecto. Primera respuesta: Sí se produce clinca en el país. Segunda respuesta: Sí hay datos disponibles sobre las entradas de carbonatos utilizados en la producción de clinca. Por lo tanto, los datos de la actividad fueron recopilados y se utilizó el nivel 3.

Figura 4.2. Árbol de decisiones de las emisiones de la producción de cemento.



Datos de la industria del cemento

En el estado se encuentra una única empresa dedicada a la fabricación de cemento, la cual tiene 30 años de antigüedad y ha operado a su capacidad máxima desde hace varios años. Se obtuvieron datos de producción a nivel nacional y un registro que señalaba que la planta CEMEX de Ensenada cubría el 2.6% de la producción nacional.

Sin embargo, no se encontraron registros que sugirieran alguna inversión en planta para incrementar su capacidad, por lo que se consideró la capacidad máxima de 592 mil ton/año, que corresponde a un promedio de la capacidad de la planta de CEMEX Ensenada registrada en un estudio realizado por CETYS y por una tesis desarrollada en esta empresa (http://www.mxl.cetys.mx/Deptos/Vinc/BC/s37vf.htm); del mismo modo, para las importaciones de clinca se tomaron los datos publicados, se consideró que la producción abastece al mercado local y el factor de emisión se tomó de acuerdo a los recomendados por el IPCC. El factor de emisión usado fue 0.5071 kg de CO_2 por tonelada de clinca. El procedimiento para obtener las emisiones se resume en la siguiente ecuación:

Donde:
PN = Producción nacional
%E = Producción en Ensenada (2.36%)
%Clinca = El pocentaje de producción de clinca (78.5)
IClinca = Importación de Clinca
EF = Factor de emisión (0.5071 kg de CO_2/ton)

Para el periodo de 1990-2005, se obtuvo una aportación de 227 Gg de CO_2 eq y 0.178 Gg de SO_2 como parte de las emisiones no combustivas. En este caso, se observa que en los dos últimos años ha incrementado la clinca, por lo que puede ser el inicio de una tendencia a disminuir la aportación de CO_2 (Apéndice A).

4.1.2. Industria acerera

La producción de acero inicia en 1993 en una empresa instalada en Mexicali, con una capacidad de producción de 430 000 ton de billets y 250 000 ton de producto terminado, y trabajan con una eficiencia entre 75 y 85 % en la producción de billets entre 80 y 95% de eficiencia en el producto terminado. Parte de su producción de billets es destinada a otros puntos del país para ser procesada hasta su producto final. El proceso es llevado a cabo a través de un arco eléctrico. Los

datos fueron obtenidos de los reportes financieros de la propia empresa (http://www.simecingenieria.com/).

En el caso del proceso de fabricación del acero hay generación de CO_2 y NO_X, como gases de efecto invernadero; así como de SO_X y COVDM considerados como precursores del agotamiento de la capa de ozono.

El procedimiento para estimar las emisiones fue el siguiente. El factor de emisión multiplicado por el volumen de producción de acero. El factor de emisión fue 1.6 ton de CO2 por ton de acero, proporcionado por el IPCC.

La industria del acero inicio con una contribución de 121 Gg de CO_2eq y para 2005 se registraron emisiones de 617 Gg de CO_2 eq.

4.1.3. Industria de alimentos y bebidas

4.1.3.1. Industria vinícola

Baja California es un estado representativo de la industria vinícola manufacturando aproximadamente el 90% de la producción nacional (http://vidyvino.org/docs/SPVid_Info_Cluster.pdf). El 95% de la producción agrícola de uva se destina para este uso. Del total de la superficie del Estado
de vino y un 18.3 % a uva para mesa y pasa. Actualmente, se tienen identificados 49 varietales, de los cuales 41 son uva para vino, y 8 para mesa y pasa (Sepulvera, 2009).

Desde la perspectiva ambiental, en este proceso se generan compuestos orgánicos volátiles que contribuyen al agotamiento de ozono.

Se obtuvieron los datos quinquenales de la producción de uva en el estado publicados en SAGARPA para el periodo de 1990-2000. La serie fue completada por interpolación de estos datos. También se consideró que para la fabricación de vino en promedio se utilizan 1.5 kg de uva (http://www.inv.gov.ar/noticias.php?ind=1&id_nota=44). Se consideró el factor de emisión dado por el IPCC, que fue de 0.08 kg/HL de bebida.

Se observa que en el periodo de 1993 a 2000 hubo un incremento en la producción de uva, y posterior a 2000 inició una baja en la producción y en la fabricación de vinos.

El procedimiento para estimar las emisiones de la producción de vino fue el siguiente. La producción de uva fue multiplicado por el factor 1.5, que es la proporción uva : vino, con lo cual se obtuvo la producción de vino. El volumen de producción de vino fue multiplicado por el factor de emisión de gas. El factor de emisión fue 0.08 kg COVDM por hectolitro y fue proporcionado por el IPCC.

La participación en la generación de COVDM en 1990 fue alrededor de 0.048 Gg, en 2000 de 0.055 Gg y para 2005 se registraron 0.013 Gg.

4.1.3.2. Industria cervecera

De acuerdo a la encuesta mensual ampliada (SCIAN) del INEGI, en Tecate está instalada una empresa cervecera, la cual produce el 40% de la producción nacional. En Tijuana y Mexicali también hay producción de este producto pero debido a la falta de información y a que su producción es mucho menor no se consideró en el cálculo. Considerando lo anterior y a partir de los datos reportados por la FAO de la producción de cerveza a nivel país, se estimó la producción de la planta ubicada en Tecate. La producción de cerveza muestra un incremento en el periodo de 1990 a 2005 del 5.7 % anual.

El procedimiento para estimar las emisiones de la producción de cerveza fue el siguiente. El volumen de producción de cerveza para el estado fue multiplicado por el factor de emisión de gas. El factor de emisión fue 0.35 kg COVDM por hectolitro y fue proporcionado por el IPCC.

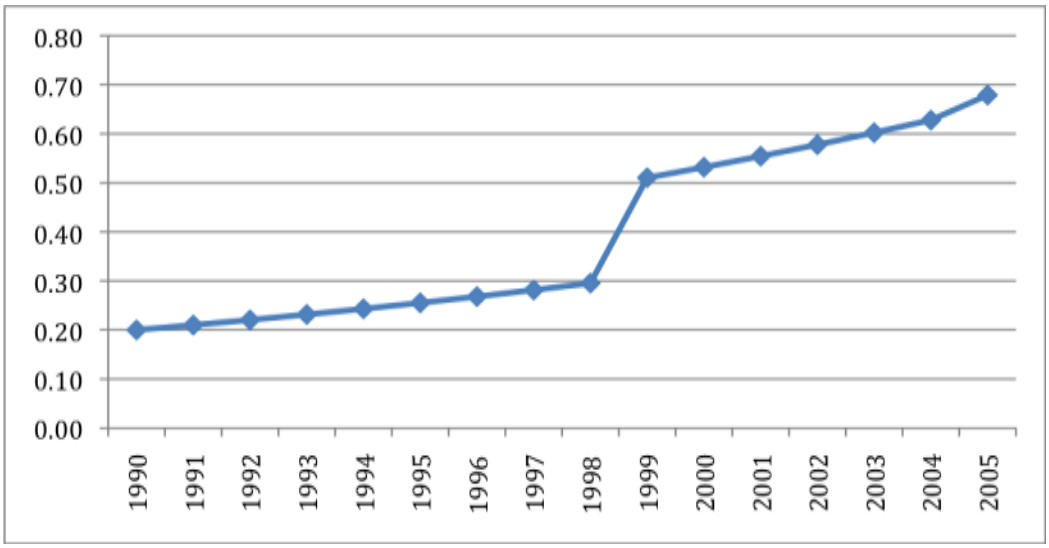
Respecto a la generación de COVDM, también mostró un incremento registrando en 1990 un aporte de 4.6 Gg y para 2005 se incrementó a 10.5 Gg.

4.1.3.3. Industria de la panificación

La región cuenta con una marca representativa dedicada a la panificación. Una de mayor capacidad de producción y que opera desde 1990 ubicada en Mexicali y la otra ubicada en Tijuana, la cual inició operaciones en 1999. La producción de estas plantas es para cubrir en un 70% el mercado de Estados Unidos y el resto para el mercado local. Derivado del análisis se obtuvo que la contribución de esta industria en materia de emisiones de COVDM es de 0.2 Gg en 1990 y para 2005 había incrementado a 0.65 Gg. Cabe mencionar que la tendencia en ambas

empresas es incrementar su producción, ya que las dos están operando con una eficiencia entre 80 y 90 %, además de estar proyectadas para incrementar su capacidad. Es importante hacer énfasis en las emisiones de compuestos orgánicos volátiles ya que provocan agotamiento de la capa de ozono. Los datos de producción de pan fueron obtenidos a través de entrevista directa con la empresa de panificación.

Figura 4. 2. Emisiones de COVDM del proceso de la panificación en Baja California, Gg.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de producción (obtenidos directamente de la empresa panificadora) y factor de emisión establecidos por el IPCC.

4.1.4. Industria Maquiladora de electrónicos

La industria maquiladora en general, es una de las principales actividades en el estado, considerándose entre los principales generadores del valor agregado no solo en el Estado sino también en el país.

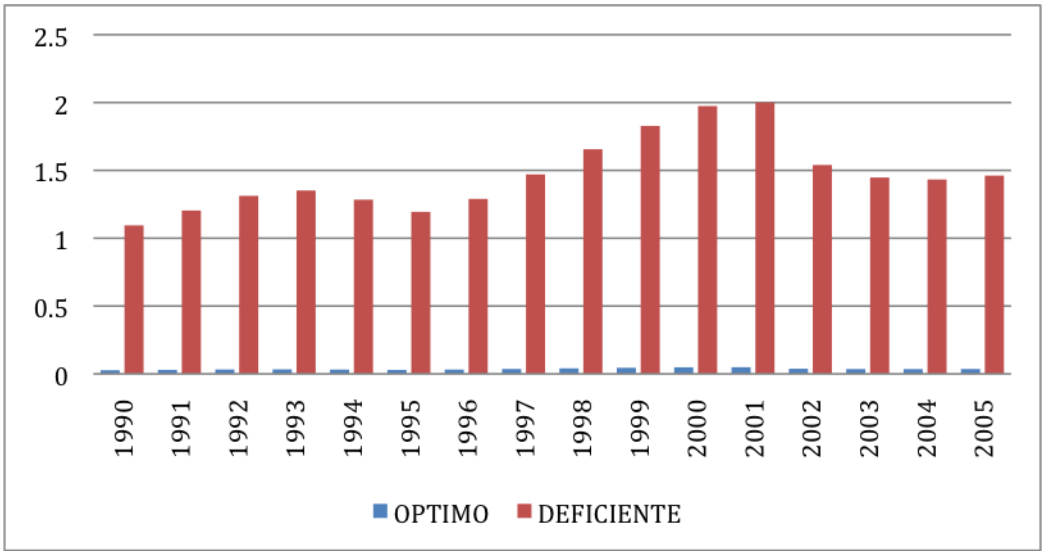
Uno de los giros importantes es el dedicado al sector de la electrónica, con mayor número de establecimientos tanto en Tijuana como Mexicali. El 70% de los establecimientos están dedicados a este sector. La principal contribución en materia de emisiones se da en el ensamble por uso de solventes, barnices y fluxes durante el proceso.

En 2010, se llevo a cabo un estudio en el proceso de ensamble de electrónicos en el que se obtuvieron factores de emisión por pieza producida considerando factores deficientes y óptimos de acuerdo al tipo de empresa, a sus prácticas y a la tecnología utilizada (Balderas, 2010). El estudio abarcó el 66% de los procesos de ensamble de componentes en Tijuana, de aquí se derivaron los datos de producción en Tijuana y Mexicali. En 1990 la aportación de COVDM fue de 0.56 Gg y para 2005 de 0.749 Gg. La industria maquiladora ha presentado diferentes etapas tanto de crecimiento como de disminución en su producción. En 1999 y 2000 presentó uno de los momentos de mayor auge con una emisión de 1.1 Gg de COVDM por año.

Actualmente la producción de electrónicos y específicamente los componentes no está en su etapa de auge, durante la década de los 80 y 90 las producciones fueron mayores por lo que para este periodo el número de componentes elaborados fue mayor. Cabe mencionar también que conforme ha ido creciendo y fortaleciéndose la industria de la electrónica también ha ido en avance el cumplimiento al ambiente por lo que en el periodo anterior a 1995 se puede considerar que los procesos no tenían el mismo control en emisiones, por lo que el factor que se considerara va a ser el deficiente y para los siguientes años se considerara el óptimo. Los factores de emisión fueron obtenidos a partir de la tesis de maestría en 23 empresas, los datos fueron colectados por categoría de industria a fin de tener procesos representativos. La información fue usada para veular el desempeño de cada tipo de industria media un Estudio de Ciclo de Vida. (Balderas, 2010).

El factor de emisión óptimo encontrado en el estudio y considerado para este inventario fue de 0.00027 kg de COVDM por componente ensamblado, mientras que el factor de emisión deficiente fue de 0.011 kg de COVDM por componente ensamblado (Balderas, 2010).

Figura 4. 3. Comparación entre emisiones de COVDM con factores de emisión óptimos y deficientes. Gg.



Fuente: Elaboración propia con base en Balderas (2010)

Como se indicó en un principio, en todos los procesos hay demanda de la energía eléctrica y de combustibles utilizados al interior de los procesos, de los cuales están considerados en el sector energía para su contabilización.

De manera general, los procesos que presentan un aumento en su producción y que pueden incrementar sus emisiones son la industria de bebidas alcohólicas, la panificación, la industria maquiladora. Enfatizando su aportación en COVDM.

El Cuadro 4.2 muestra un resumen de las emisiones de estos giros durante el periodo de 1990 a 2005.

4.1.5. Emisiones de Gases Refrigerantes debidas a fugas durante el abastecimiento al sector doméstico de Mexicali

En esta sección se presentan las emisiones de gases refrigerantes considerados como Gases de Efecto de Invernadero (GEI), debida a la recarga de gas refrigerante R-22 (con un Potencial de Calentamiento Global de 1700) en los aparatos de aire acondicionado del sector doméstico de Mexicali (Cuadro 4.1). Las estimaciones se hicieron acordes a la metodología propuesta por Alejandro Lambert, Héctor Campbell y Gisela Montero de la UABC, misma que fue delineada en un estudio donde se midió *in situ* la cantidad de gas refrigerante que se fuga a la atmósfera durante recarga en aparatos de aire acondicionado que se utilizan en el sector doméstico de Mexicali, durante los años 2006, 2007 y 2008 (Lambert, Moreno y Cambpell, 2010). Los resultados mostraron que a la actualidad se ha subestimado la emisión de este gas en los inventarios realizado para Baja California.

El procedimiento para estimar las emisiones fue el siguiente. El número de aparatos de aire acondicionado fue multiplicado por el factor de emisión. El factor de emisión fue 2.4 kg de R-22 por aparato. Los kilogramos obtenidos fueron multiplicados por el potencial de calentamiento 1700, para obtener las emisiones en CO_2e.

Cuadro 4. 1. Emisiones anuales procedentes del sector residencial causadas por fuga de gases refrigerantes, en gigagramos por año. Período 1990-2005.

Año	$GgCO_2$ eq.
1990	879
1991	922
1992	967
1993	1013
1994	1059
1995	1118
1996	1158
1997	1199
1998	1243
1999	1308
2000	1384
2001	1411
2002	1461
2003	1451
2004	1531
2005	1524

Cuadro 4.2 Resumen de emisiones de gases efecto invernadero de los procesos industriales en Baja California 1990-2005 (Gg).

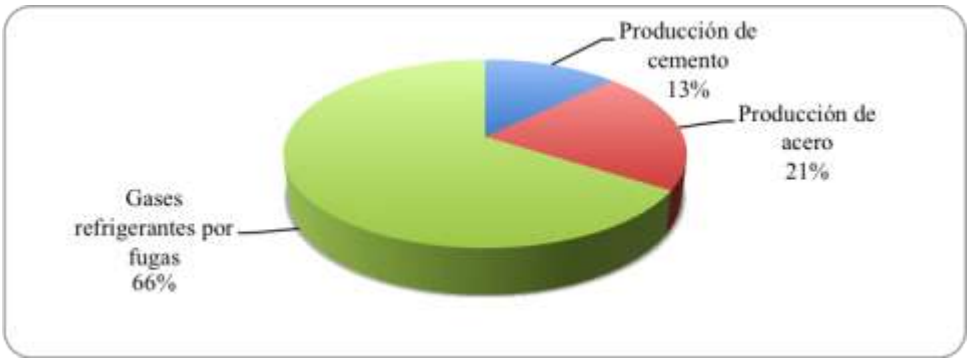
PROCESOS INDUSTRIALES		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Producción de cemento	**CO_2**	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	225	209
	SO_2	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Producción de acero	**CO_2**	0	0	0	121	413	560	569	579	588	597	607	616	625	635	635	617
	NOX	0	0	0	0.003	0.010	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015	0.015	0.015	0.016	0.016	0.016	0.015
	COVDM	0	0	0	0.002	0.008	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
	SO_2	0	0	0	0.003	0.012	0.016	0.016	0.016	0.017	0.017	0.017	0.017	0.018	0.018	0.018	0.017
Producción de vino	**COVDM**	0	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.02	0.02
Producción de cerveza	**COVDM**	5	5.00	5.39	5.78	6.18	6.57	6.96	7.36	7.75	8.14	8.54	8.93	9.32	9.72	10.11	10.50
Panificación	**COVDM**	0.200	0.210	0.221	0.232	0.243	0.255	0.268	0.281	0.295	0.510	0.532	0.554	0.578	0.602	0.628	0.679
Maquiladoras (ensamble de electrónicos)	**COVDM**	0.561	0.617	0.672	0.692	0.658	0.612	0.661	0.753	0.848	0.936	1.011	1.024	0.789	0.741	0.734	0.749
Gases refrigerantes por fugas en aires acondicionados en el sector doméstico de Mexicali	**CO_2**	879	922	967	1013	1059	1118	1158	1199	1243	1308	1384	1411	1461	1451	1531	1524

Gg CO_2 EQTOTALES	1106	1149	1194	1361	1700	1906	1956	2006	2059	2134	2219	2255	2315	2314	2392	2351
TOTAL COVDM	5	6	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	11	11	12	12
TOTAL $S0_2$	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.20	0.20	0.20	0.19

4.2. APORTACIONES EN LA CATEGORÍA PROCESOS INDUSTRIALES

En la categoría de Procesos Industriales, la fuente de mayor contribución a los GEIs es la fuga de gases refrigerantes al abastecer el sector residencial, con el 66% del total de CO_2eq., dicha emisión ocurre durante recarga de aires acondicionados. La fuente que más aporta después es la producción de acero que desde su instalación en 1993 ha tomado terreno y en la actualidad contribuye con 21 % del total de GEIs generados en esta categoría. La industria cementera fue la que menos aportó. Se observa que en esta categoría, 87 % de las emisiones se generan en la Zona Valle (Figura 4.4).

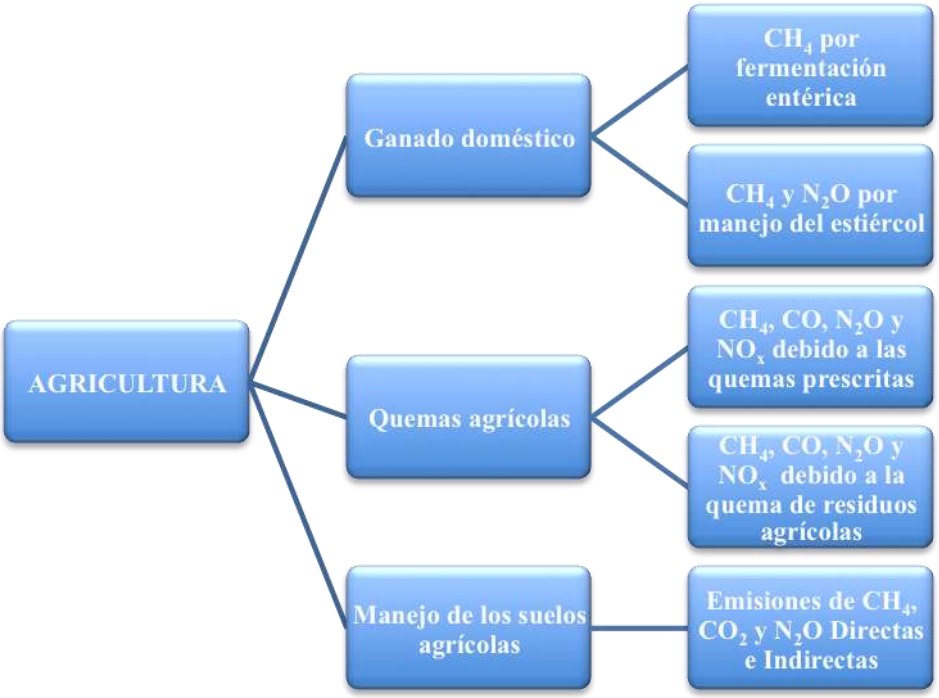
Figura 4. 4. Aportación de cada fuente de emisión dentro de la categoría de procesos industriales.



5. AGRICULTURA

En esta sección se describen las emisiones provenientes del sector agropecuario, específicamente de: 1) La ganadería, 2) Las quemas de los residuos agrícolas y 3) El manejo de los suelos agrícolas.

Figura 5. 1. Componentes reportados en la sección de agricultura.



5.1. EL SECTOR AGROPECUARIO DE BAJA CALIFORNIA

5.1.1. Producción agrícola

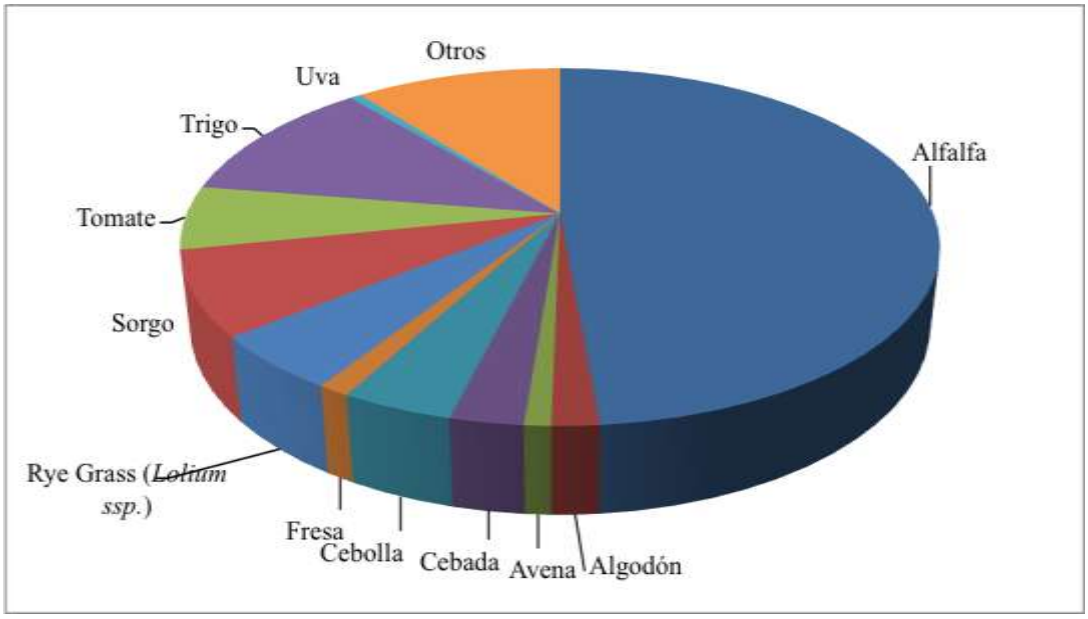
La agricultura en Baja California está capitalizada y es altamente productiva. El rendimiento productivo se ha incrementado a través de la mecanización, la dependencia de fertilizantes y el mejoramiento genético.

Baja California tiene dos zonas agrícolas bien definidas: El Valle de Mexicali y La Zona Costa del Pacífico. La Zona Costa está formada por el Valle de San Quintín, San Vicente, Maneadero, Valle de la Trinidad, Ojos Negros y Valle de Guadalupe. Los principales productores agrícolas son San Quintín y Mexicali.

En estas zonas agrícolas se concentra una importante fuerza de trabajo. Existen poco más de 15 mil trabajadores agrícolas en el Valle de Mexicali y 30 mil en el Valle de San Quintín (Moreno-Mena, 2002). La población de trabajadores está compuesta por migrantes, que provienen principalmente del sur de México. Esta fuente de empleo no sólo ha forzado la migración de los trabajadores, sino también la de familias enteras.

Los cultivos de mayor volumen de producción (ton año^{-1}) son la alfalfa, el trigo, el sorgo, la cebolla y el tomate (Figura 5.2). Los cultivos que destacan por su rendimiento (ton ha^{-1}) son la fresa, el Rye grass, el pepino y la frambuesa (Figura 5.3). Entre las cosechas que representan un alto valor económico (millones de pesos) están el tomate, el algodón y la uva (Figura 5.4).

Figura 5. 2. Proporción de la superficie sembrada por cultivo en el estado de Baja California. Promedio anual del periodo 1990-2009.



Algodón (*Gossypium herbaceum*)

El destino de la cosecha del algodón producido en el estado es la industria textil. Debido a que el cultivo demanda altas cantidades de agua y un clima cálido, la zona en la que se ubica su producción es el Valle de Mexicali. Esta producción estatal representa el 25% de la producción total nacional y poco más de 400 millones de pesos anuales.

Trigo (*Triticum spp.*)

Los usos del trigo en grano en el estado son la panificación y la elaboración de pastas, ambos de alta demanda en el país. En el estado, el único municipio productor de trigo es Mexicali. Anualmente se producen 500 mil toneladas de trigo con un valor de 900 millones de pesos anuales. Baja California es el tercer productor más importante del país y aporta el 14% de la producción nacional.

Uva (*Vitis vinífera*)

La producción de uva es valorada por su uso comercial en la industria vinícola. Baja California es la principal región productora de vinos en México y éstos son reconocidos a nivel mundial por su calidad. Esta calidad se debe en gran parte a las condiciones hidroclimáticas de la región. Anualmente se producen en Baja California 25 mil toneladas de uva con un valor de 127 millones de pesos. La producción se localiza en el municipio de Ensenada en El Valle de Guadalupe, El Valle de Santo Tomás y el Valle de San Vicente.

Tomate (*Lycopersicum esculentum*)

El tomate rojo es uno de los principales cultivos en Baja California por el valor económico que genera. Su cultivo se realiza principalmente en el municipio de Ensenada a través de la llamada agricultura protegida, en el Valle de San Quintín. Su rendimiento productivo en 2009 fue de 56 ton/ha y el valor de la producción estatal para ese mismo año fue de 1600 millones de pesos.

Disponibilidad del agua para la agricultura

Dadas las condiciones de baja precipitación en el estado, la agricultura depende del riego. El agua utilizada en la agricultura proviene casi en su totalidad del Río Colorado, el cual se encuentra bajo un tratado binacional México-Estados Unidos. En este tratado se establece un volumen anual garantizado de 1 850 234 000 m^3. Este tratado es motivo constante de conflicto (Cortez-Lara, 1999).

El sector agropecuario tiene a su disposición 2604 millones de m^3 al año, siendo la actividad que mayor demanda tiene el estado, pues tal cantidad representa el 78% de la demanda total (REPDA, 2011). La disponibilidad del agua actualmente es dispar en cantidad y calidad. La perspectiva a futuro en el riego agrícola es que disminuya la disponibilidad del agua, y por ende una disminución en la productividad (Álvarez-Andrade, 2010).

Figura 5. 3. Cultivos con mayor rendimiento agrícola. Promedio anual del periodo 1990-2009.

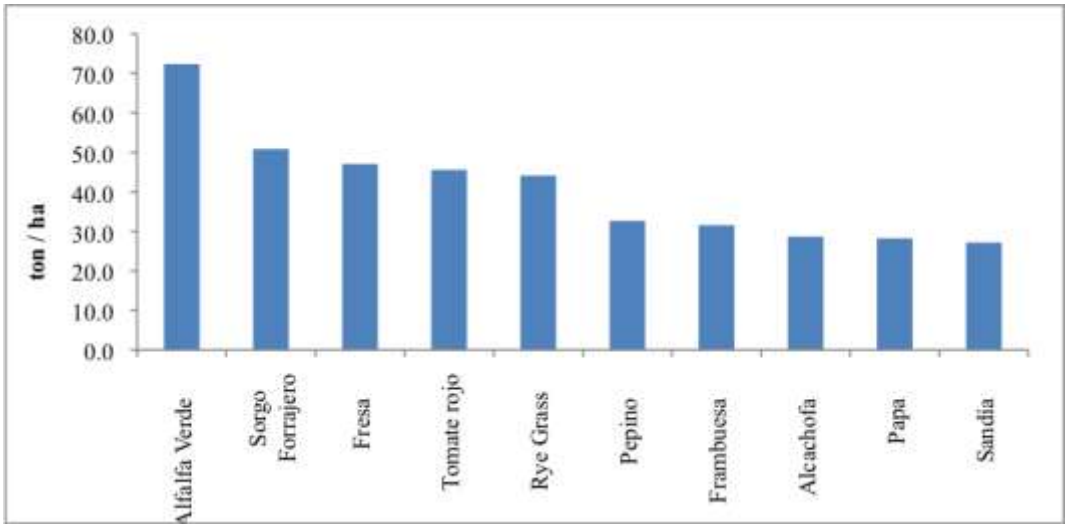
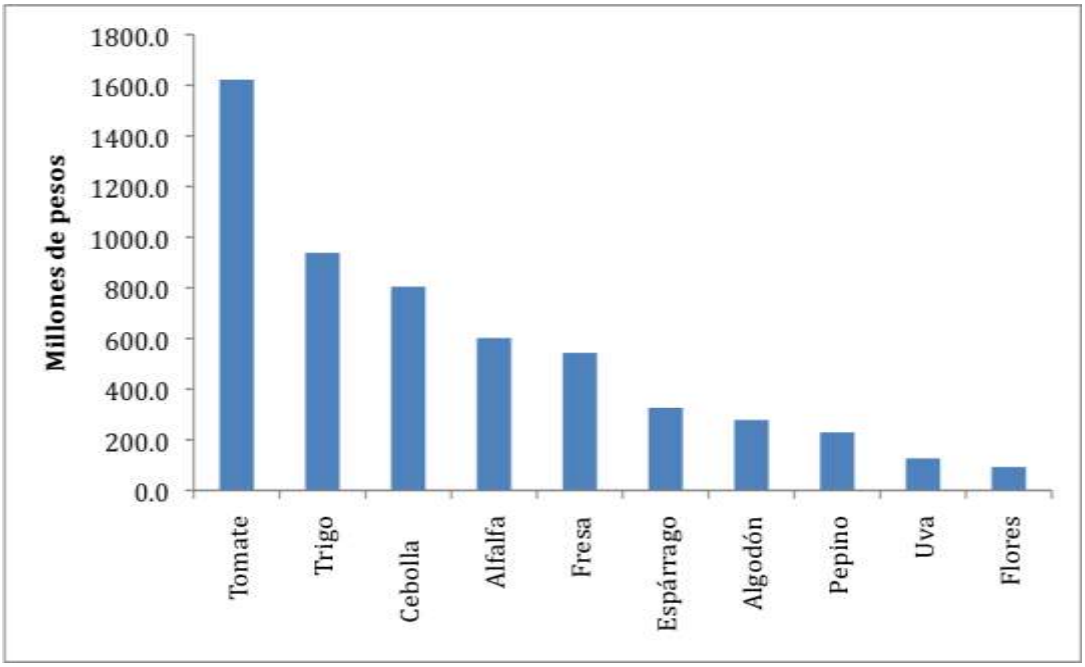


Figura 5. 4. Cultivos de mayor valor económico. Valores de 2009.



El uso del agua para la agricultura en el estado es altamente ineficiente, alrededor del 43 % (Pombo, 2010). Pocos cultivos emplean la tecnología del riego por goteo, que permite un ahorro importante de agua y una mayor absorción de la planta. La mayor parte de los cultivos emplean el riego por aspersión o

por inundación. El algodón y la alfalfa, por ejemplo son regados principalmente por bombeo y por inundación, por lo que su demanda de agua es mayor (Cuadro 5.1).

Cuadro 5. 1. Demanda de agua para los principales cultivos del estado

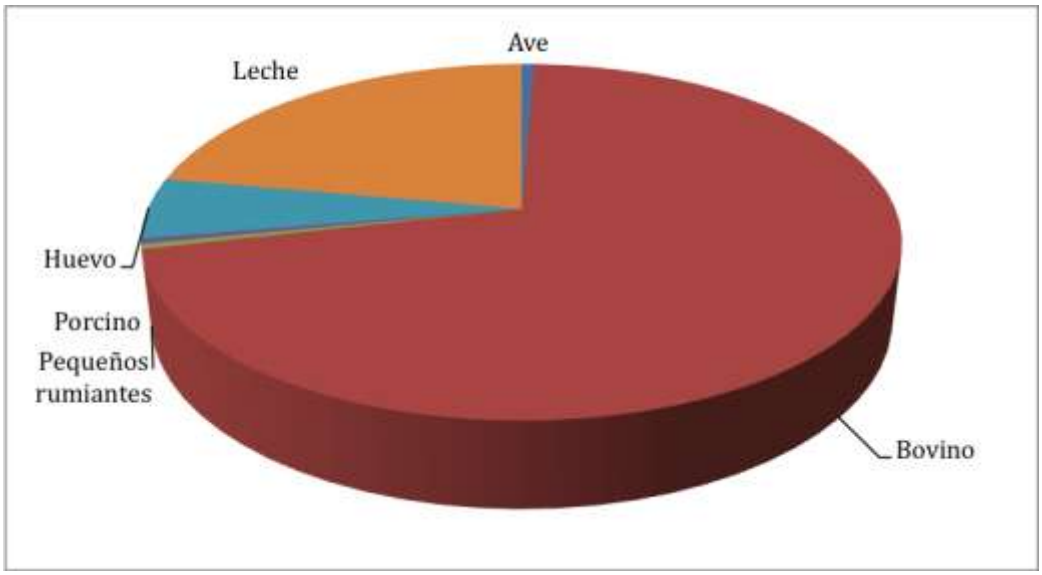
Cultivo	**Uso de agua (m^3/ha)**
Alfalfa (*Medicago sativa*)	15.1
Algodón (*Asparagus officinalis*)	12.1
Pasto Rye grass (*Lolium spp.*)	8.2
Sorgo (*Sorghum spp.)*	8.5
Trigo (*Triticum spp*.)	9.2
Brocoli (*Brassica oleracea*)	5.2
Calabaza (*Cucurbita pepo*)	6.2
Cebollín (*Allium fistulosum*)	7.5
Chícharos (*Pisium sativum*)	6.5
Chile verde (*Capsicum spp.*)	7.0
Espárragos (*Asparagus officinalis*)	18.4
Flores (*Helianthus annuus, Anthemis tinctoria, Aster spp*.)	4.0
Tomate (*Solanum lycopersicum*)	6.4
Olivo (*Olea europaea*)	3.7
Rábano (*Raphanus sativus*)	4.0
Uvas (*Vitis vinifera*)	5.4

Elaborado a partir de los datos de Medellín-Azuara *et al*. (2009)

5.1.2. Producción pecuaria

La principal actividad pecuaria en Baja California es la cría de ganado bovino, para la producción de carne y leche. La producción de huevo para plato es la tercera actividad más importante. En el estado la producción de carne de aves, cerdos y de pequeños rumiantes es poca en comparación con los otros productos pecuarios. En la Figura 5.5 se aprecia la proporción que representa cada actividad en el valor económico de la producción pecuaria del estado.

Figura 5. 5. Valor económico de la producción pecuaria. Aportación de cada sistema productivo.



Fuente: Secretaría de Fomento Agropecuario de Baja California

Producción de carne y leche de bovinos

La mayor engorda de bovinos en el estado se realiza en Mexicali, bajo condiciones estabuladas. El ganado de engorda son cruzas mejoradas genéticamente. La dieta de estos animales está basada principalmente en alfalfa seca, pasto seco, maíz, aceite vegetal, melaza, soya, trigo y harinas de canola y de semilla de algodón. La producción anual de carne de bovino en canal es de 66 mil toneladas, con valor de 2 mil millones de pesos.

La producción de leche tecnificada e industrial se realiza en la llamada Zona Costa, principalmente en el municipio de Tijuana. La producción industrial de leche genera 200 mil litros por año, con valor de 860 millones de pesos. Las vacas lecheras son principalmente de raza Holstein. El ganado para leche es alimentado con alfalfa y avena forrajera. Estos insumos alimenticios son producidos en el Valle de Mexicali bajo la agricultura intensiva.

Producción avícola

La mayoría de la producción avícola del estado está dedicada a la producción de huevo para plato. Este sistema productivo es totalmente tecnificado e industrializado. En el estado se producen 18 mil toneladas

de huevo por año, con un valor de 218 millones de pesos. Las aves se crían en jaula durante la producción. Las principales líneas genéticas son Hisex-Brown® para producir huevo rojo y Leghorn® para huevo blanco.

La producción de carne de ave es baja, y la industria existente es tecnificada y estandarizada. Anualmente se producen 1 mil toneladas de carne en canal, con un valor aproximado de 30 millones de pesos. La principal línea genética usada en la engorda de pollos es Hubbard® y en menor proporción la línea Ross®.

Producción de carne de cerdo

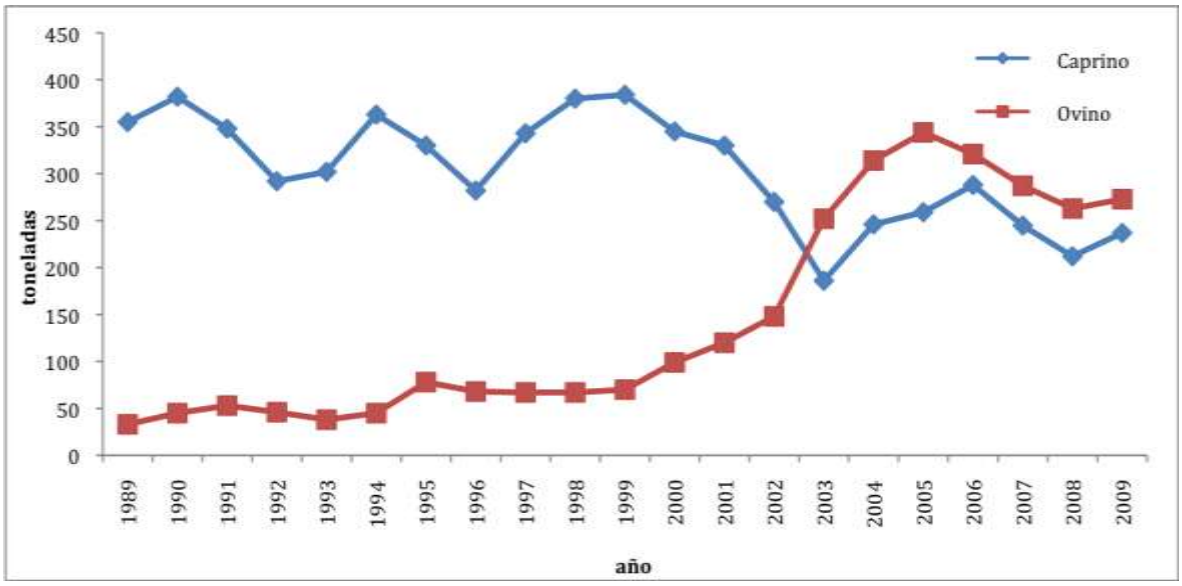
Las principales granjas de cerdos se encuentran ubicadas en los municipios de Tijuana con el 50 % de la población porcina , la otra mitad se distribuye en los municipios de Mexicali y Ensenada.

La producción de carne de cerdo en Baja California está a la baja, en 1990 se producían 6 mil toneladas anuales en canal, mientras que en 2009 se produjeron 1200 ton. El valor de la producción en 2009 fue de 23 millones de pesos.

Producción de carne de ovinos y caprinos

La producción de pequeños rumiantes en el estado es baja. En 2009 se produjeron 470 ton de caprino en pie y 540 ton de ovino. En la Figura 5.6 se observa que la producción ovina tuvo un crecimiento acelerado a partir del año 2000, e incluso rebasó la producción caprina que en la década anterior se había mantenido estable. En los últimos 10 años ambas especies han mantenido su producción casi a la par.

Figura 5. 6. Producción de carne en canal de los pequeños rumiantes



5.1.3. Metodología para el cálculo de las emisiones GEIs en la agricultura

La metodología aplicada fue la del IPCC (1996) revisada. De manera general implica el uso de factores de emisión de los principales gases con efecto invernadero por las estadísticas estatales de las actividades agrícolas y ganaderas. La categoría de Agricultura se compone de 3 rubros: ganado doméstico, quemas agrícolas, y emisiones de los suelos agrícolas. Dentro de cada subsección se describen las fuentes de las emisiones.

En el primer rubro ganado doméstico se presentan los resultados de las emisiones de metano por fermentación entérica y las emisiones de metano y óxido nitroso por el manejo del estiércol. En el rubro quemas agrícolas se describen las emisiones de CH_4, CO, N_2O y NO_x debido a las quemas prescritas y las emisiones de estos gases por la quema de residuos agrícolas. Por último, se describen las emisiones de CH_4, CO_2 y N_2O debido al manejo de los suelos agrícolas. La figura 5.1 describe los datos reportados en cada rubro.

5.1.3.1. Ganadería

Categorías principales de ganado y población animal

Las categorías de ganado principales fueron 6 y se denominaron de la siguiente forma: bovinos de carne, bovinos de leche, caprino, ovino, porcino y aves de corral. Las categorías de ganado se definieron considerando a las especies de animales domésticos de mayor importancia productiva en el estado.

Para cada una de las categorías se utilizó la población animal anual en el estado de Baja California, reportada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. La población de la categoría aves de corral corresponde a la suma de la población de aves para carne y aves para huevo (SIAP-SIACON, 2010).

Para establecer la población animal anual, se utilizó la base de datos proporcionada por SIAP, correspondiente a los años de 1990 al 2005. La estimación de las emisiones de ganado se llevó a cabo a partir de la metodología descrita para el nivel 1 en el Manual de referencia del IPCC 1996 para elaborar inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC, 1996). Las cabezas de ganado para cada categoría, se describen en el cuadro 5.2.

Cuadro 5. 2. Existencias de cabezas de ganado para cada categoría (SIAP-SIACON).

Especie	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Bovino de carne	184,785	186,285	177,005	118,053	123,421	159,258	165,663	156,220
Bovino de leche	0	0	0	38,714	34,397	34,708	35,635	38,286
Caprinos	39,246	44,853	37,679	49,502	47,585	44,787	41,083	38,612
Ovinos	5,842	6,241	2,144	2,204	2,389	2,389	1,923	9,950
Porcinos	45,296	41,460	31,520	33,220	25,750	28,962	25,061	25,789
Aves de corral	2,822,898	2,803,582	2,249,353	1,854,744	1,660,979	1,650,979	1,373,801	966,526

Cuadro 5.2. Existencias de cabezas de ganado para cada categoría (SIAP-SIACON). Continuación.

Especie	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Bovino de carne	146,417	146,417	158,325	164,204	173,581	171,985	165,846	175,820
Bovino de leche	41,880	47,880	50,239	58,004	56,328	59,951	60,088	54,327
Caprinos	31,081	31,081	39,945	27,759	24,802	18,847	22,641	20,398
Ovinos	10,116	7,072	7,137	9,052	15,862	23,243	28,081	26,935
Porcinos	24,414	24,414	22,212	20,484	20,007	18,319	17,470	12,231
Ave para huevo	895,469	895,469	644,481	684,122	910,275	878,648	812,695	1,232,086

Estimación de las emisiones de metano por fermentación entérica

El método de elección para estimar las emisiones de metano producto de la fermentación entérica consideró el nivel 1 de implementación. El árbol de decisiones se describe en la figura 5.1. Primera respuesta: No se dispone de una metodología específica para el país de Nivel 3. La fermentación entérica no es una categoría principal. Por lo tanto las emisiones de las especies fueron estimadas en Nivel 1.

Para estimar las emisiones por fermentación entérica, se multiplicó la población anual por los factores de emisión correspondiente para cada categoría de ganado, considerando el tipo de explotación y el clima de la región.

La ecuación correspondiente para determinar la población animal fue la siguiente:

DONDE:
EF = Factor de emisión
T = Categoría de animales
N = Cantidad de cabezas

Factores de emisión de la fermentación entérica

Los factores de emisión elegidos en esta metodología, fueron seleccionados de la literatura considerando los más cercanos a las condiciones de Baja California. Se eligieron factores de emisión reportados por el IPCC (1996) para los países desarrollados y para América del Norte, dado que las condiciones de alimentación y producción para el estado de Baja California son cercanas a ellos. La alimentación se basa en granos y suplementos alimenticios, y en forrajes de

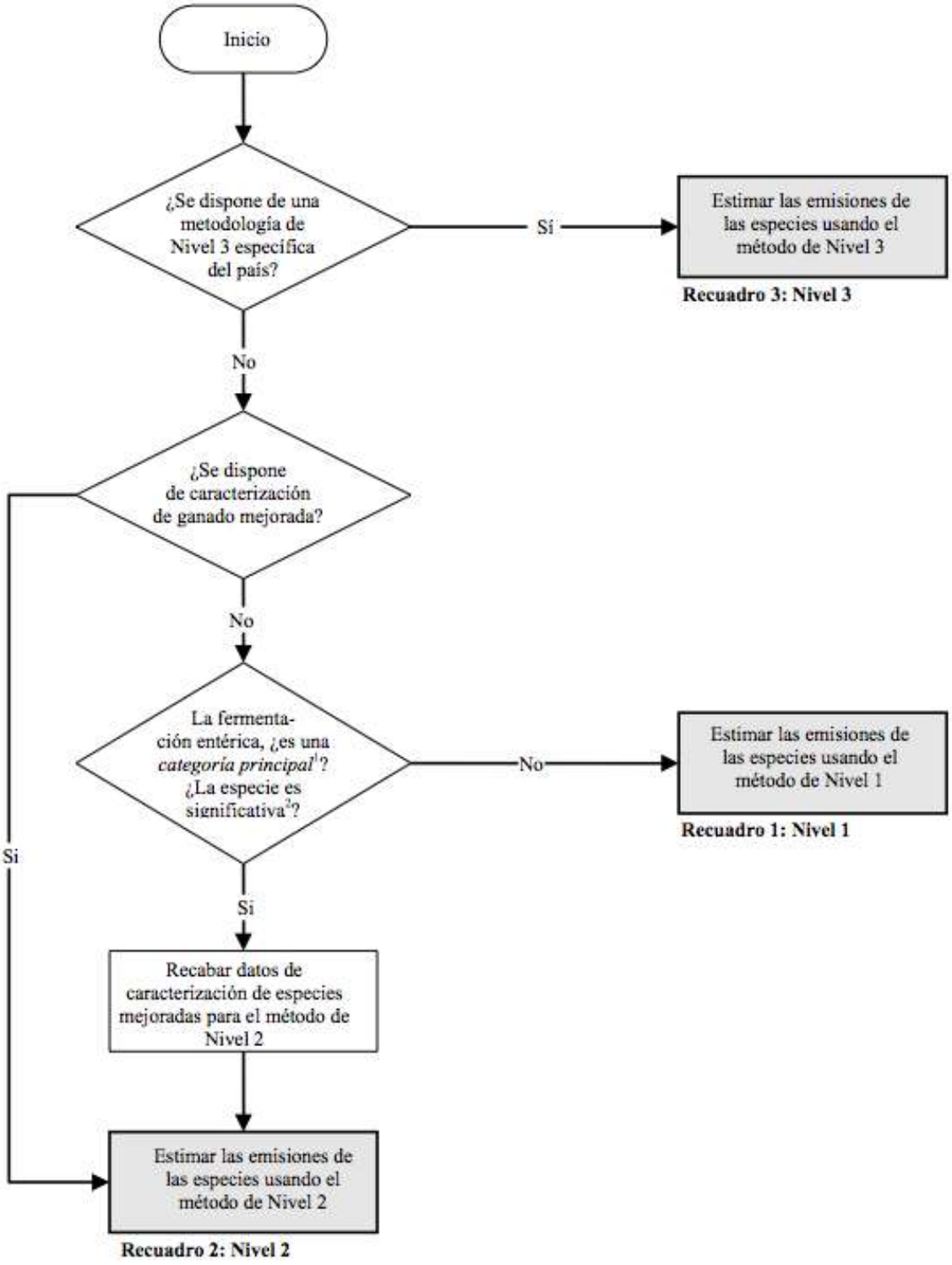
alta calidad y alta digestibilidad como lo es la alfalfa. Se consideró que el promedio de la producción de leche en el estado entre 1990 y 2005 fue de 3746.47 litros por vaca, es decir, una alta producción.

Los factores de emisión de metano por la fermentación entérica usados, para bovinos, pequeños rumiantes y porcinos se resumen en el cuadro 5.3.

Cuadro 5. 3. Factores de emisión por fermentación entérica.

Tipo de ganado	**Factor de emisión** (Kg de CH_4 /cabeza/año)
Bovinos de leche	118
Bovinos de carne	47
Ovinos	8
Caprinos	5
Porcinos	1.5

Figura 5. 7. Árbol de decisiones para las emisiones de CH_4 resultantes de la fermentación entérica (Con base en IPCC, 2006).



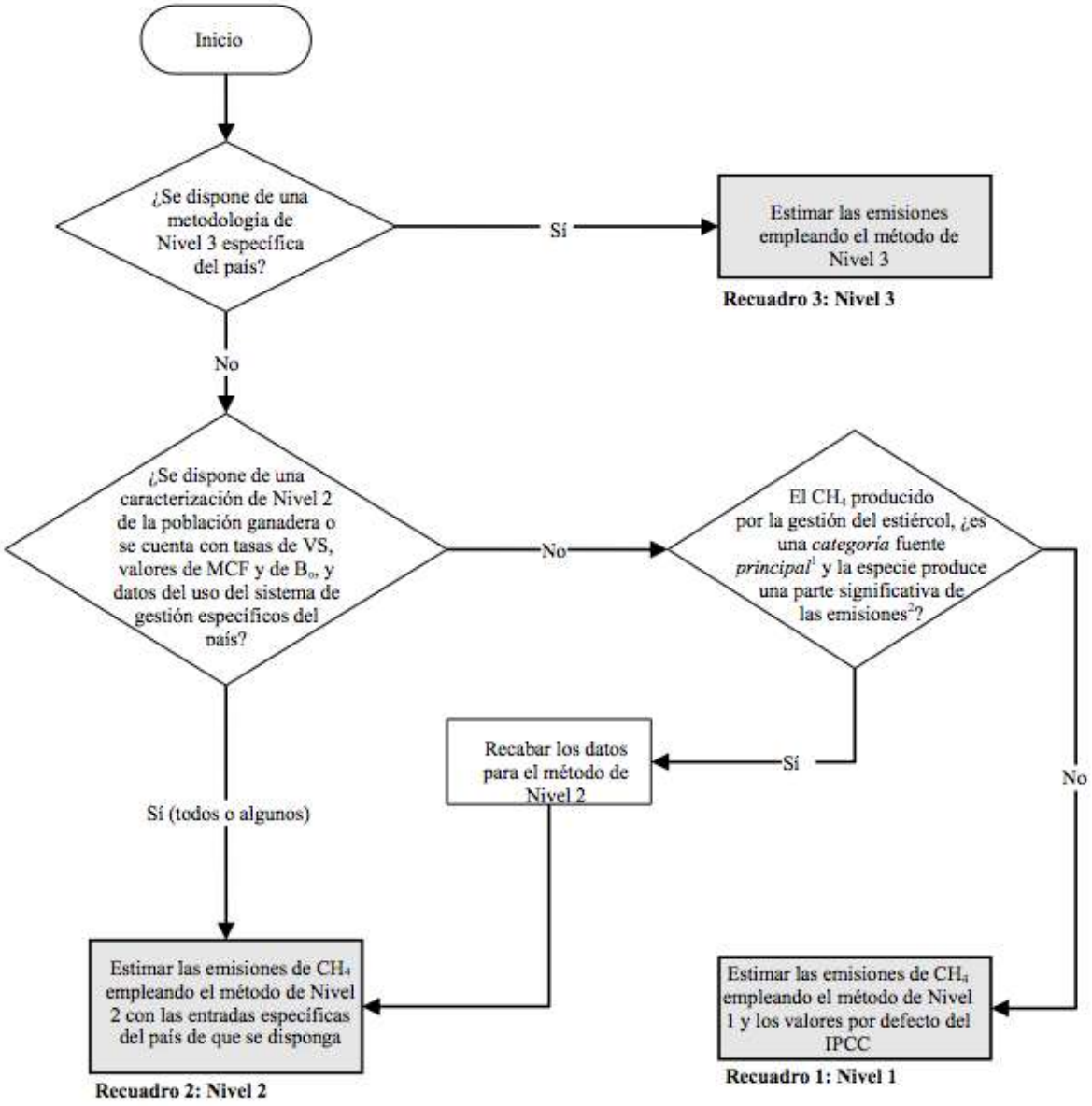
Estimación de las emisiones de metano por la gestión del estiércol

Para estimar las emisiones de metano por gestión del estiércol, se multiplicó la población animal por los factores de emisión correspondientes a cada categoría de ganado, y se procedió a la suma total. La ecuación es la siguiente:

DONDE:
$CH_{4Emisiones}$ = Emisiones de metano por la gestión del estiércol
EF = Factor de emisión
T = Categoría de animales
N = Cantidad de cabezas

La toma de decisiones para la selección de los datos se define en la figura 5.9. Primera respuesta: No se cuenta con una metodología de Nivel 3 específica para el país. Segunda respuesta: No se cuenta con tasas de VS, valores de MCF y de B_o. Tercera respuesta: La gestión del estiércol no es una categoría principal. Por lo tanto, las emisiones fueron estimadas en Nivel 1.

Figura 5. 8. Árbol de decisiones para las emisiones de CH_4 resultantes de la gestión de estiércol



Factores de emisión de la gestión del estiércol

Se consideraron los factores de emisión descritos por el IPCC, para las especies de ovinos, caprinos y aves de corral. Se emplearon los factores descritos para América del Norte y países desarrollados debido a que eran los factores que se ajustaban a las características de producción intensiva y estabulada de los animales. Los factores usados se resumen en el cuadro 5.4.

Cuadro 5. 4. Factores de emisión de metano por la gestión del estiércol empleados.

Ganado	Factor de emisión (Kg de CH_4 /cabeza/año)	Referencia
Vacas lecheras maduras	54	IPCC, 1996
Vacunos de carne maduros	2	IPCC, 1996
Porcinos en crecimiento	14	IPCC, 1996
Aves de corral	0.02	IPCC, 2006

Estimación de las emisiones de N_2O por la gestión del estiércol

Se calcularon las emisiones de N_2O producido directa e indirectamente por el tipo de manejo que recibe el estiércol antes de ser aplicado a los cultivos o con fines alimentarios. Para estimar las emisiones totales de N_2O, se sumaron las emisiones directas e indirectas de este compuesto.

La explicación teórica de las emisiones de N_2O se describe a continuación. Aproximadamente la mitad del nitrógeno excretado por el ganado contiene orina. Parte de este nitrógeno es proteínico y otra parte está en forma de urea. Como primer paso en el proceso de degradación, el nitrógeno amino en las heces es hidrolizado a amoniaco (NH_3) o amonio (NH_4^+), y a continuación este producto es entonces oxidado a través de reacciones de microorganismos catalizadores al ion nitrato (Manahan, 2000).

La metodología para estimar las emisiones directas e indirectas provenientes de las heces de los animales y del manejo de éstas, se describen por separado. La figura 5.4 muestra el árbol de decisiones para determinar los datos a emplear en la estimación.

Emisiones directas de N_2O por la gestión del estiércol

Las emisiones directas de N_2O se refieren a aquellas que resultan de la excreción del nitrógeno presente en el estiércol de los animales. Los montos de nitrógeno son variables dependiendo de la especie. Al mismo tiempo, los distintos tipos de manejo o gestión del estiércol influyen en el monto de emisión.

El primer paso fue estimar la excreción total anual de nitrógeno proveniente del ganado doméstico del estado. Partiendo de la referencia de la excreción de nitrógeno por animal determinada para América del Norte (IPCC, 1996), elegidos por ser los que se ajustan al tipo de alimentación de los animales, es decir, con alfalfa y granos altamente digestibles. La tasa de excreción de Nitrógeno utilizada para cada categoría de ganado, se describe en el cuadro 5.5.

Posteriormente, la tasa de excreción se ajustó multiplicando el porcentaje de uso para cada tipo de manejo, es decir, fuera éste de laguna anaeróbica, sistemas líquidos, de dispersión diaria del estiércol, almacenamiento de los sólidos y secado o en agostadero.

Por último se multiplicó el factor de emisión de acuerdo al tipo de sistema de manejo de estiércol, por el valor de excreción antes ajustado al porcentaje de uso del sistema. Para el caso de este inventario, el porcentaje utilizado fueron los descritos para Norte América por el IPCC (1996), considerando las descripciones del sistema Bajacaliforniano hechas por el INEGI en el anuario agropecuario, y la experiencia de trabajo de campo.

En síntesis, se determinó la cantidad de nitrógeno excretado para cada animal, el porcentaje de emisión relacionado con el tipo de sistema de manejo y el porcentaje de uso de dicho sistema en cada una de las categorías del ganado. La ecuación empleada fue la siguiente:

DONDE:
N_2O_D= emisiones directas de N_2O de la gestión del estiércol del país (kg N_2O año^{-1})
$N_{(T)}$= cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría
$N_{ex(T)}$= promedio anual de excreción de N por cabeza por especie (kg N animal^{-1} año^{-1})
$MS_{(TS)}$= Porcentaje de excreción de nitrógeno de cada especie de ganado que se gestiona en el sistema de manejo del estiércol
$EF_{3(S)}$= factor de emisión para emisiones directas de N_2O del sistema de gestión del estiércol S en el país (kg de N_2O-N/kg N en el sistema de gestión del estiércol)
S= sistema de gestión del estiércol
T= especie/categoría de ganado
44/28= conversión de emisiones de (N_2O-N) a emisiones de N_2O

Cuadro 5. 5. Tasas de excreción usadas para el cálculo de emisiones directas de N_2O.

Categoría de animal	Tasa de excreción (Kg N/animal/ día)
No lechero	70
Lechero	100
Aves de corral	0.6
Ovejas	16
Cerdos	20

Emisiones indirectas de N_2O por la gestión del estiércol

Las emisiones indirectas de óxido nitroso se refieren a las causadas por la volatilización del nitrógeno, ésta volatilización es dependiente del tipo de sistema de manejo del estiércol. Para estimarlas, se consideró la tasa de excreción de nitrógeno por especie (Cuadro 5.5), el porcentaje de uso del sistema de manejo del estiércol para cada categoría de animales (IPCC, 2006) y los valores por defecto para pérdida de nitrógeno debida a la volatilización de NH_3 y NO_x de la gestión del estiércol (IPCC, 2006).

Por último, se empleó el factor de emisión para emisiones de N_2O resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua, el valor por defecto fue 0.01 kg de N_2O-N; y se ajustó a la forma N_2O con el factor 44/28.

Se determinaron las emisiones indirectas de N_2O a través de la ecuación siguiente:

DONDE:
$N_2O_{G(mm)}$ = emisiones indirectas de N_2O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol (kg N_2O año)
EF_4 = factor de emisión para emisiones de N_2O resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua, kg N_2O-N (kg NH_3-N + NO_x-$N_{volatilizado})^{-1}$; el valor por defecto es 0.01 kg de N_2O-N (kg NH_3-N+NO_x-$N_{volatilizado})^{-1}$.
$N_{volatilización\text{-}MMS}$ = Σ(Excreción de N por categoría de animal * Porcentaje de uso del sistema de manejo por categoría de animales*[Pérdida de nitrógeno debida a la volatilización de NH_3 y NO_x /100])

La suma de las emisiones directas e indirectas de N_2O, dio como resultado la emisión de N_2O debido a la gestión del estiércol.

5.1.4. Resultados del estimado de emisiones en la ganadería

Las emisiones estimadas de los principales gases efecto invernadero procedentes de la ganadería, en el periodo 1990 a 2005, se describen en el cuadro 5.6. En el cuadro se aprecia que la mayor fuente de emisión de metano es la fermentación entérica, en comparación con el generado por la gestión del estiércol.

Cuadro 5. 6. Emisiones anuales procedentes de la ganadería debido a la fermentación entérica y al manejo del estiércol, en gigagramos por año. Período 1990-2005.

Año	CH_4 por fermentación entérica	CH_4 por la gestión del estiércol	N_2O por la gestión del estiércol	CO_2 eq TOTAL
1990	8.996	1.004	0.3	298.8
1991	9.092	0.953	0.3	301.1
1992	8.572	0.795	0.3	280.7
1993	10.432	2.792	0.2	344.3
1994	10.155	2.465	0.2	332.6
1995	11.867	2.598	0.3	386.3
1996	12.249	2.606	0.3	396.5
1997	12.171	2.741	0.3	394.1
1998	12.096	2.896	0.2	391.0
1999	12.780	3.220	0.2	412.9
2000	13.660	3.341	0.3	440.4
2001	14.804	3.747	0.3	475.1
2002	15.086	3.669	0.3	483.5
2003	15.465	3.838	0.3	494.7
2004	15.249	3.821	0.3	488.1
2005	15.010	3.457	0.3	478.5

La mayor emisión la presenta el metano por fermentación entérica con el 63% de la emisión en 1990, mientras que para el mismo año el metano por gestión del estiércol representó el 7% y el óxido nitroso aportó el 30%. En 2005, la fermentación entérica aportó el 66% y la gestión del estiércol el 15% por metano y el 19% por óxido nitroso. Los primeros años de 1990 a 1992 presentan menores emisiones debido a que la base de datos de la población ganadera no reporta el

número de bovinos lecheros para esos tres años. En Baja California es el ganado bovino la especie que emite mayor cantidad de gases con efecto invernadero.

5.2. QUEMAS AGRÍCOLAS

Las quemas a cielo abierto en los campos se realizan con el fin retirar residuos de cultivos agrícolas o animales para evitar costos y continuar con la actividad productiva. Las razones por las que se realizan las quemas agrícolas son variadas y entre ellas se encuentran: a) las económicas para evitar el uso de maquinarias y diesel, b) técnicas, cuando el proceso y tipo de producción lo requiere y porque mejora la calidad del cultivo c) las cronológicas, cuando se practica la agricultura intensiva y es tiempo de preparar la tierra para el siguiente cultivo (Quintero-Núñez y Moncada-Aguilar, 2008; Villanueva-Ávalos, *et al.*, 2008).

En Mexicali, el municipio de Baja California con mayor concentración de producción agrícola, se queman principalmente residuos de trigo y en menor proporción de cebada, cártamo y maíz (Quintero-Núñez y Moncada-Aguilar, 2008). A pesar de la importancia económica de las quemas, éstas liberan los gases metano (CH_4), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N_2O) y óxido de nitrógeno (NO_x, NO y NO_2).

5.2.1. Metodología para el cálculo de las emisiones por quemas agrícolas

Para el cálculo de las emisiones debido a las quemas prescritas se requiere la superficie siniestrada anualmente y la cantidad de biomasa quemada. A partir de estos datos se determina la cantidad de carbono liberado. A este dato se le aplican las tasas de emisiones correspondientes para cada gas. Los principales pasos a seguir y la información requerida se resumen en la figura 5.10.

Figura 5. 9. Pasos a seguir para estimar las emisiones por quemas agrícolas.

En el caso de los productos trigo, sorgo, papa, maíz, frijol, chícharo, centeno, cebada, avena y alcachofa; se determinó la cantidad de biomasa quemada a partir de la siguiente ecuación:

Donde:
$F_{R:P}$ = Relación residuo a producto
MS_R = Materia seca del residuo
F_C = Fracción de carbono

Los factores empleados en la ecuación anterior se desglosan en el cuadro 5.8. Para determinar la cantidad de biomasa quemada de los cultivos diferentes a trigo, sorgo, papa, maíz, frijol, chícharo, centeno, cebada, avena y alcachofa, se empleó la superficie siniestrada anualmente para el estado de Baja California, la cual se describe en el cuadro 5.7.

Cuadro 5. 7. Superficie de cultivos siniestrada anualmente en el estado de Baja California.

Año	Hectáreas	Año	Hectáreas
1990	5406	**1998**	2818
1991	9189	**1999**	5169
1992	6296	**2000**	3715
1993	3901	**2001**	5495
1994	4771	**2002**	17923
1995	3056	**2003**	6141
1996	27167	**2004**	6955
1997	5932	**2005**	5211

Datos de SIAP-SIACON (2009)

Cuadro 5. 8. Factores empleados para el cálculo de las emisiones de gases por la quema de residuos agrícolas.

Producto	Residuo/Producto de cultivo	Fracción de Materia Seca	Fracción de carbono (% MS)
Trigo	1.3	0.83	0.4853
Cebada	1.2	0.83	0.4567
Maíz	1.0	0.40	0.4709
Avena	1.3	0.50	0.4378
Centeno	1.6	0.50	0.4378
Sorgo	1.4	0.50	0.4378
Chícharo	1.5	0.50	0.4378
Frijol	2.1	0.50	0.4378
Papas	0.4	0.45	0.4226
Betabel	0.3	0.15	0.4072

Fuente: IPCC (1996)

5.2.2. Emisiones por quemas agrícolas

Las emisiones finales de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso y óxidos de nitrógeno, provenientes de las quemas agrícolas se resumen en el cuadro 5.9. Dentro de las quemas agrícolas, el mayor emisor son los óxidos de nitrógeno pues aportan el 54% del total equivalente en CO_2, seguido del metano y del monóxido de carbono que aportan 20% cada uno. El óxido nitroso aporta el 6%. Los valores se mantienen constantes con variaciones no mayores a 1% entre gases.

Cuadro 5. 9. Emisiones anuales de gases distintos a CO_2 por la quema de residuos agrícolas, en gigagramos.

Gas	CH_4	CO	N_2O	NO_x	CO_2 eq TOTAL
1990	0.96	20.71	0.02	0.80	56.5
1991	1.22	26.74	0.03	1.00	65.9
1992	1.13	24.53	0.03	0.95	61.3
1993	1.56	33.24	0.04	1.36	84.2
1994	1.84	39.21	0.04	1.60	103.0
1995	1.66	35.14	0.04	1.45	86.4
1996	1.64	37.53	0.03	1.19	104.3
1997	2.56	54.39	0.06	2.23	149.1
1998	1.82	38.58	0.04	1.60	93.0
1999	1.68	35.78	0.04	1.45	86.2
2000	1.87	39.67	0.05	1.63	99.7
2001	2.17	46.31	0.05	1.89	112.4
2002	2.25	49.32	0.05	1.83	131.4
2003	2.47	52.49	0.06	2.14	139.3
2004	1.73	37.18	0.04	1.48	120.5
2005	2.52	53.59	0.06	2.21	128.7

5.3. EMISIONES DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS

La gestión de los suelos agrícolas es responsable de la emisión de los gases de efecto invernadero: óxido nitroso (N_2O), dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4).

La fijación del nitrógeno es un proceso por el cual el N_2 atmosférico es convertido a compuestos nitrogenados disponibles para las plantas. Las actividades humanas resultan en la fijación de un gran monto de nitrógeno que de otra forma no sería posible. Las fuentes artificiales ahora cuentan para 30-40% de todo el nitrógeno fijado. Estas incluyen fertilizantes químicos manufacturados y el incremento en el cultivo de las leguminosas fijadoras de nitrógeno (Manahan, 2000).

Antes del amplio uso de los fertilizantes nitrogenados, el nitrógeno del suelo fue proporcionado principalmente por leguminosas. Estas son plantas como la soya, la alfalfa, el trébol, que contienen estructuras de bacterias capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. Las plantas leguminosas tienen una relación simbiótica con las bacterias que proveen nitrógeno. Las leguminosas podrían adicionar cantidades significativas de nitrógeno al suelo, incluso

comparable a los fertilizantes sintéticos. Los óxidos de nitrógeno son convertidos a nitratos en la atmósfera, y los nitratos eventualmente son depositados en el suelo. El suelo absorbe NO y NO_2, y estos gases son oxidados a nitrato (NO_3) en el suelo (Manahan, 2000).

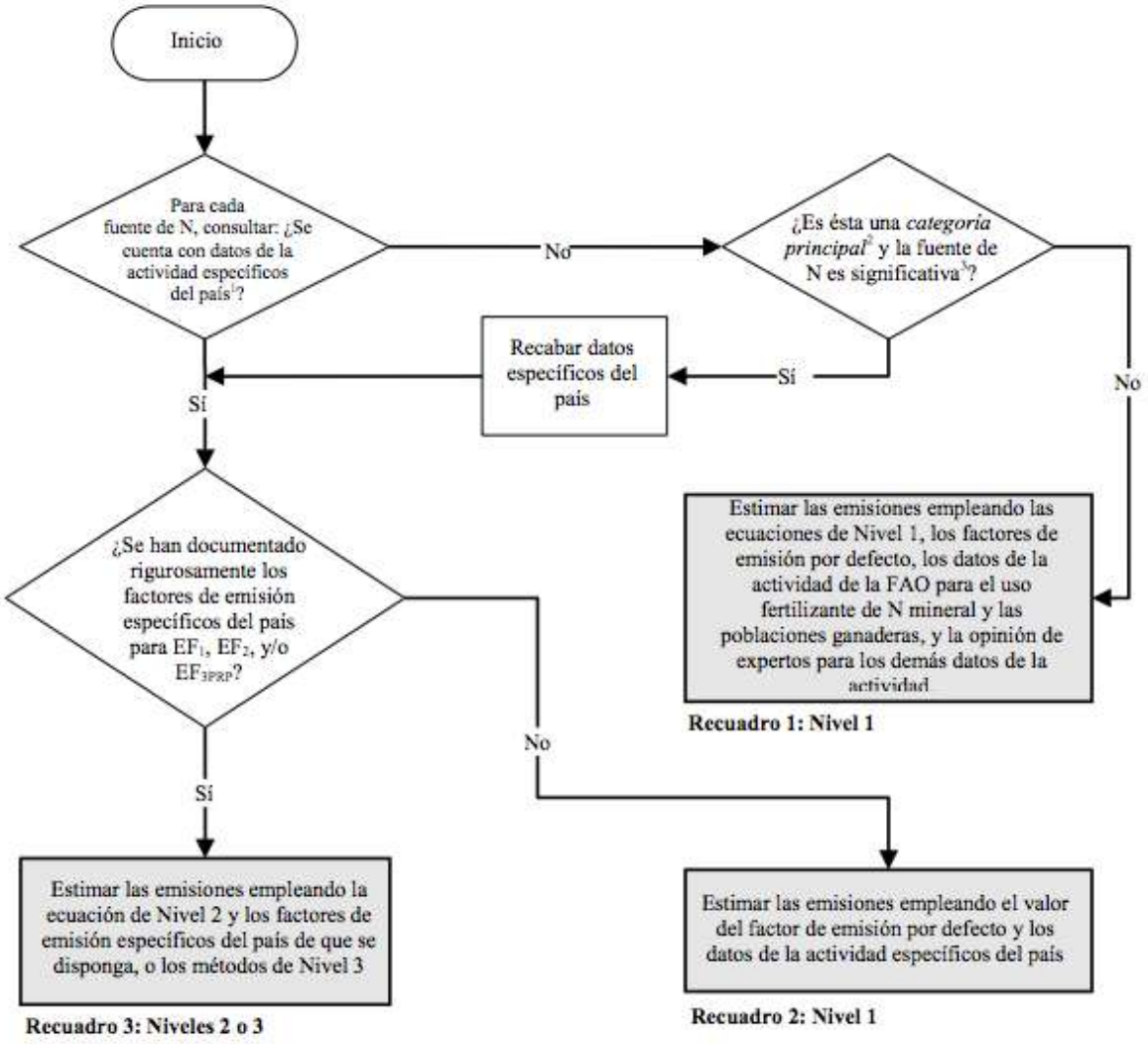
En esta sección se abordan las emisiones directas de N_2O de los suelos, provenientes de las entradas antropogénicas, como fertilizantes sintéticos; las provenientes de la fijación de los cultivos fijadores de nitrógeno, como las leguminosas; y el nitrógeno proveniente de los residuos de los cultivos que regresan al suelo. Se determinan las emisiones indirectas de N_2O por la deposición atmosférica, escurrimiento y escape de nitrógeno en el suelo (Figura 5.6).

Figura 5. 10. Componentes de las emisiones de N_2O proveniente de los suelos agrícolas

5.3.1. Metodología de las emisiones directas e indirectas de N_2O

Se estimaron las emisiones directas e indirectas de los suelos agrícolas haciendo uso de las bases de datos disponibles de fertilizantes a nivel nacional y de la producción de cultivos. Se empleó la toma de decisiones mostrada en la figura 5.12. Primera respuesta: Sí se cuenta con datos de N específicos. Segunda respuesta: No se han documentado rigurosamente los factores de emisión. Por lo tanto: Fueron utilizados los factores de emisión por defecto y los datos específicos de la actividad.

Figura 5. 11. Árbol de decisiones para emisiones directas de N_2O de suelos gestionados.



5.3.1.1. Emisiones directas de N_2O de los suelos agrícolas

Las emisiones directas se estimaron multiplicando el nitrógeno total entrante por el factor de emisión de suelos: 0.0125 (N_2O-N/N total entrante).

El nitrógeno total entrante considera el consumo de fertilizantes, la producción de leguminosas, el estiércol usado como fertilizante y la producción de cultivos no leguminosos.

Se determinó el consumo de fertilizantes aparente para el estado de Baja California, a partir del consumo Nacional. La base de datos incluye el sulfato de amonio (21% de N), el nitrato de amonio (33.5% de N), la urea (45% de N), los fertilizantes fosfatados (18% de N), y las mezclas de NPK (15% de N); se consideró también que Baja California aporta el 1.03% de la superficie total sembrada a nivel nacional y que la superficie fertilizada en 1996 fue del 86% (INEGI, 2010). El resultado de la estimación se presenta en el cuadro 5.10.

Se contabilizó también el nitrógeno contenido en las heces empleadas como fertilizante, principalmente de las especies rumiantes. Para ello se multiplicó el nitrógeno total excretado por el porcentaje de ganado que se maneja en pastoreo.

Se determinó el nitrógeno fijado a partir del volumen de producción de frijol, garbanzo y haba, del estado de Baja California (SIACON, 2009) multiplicado por el factor 0.03 kg N por kg de biomasa seca. Se consideró también la fracción de N de los cultivos que regresan al suelo.

La ecuación empleada para el cálculo de las emisiones directas de N_2O fue la siguiente:

Donde:

$N_2O_{DIRECTAS}$ = Emisiones directas de N_2O de los suelos agrícolas
F_{SN}= Nitrógeno sintético aplicado
F_{AW}= Nitrógeno en excreta usada como fertilizante
F_{BN}= N fijado por leguminosas
F_{CR}= N en los residuos de cultivos que regresan al suelo

Cuadro 5. 10. Consumo aparente de fertilizantes para el estado de Baja California

Año	Miles de toneladas de N /año	Año	Miles de toneladas de N /año
1990	6.23	1998	10.03
1991	6.95	1999	9.78
1992	7.76	2000	9.54
1993	8.67	2001	9.31
1994	9.68	2002	9.08
1995	10.80	2003	8.86
1996	10.54	2004	8.64
1997	10.28	2005	8.64

5.3.1.2. Emisiones indirectas de N_2O de los suelos agrícolas

El estimado de las emisiones indirectas de N_2O de los suelos agrícolas siguió el nivel 1. La figura 5.13 describe las decisiones para usar este nivel. Primera respuesta: No se cuenta con datos específicos para cada fuente agrícola de N. Segunda respuesta: No es una categoría principal. Tercera respuesta: No se han documentado rigurosamente los factores de emisión ni los valores de las fracciones específicas. Por lo tanto las emisiones fueron estimadas con las ecuaciones de nivel 1 y los factores y datos por defecto.

Las emisiones indirectas se forman de la suma de la liberación de N_2O por la deposición atmosférica, el N_2O de la lixiviación en el suelo y el N_2O resultado de los lodos de agua residual que contienen proteína desechada por las personas por la proteína que consumen.

La cantidad de N_2O emitido por deposición atmosférica y por escurrimiento en el suelo se estimó considerando los fertilizantes sintéticos aplicados (cuadro 5.10) y el monto de nitrógeno excretado por los animales, así como la fracción que de cada uno de ellos se volatiliza y la fracción que se escurre en el suelo. Estas fracciones se muestran en el cuadro 5.11.

El N_2O del lodo del agua residual por el consumo de las proteínas se basó en el número de habitantes de Baja California y en un consumo promedio de 68 g de proteína.

La ecuación empleada para el cálculo de las emisiones indirectas de N_2O fue la siguiente:

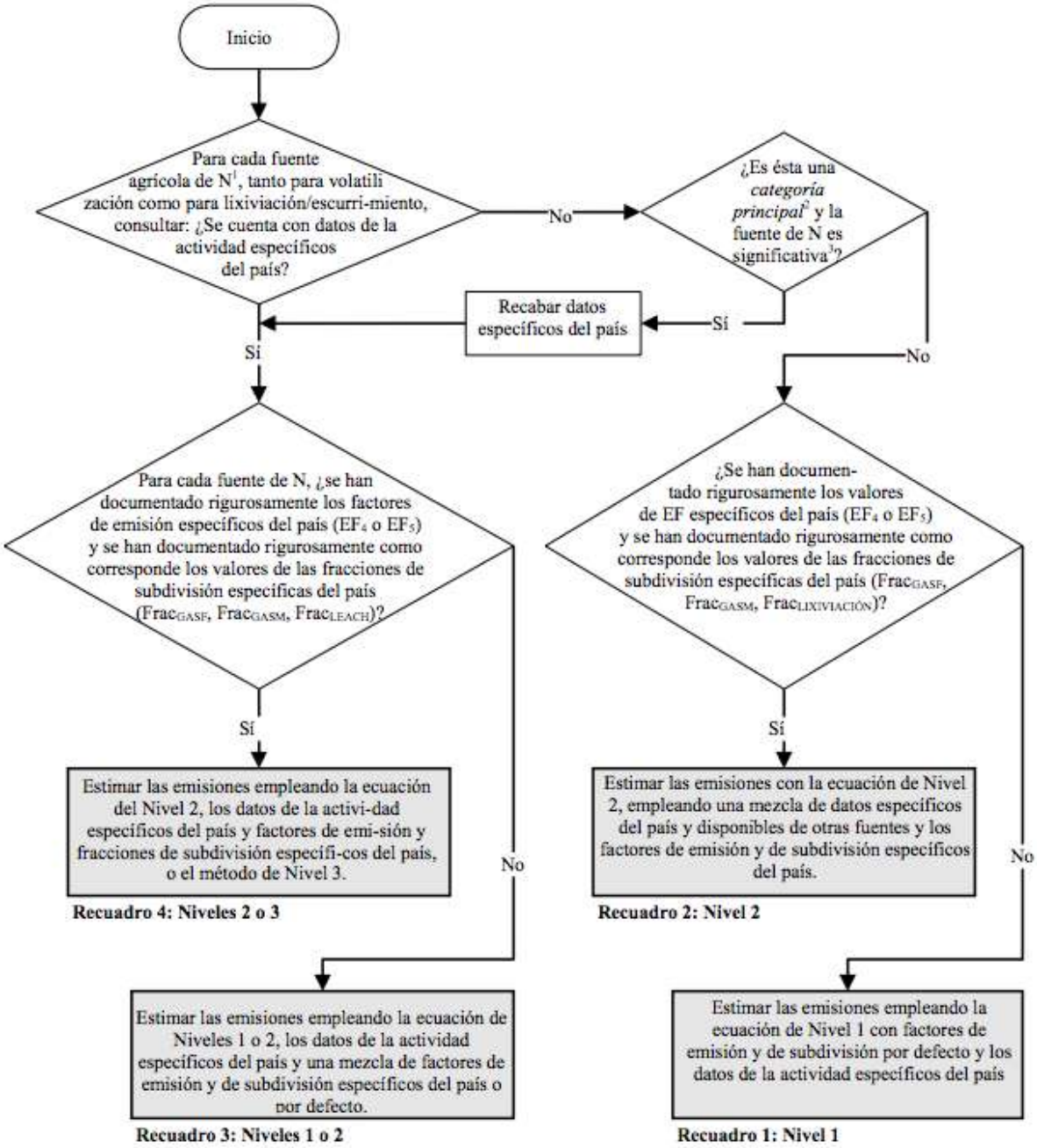
Donde:
$N_2O_{(G)}$ = N_2O producida de la deposición atmosférica de NO_x y NH_3
$N_2O_{(L)}$ = N_2O producido del nitrógeno por escurrimiento y escape

Cuadro 5. 11. Factores de emisión por defecto para las emisiones indirectas

Factor	Valor	Unidad
Nitrógeno que se deposita	0.01	kg N_2O-N
Pérdida por escurrimiento	0.025	kg N_2O-N

Fuente: (IPCC, 1996).

Figura 5. 12. Árbol de decisiones para las emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados.



5.3.2. Resultados de las emisiones de N_2O provenientes de los suelos agrícolas

Las emisiones de N_2O totales resultaron de la suma de las emisiones directas e indirectas. En el cuadro 5.12 se observan los estimados.

Las emisiones indirectas son mayores que las emisiones directas, las primeras aportan 69% y las segundas el 31% en 1990. Para el 2005 la relación es similar.

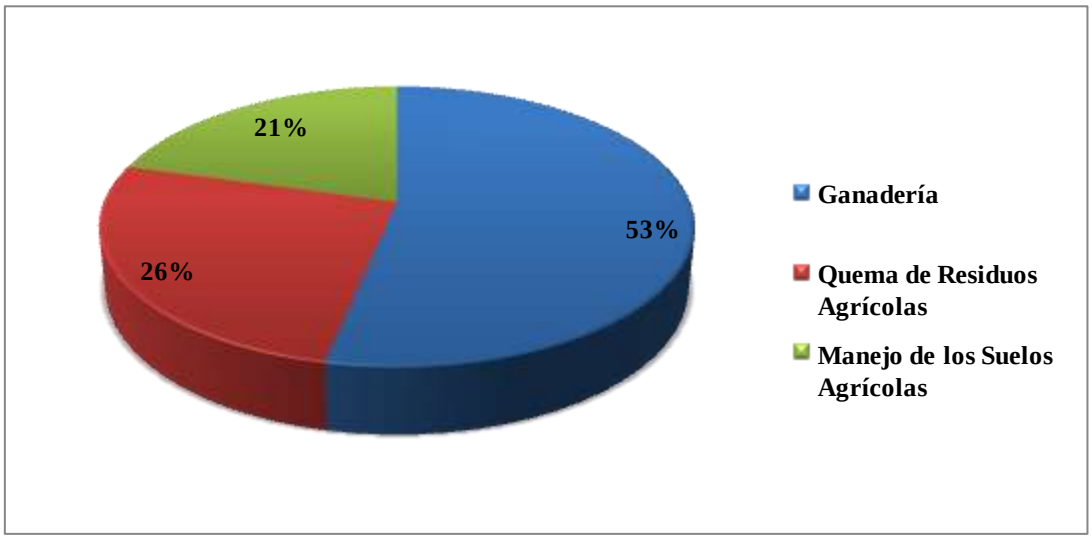
Cuadro 5. 12. Emisiones de óxido nitroso proveniente de los suelos agrícolas. Las unidades son gigagramos por año.

Año	Emisiones de N_2O Directas	Emisiones de N_2O Indirectas	CO2 eq TOTAL
1990	0.121	0.268	120.6
1991	0.129	0.278	126.1
1992	0.130	0.275	125.5
1993	0.171	0.283	140.6
1994	0.177	0.291	145.1
1995	0.193	0.327	161.4
1996	0.200	0.330	164.3
1997	0.190	0.326	160.0
1998	0.183	0.322	156.8
1999	0.187	0.329	160.0
2000	0.187	0.340	163.3
2001	0.193	0.350	168.3
2002	0.197	0.358	172.1
2003	0.194	0.361	172.0
2004	0.195	0.359	171.9
2005	0.185	0.364	170.1

5.4. APORTACIONES DENTRO DE LA CATEGORÍA DE AGRICULTURA

En la categoría de agricultura, la fuente que más aporta es la ganadería con el 57%, dentro del cual la fermentación entérica aporta el 36 por ciento y el manejo del estiércol el 21%. Después de la ganadería la fuente que más aporta es la proveniente de los suelos agrícolas con el 23% del total de la sección de agricultura. La categoría que menos aporta a las emisiones son las quemas agrícolas, con el 20% del total (Figura 5.14).

Figura 5. 13. Aporte de cada fuente de emisión dentro de la categoría de agricultura



6. DESECHOS

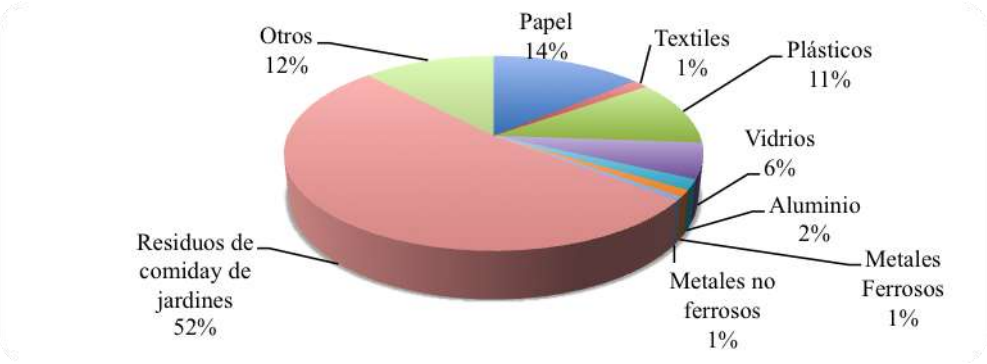
6.1. MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN BAJA CALIFORNIA.

El estado de Baja California ha incrementado la generación de sus residuos sólidos de forma tan acelerada como lo ha sido su crecimiento poblacional. Si bien la recolección de basura y su adecuado manejo es aún insuficiente, estos manejos se han incrementado en los últimos años.

Las cifras oficiales indican que en Baja California en el 2009 se recolectaron 1,336 miles de toneladas, mientras que en 1998 se colectaban 835 miles toneladas en el año, de acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social (SEMARNAT, 2010). Respecto al manejo que reciben los residuos, de acuerdo con el INEGI (1994), en el año 1993 el estado de Baja California contaba con 65 ha destinadas como rellenos sanitarios, y se colectaban 220 460 miles de toneladas anuales.

La caracterización de los desechos colectados en los rellenos sanitarios, indica que la mayoría de los desechos son materiales orgánicos, seguido de desechables y plásticos. En menor medida llegan vidrios y metales (Figura 6.1). Es también importante señalar que gran parte de los desechos son recuperados.

Figura 6. 1. Caracterización de los residuos que llegan a los sitios de disposición.



Fuente: SEMARNAT (2010)[6]

[6] Es el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. El porcentaje señalado fue obtenido de la base de datos titulada: Generación estimada de residuos urbanos por tipo de residuo. En: Base de datos estadísticos por consulta temática; Dimensión ambiental; residuos sólidos urbanos; generación.

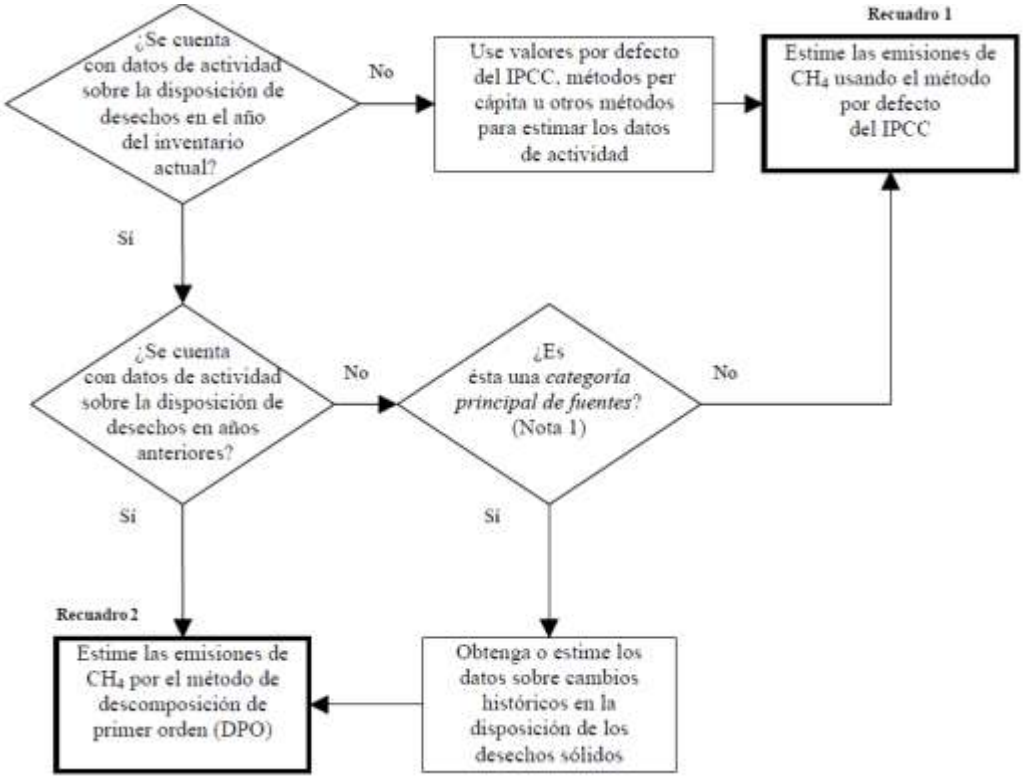
6.1.1. Contaminación por el manejo de los residuos sólidos

Los diferentes desechos a partir de su degradación por su manejo en confinamientos, generan diferentes cantidades de gases con efecto invernadero. En la primera fase aeróbica, se genera CO_2 a partir de la cual comienza a incrementarse la temperatura. En la fase anaeróbica se generan compuestos nitrogenados y al finalizar esta fase genera gas metano.

Se puede predecir la cantidad de CO_2 y CH_4 que se genera a partir de la descomposición de los residuos orgánicos. La generación de gases depende de la cantidad de material orgánico presente y de las condiciones térmicas, de humedad, ácido-básicas del ambiente y compactación de la basura.

Para estimar las emisiones de metano se utilizó el método por defecto del IPCC. La figura 6.2 describe el camino de decisiones tomadas. Primera respuesta: No se cuenta con datos de la actividad sobre la disposición de desechos en una serie larga de años. Por lo tanto fueron utilizados métodos per cápita y del IPCC.

Figura 6. 2. Árbol de decisión para las emisiones de CH_4 provenientes de los sitios de eliminación de los desechos sólidos.



6.1.2. Metodología para la estimación de emisiones por el manejo de desechos sólidos

Para el cálculo de las emisiones se empleó la cantidad de desechos sólidos generados anualmente en el estado, derivados a partir de los datos de Residuos Sólidos Urbanos generados por la Secretaría de Desarrollo Social (SEMARNAT, 2010), la cual es la fuente primaria. Se consideró también un porcentaje entre 88 y 94% de residuos recolectados en la ciudad con base en los datos de, y se determinó la cantidad de material orgánico en los desechos; ambos a partir de las estadísticas presentadas por SEMARNAT (2010)[7]. Los factores empleados se resumen en el cuadro 6.1.

[7] Es el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. El porcentaje señalado fue obtenido de la base de datos titulada: Generación estimada de residuos urbanos por tipo de residuo. En: Base de datos estadísticos por consulta temática; Dimensión ambiental; residuos sólidos urbanos; generación.

Las emisiones de metano procedentes del manejo de los desechos sólidos municipales se derivaron a partir de la siguiente ecuación:

DONDE:
MSW_T = Cantidad de desechos generados.
MSW_F = Fracción dispuesta en los depósitos de desechos.
MCF = Factor de corrección de metano
DOC = Fracción de carbono orgánico degradable

Para determinar el DOC (la cantidad de material orgánico en los desechos) se consideró que en promedio entre 1992 y 2005, el 52% de los desechos eran restos de comida, basura de jardines y materiales orgánicos similares y el 16% papel, cartón y textiles, el 32% restante corresponde a materiales inorgánicos como metales, vidrios y plásticos (SEMARNAT, 2010). La ecuación para determinar el DOC fue la siguiente:

Donde:
A = Porcentaje de papel y textiles
B = Porcentaje de desechos de jardín, de parque u otro orgánico no comestible
C = Porcentaje que es desecho de comida
D = Porcentaje que es madera o paja.

El porcentaje correspondiente a papel, cartón y textiles se multiplicó por el factor 0.4, mientras que para el porcentaje relacionado a desechos de comida y basura de jardín, se multiplicó por el factor 0.16. La suma de los resultados arroja y 0.15, factor empleado como DOC.

Cuadro 6. 1. Factores utilizados en el cálculo de las emisiones por el manejo de desechos sólidos

Factor	Valor
Residuos recolectados	88 - 94%
Fracción de carbono orgánico degradable	0.15

6.1.3. Resultados de las emisiones de los desechos sólidos

Las emisiones de metano se incrementan de 5.4 Gg en 1990 a 12.9 Gg en 2005. Los resultados se presentan en el cuadro 6.2. Las emisiones de metano aumentaron 39% de 1990 a 2005, debido principalmente al aumento de la población y con ello la generación de residuos.

Cuadro 6. 2. Emisiones de metano y su equivalente en CO_2 provenientes del manejo de los residuos sólidos del estado de Baja California. Las unidades son gigagramos por año.

Año	Emisiones de metano	Emisiones CO_2e
1990	5.4	114.4
1991	5.8	121.1
1992	6.1	128.2
1993	6.5	135.7
1994	6.8	143.6
1995	7.2	152.0
1996	7.7	160.9
1997	8.1	170.3
1998	8.6	180.3
1999	8.7	182.2
2000	9.7	203.2
2001	10.1	212.8
2002	10.6	221.9
2003	10.8	226.8
2004	12.4	260.0
2005	12.9	271.0

6.2. AGUAS RESIDUALES URBANAS

6.2.1. La gestión del agua en Baja California

El estado de Baja California pertenece a la Región Hidrológica-Administrativa número I. Las Regiones Hidrológico-Administrativas de México, son las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos, formadas por agrupaciones de cuencas. En todo el país existen 13 y la Región I, la integran Baja California y Baja California Sur. Dentro de esta Región se ubica el distrito de riego llamado Río Colorado, el cual cuenta con una superficie total de 208 805 hectáreas. El Río Colorado es el más importante debido a que es el proveedor de agua para las principales ciudades del estado y es vital para el desarrollo agrícola de la región (CONAGUA, 2010).

Baja California comparte 2 cuencas hidrológicas transfronterizas, los Ríos que pertenecen a estas cuencas son el Río Colorado y el Río Tijuana, con un escurrimiento natural medio superficial de 13 y 78 millones de m^3 al año respectivamente (CONAGUA, 2010).

El principal uso del agua en Baja California es mayormente agrícola en 77.5%, seguido del industrial en 8% y el público urbano en 5.5% (Cuadro 6.3).

Cuadro 6. 3. Volumen de agua concesionada para el estado de Baja California y los usos para lo que es destinada. Tomado de REPDA, 2010

USO	AGUAS NACIONALES		VOLUMEN TOTAL
	Aguas Superficiales	Aguas subterráneas	
	Volumen de extracción concesionado m^3/año	Volumen de extracción concesionado m^3/año	
Agrícola	1,652,701,923	946,523,652	2,599,225,575
Agroindustrial	0	9,024	9,024
Doméstico	29,747	462,187	491,934
Acuacultura	1,495,225	0	1,495,225
Servicios	2,491,388	7,119,648	9,611,036
Industrial	66,873,671	200,820,366	267,694,037
Pecuario	683,761	2,602,898	3,286,659
Público urbano	99,596,214	85,535,295	185,131,509
Múltiples	44,938,028	116,354,231	161,292,259
Generación de energía eléctrica	126,144,000	0	126,144,000
Comercio	0	0	0
Otros	0	0	0
TOTALES	**1,994,953,957**	**1,359,427,301**	**3,354,381,258**

6.2.2. Manejo de aguas residuales

En México se llevan a cabo monitoreos a fin de evaluar la calidad del agua. Los indicadores empleados son la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST), que permiten determinar la cantidad de materia orgánica presente en el agua. En Baja California existe un cuerpo de agua fuertemente contaminado, es el Río Tijuana y presenta arriba de 400 mg/L de SST (CONAGUA, 2010).

A nivel nacional se estima que en 2008 se descargaron 7.44 km^3 de agua residual, de las cuales se trata el 35%. Respecto a los indicadores de contaminación, se estima que ese mismo año se

generaron 2.01 millones de toneladas de DBO, de la cual el 88% se colectó en alcantarillado y 29% del DBO colectado se removió en los sistemas de tratamiento (CONAGUA, 2010).

En el caso de la descarga de aguas residuales de Baja California, la mayor descarga proviene del sector industrial, en un 86.5%, seguido del uso público en un 12.3% (Cuadro 6.4). En el estado se ha incrementado el volumen de agua residual tratada en los últimos años.

Cuadro 6. 4. Volumen de agua residual descargada en el estado de Baja California

Uso	Volumen de descarga concesionado (m^3/año)
Agrícola	11,832
Agroindustrial	5,676
Doméstico	459
Acuacultura	4,249,820
Servicios	9,391,099
Industrial	1,309,264,582
Pecuario	965,329
Público urbano	186,774,600
Múltiples	3,477,137
Generación de energía eléctrica	0
Comercio	0
Otros	0
TOTALES	**1,514,140,534**

Tomado de REPDA, 2010

En Baja California, en el año 2000 existían 13 plantas de tratamiento municipales con una capacidad de 4432 litros por segundo. Para 2008 el número de plantas de tratamiento municipales ascendió a 27 con una capacidad de 6 985.1 litros por segundo. El caudal de agua residual municipal tratado en Baja California corresponde al 6.22% del tratado a nivel nacional (Cuadro 6.5).

Las plantas de tratamiento de agua residual municipal poseen procesos: los procesos de tratamiento de filtros biológicos, lodos activados, lagunas de aireación y de estabilización, tratamiento primario avanzado y zanjas de oxidación, todo ello para una capacidad instalada de 2981.60 litros por segundo al 2004, de acuerdo con datos de la SEMARNAT (2010).

Cuadro 6. 5. Plantas de tratamiento en Baja California y su volumen instalado.

Año	Plantas de tratamiento en operación	Volumen tratado en plantas en operación (l/s)
1995	8	3146
1996	9	2706
1997	10	3892
1998	10	3892
1999	13	3702
2000	13	3768
2001	13	3893
2002	15	3897
2003	24	3865
2004	25	4060
2005	26	3961
2006	28	4442
2007	25	4931
2008	27	5262

SEMARNAT[8] (2010)

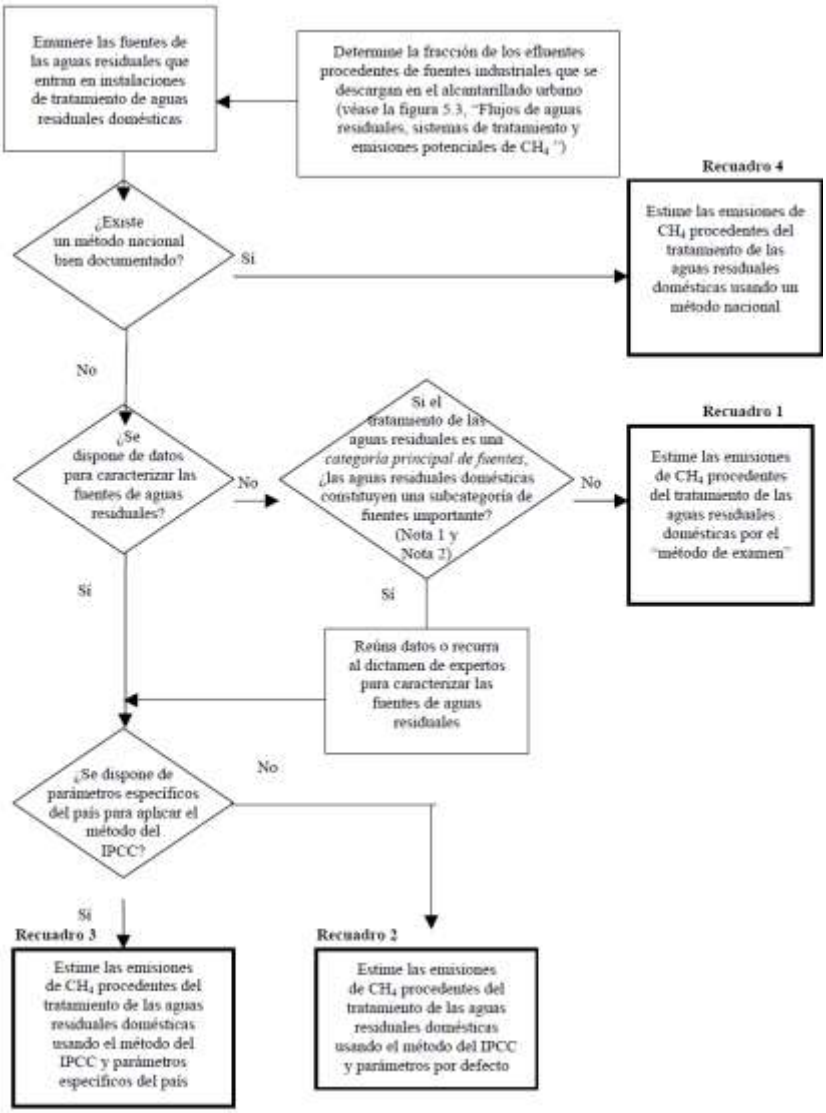
En esta sección se presenta la metodología para estimar las emisiones de gas metano como resultado de los desechos urbanos. Se determinan por separado las emisiones provenientes del manejo de los desechos sólidos y las provenientes del tratamiento de aguas residuales municipales.

6.2.3. Metodología para la estimación de emisiones por el manejo de aguas residuales urbanas

Para estimar el volumen de agua tratada en los municipios de Baja California, se emplearon los datos oficiales de la Comisión Nacional del Agua y la caracterización de los tratamientos, haciendo uso de interpolaciones para estimar los datos faltantes. Se usaron los factores de emisión por defecto del IPCC (1996) por ser los más cercanos a las condiciones del estado.

[8] Es la base de datos estadísticos del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Consulta temática, Dimensión ambiental, Agua, Gestión ambiental – Tratamiento de agua. Base de datos titulada: Plantas de tratamiento en operación, capacidad instalada y gasto tratado de agua residual municipal.

Figura 6. 3. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH_4 procedentes de las aguas residuales domésticas.



La figura 6.3 resume las decisiones para la elección de las fuentes de datos. Primera respuesta: No existe un método nacional bien documentado. Segunda respuesta: Sí se dispone de datos para caracterizar las fuentes de aguas residuales. Tercera respuesta: No se dispone de parámetros específicos. Por lo tanto la emisiones fueron estimadas usando el método del IPCC y parámetros por defecto.

Para determinar las emisiones de metano provenientes del agua residual, se empleó la cantidad de materia orgánica en el agua residual urbana y se multiplicó por el factor de emisión. La ecuación fue la siguiente:

Donde:
MO = Materia orgánica
F = Factor de emisión de metano

El factor de emisión empleado fue 0.056 kg CH_4/kg materia orgánica, estimado a partir de la siguiente ecuación del IPCC:

Donde:
TOS = Total de lodo orgánico en kg de DBO
P = Población
D_{dom} = Componente orgánico degradable (DBO/personas)
DS_{dom} = Fracción del componente de materia orgánica que es removida como lodo.

La cantidad de materia orgánica generada anualmente se describe en el cuadro 6.6. La materia orgánica presente en el agua residual se determinó a partir de la población anual del estado de Baja California, derivada de los censos de población del INEGI (2010a), y de las fracciones de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) descritas por el IPCC (1996) para aguas residuales urbanas.

Cuadro 6. 6. Generación anual de materia orgánica en el agua residual.

Año	Materia orgánica (Gg)	Año	Materia orgánica (Gg)
1990	48.50	1998	68.03
1991	50.89	1999	70.29
1992	53.39	2000	72.63
1993	56.02	2001	74.61
1994	58.78	2002	76.64
1995	61.67	2003	78.72
1996	63.72	2004	80.86
1997	65.84	2005	83.06

6.2.3.1. Resultados de las emisiones de metano provenientes del agua residual

Las emisiones de metano del agua residual se incrementan de 2.7 Gg en 1990 a 4.7 Gg en 2005. La serie completa se describe en el cuadro 6.7. Las emisiones de metano aumentaron 43% de 1990 a 2005, debido principalmente al aumento de la población.

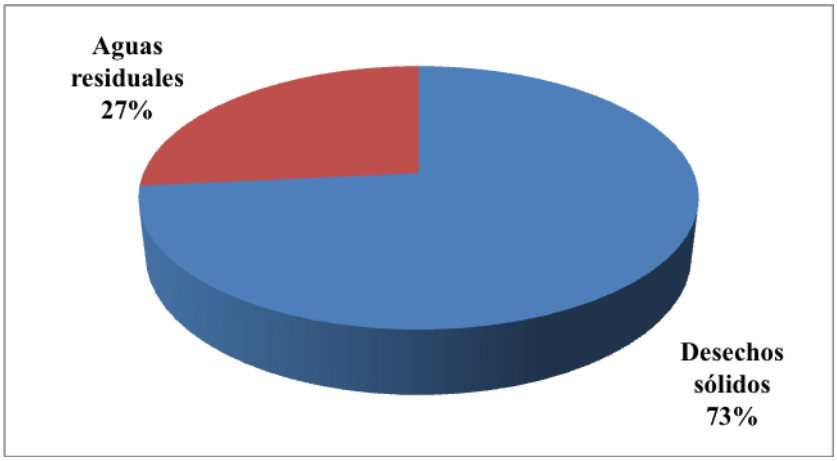
Cuadro 6. 7. Emisiones de metano y su equivalente en CO_2 debido al manejo del agua residual. Las unidades son gigagramos anuales.

Año	Emisiones de metano	Emisiones de CO_2e
1990	2.7	57.2
1991	2.9	60.0
1992	3.0	63.0
1993	3.1	66.1
1994	3.3	69.3
1995	3.5	72.7
1996	3.6	75.1
1997	3.7	77.6
1998	3.8	80.2
1999	3.9	82.9
2000	4.1	85.6
2001	4.2	88.0
2002	4.3	90.4
2003	4.4	92.8
2004	4.5	95.3
2005	4.7	97.9

6.3. APORTACIONES EN LA CATEGORÍA DE DESECHOS

En la categoría de desechos en 2005 la fuente con mayor aporte de emisiones de metano es el apartado del manejo de residuos sólidos urbanos, con un 73% de la emisión, mientras que las aguas residuales aportan el 27% (Figura 6.4).

Figura 6. 4. Aporte de cada fuente en la sección de desechos



7. USO DE SUELO, CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA

7.1. EL USO DE SUELO EN BAJA CALIFORNIA.

La mayor parte del territorio en Baja California se encuentra ocupado por matorral, esto es el 79%. La superficie agrícola ocupa un 7% y la zona urbana el 1.1% del territorio del estado. Si bien la diferencia es amplia, la velocidad con la que se ha modificado el uso de suelo ha sido rápida, de forma paralela al aumento poblacional en el estado.

De acuerdo con los reportes presentados por SEMARNAT, entre 1997 y 2009 se autorizaron 63 solicitudes de cambio de uso de tierra, con lo cual se autorizó el cambio de 2,544.33 hectáreas, de las cuales el 98% era matorral xerófilo y el 2% bosque. Los principales nuevos usos de la tierra fueron la agricultura en un 43% y la infraestructura básica en un 38%.

La mayor parte del estado de Baja California no presenta degradación aparentemente del suelo, sin embargo, se presenta una degradación química del suelo focalizada, en los territorios del Valle Agrícola de San Quintín y del Valle de Mexicali; las principales regiones agrícolas del estado. Como se aprecia en el cuadro 7.1, el suelo en Baja California no es muy rico en nutrientes ni muy variado (SEMARNAT, 2006).

Es importante destacar el endemismo vegetal ampliamente extendido en Baja California (Peinado-Lorca y Delgadillo-Rodríguez, 1990), el cual se pone en riesgo por la degradación del suelo y la sustitución de superficie de matorral por otras actividades.

Cuadro 7. 1. Tipos de suelos en el estado de Baja California en el año 1999 y la superficie que éstos ocupan (km^2).

Tipo de suelo	Superficie
Calcisoles	19,856.94
Regosoles	17,575.93
Arenosoles	16,689.27
Leptosoles	11,333.54
Solonchaks	06,049.32

(SEMARNAT, 2010)

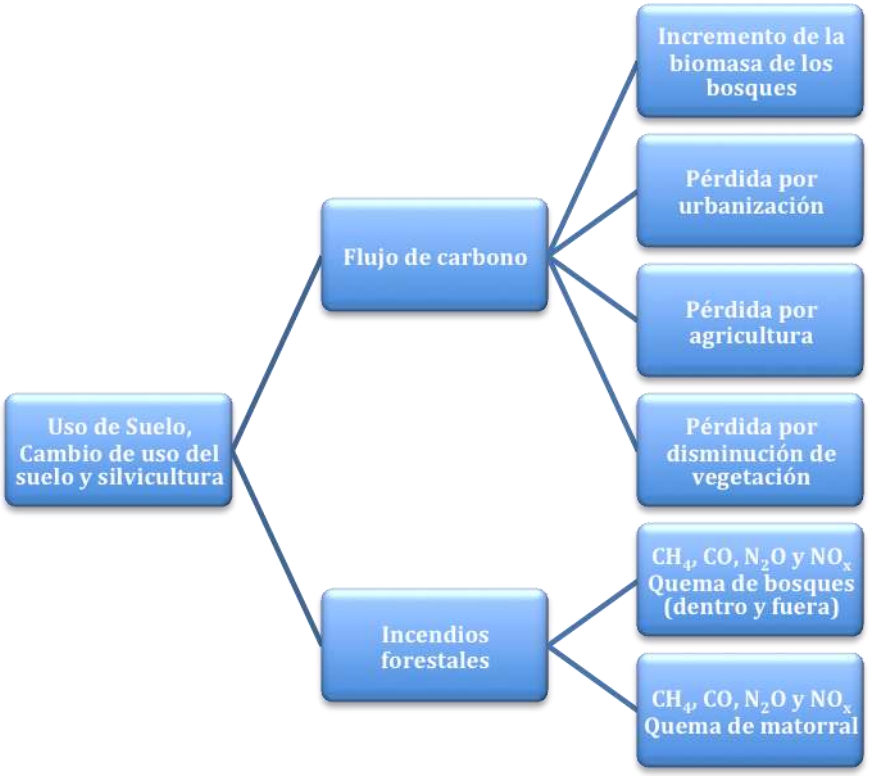
Baja California es uno de los 4 estados con mayor superficie afectada por incendios forestales, junto con Guadalajara, Chiapas y Oaxaca; y es de los estados con menor superficie reforestada en el país. El grado de sobrepastoreo es de los más bajos en el país, sin embargo, es de los estados con mayor superficie ganadera. La superficie afectada por los incendios es principalmente de material xerófilo, en un 79% de los casos de incendio (SEMARNAT, 2006).

7.2. ELEMENTOS A CONSIDERAR EN LA CATEGORIA USCUSS

La metodología usada en este apartado fue la del IPCC (1996). La metodología establece tres principales causas de emisiones en esta categoría y son: 1) Conversión de bosques y praderas, 2) Cambios de biomasa en bosques y otro tipo de vegetación leñosa, 3) Emisiones y absorción de CO_2 en los suelos debido al manejo y cambio de uso de tierra. En este inventario el cambio de biomasa en vegetación leñosa no fue considerado debido a que no están cuantificados los cambios en este tipo de flora. En cambio si está documentada la superficie de bosques afectada por incendios.

Las actividades que pueden provocar cambios en el flujo del carbono en Baja California son el manejo de los bosques y las plantaciones de árboles comerciales, los programas de reforestación, la pérdida de vegetación por la urbanización, el incremento de la agricultura y la pérdida de vegetación del matorral xerófilo (Figura 7.1).

Figura 7. 1. Elementos a considerar en el cálculo de las emisiones por el cambio en el uso del suelo



7.3. Metodología para determinar el flujo del carbono

El primer paso es determinar las pérdidas por biomasa vegetal sea está matorral o bosque, ello a través de la superficie de cada uso de tierra. Posteriormente se convierte la biomasa en unidades de absorción o pérdida de carbono. La figura 7.2 describe los pasos.

Para determinar el flujo de carbono se empleó la base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010b). Se utilizó la superficie de bosques existente en Baja California, la superficie de matorral xerófilo, la superficie urbana y la superficie agrícola anuales. Los valores faltantes se estimaron a partir de interpolaciones anuales, los valores finales se presentan en el cuadro 7.2. A partir de estos datos se determinó la biomasa extraída e introducida[9], la absorción o emisión de carbono que representa en el flujo.

[9] La biomasa extraída hace referencia a la vegetación eliminada por actividades, mientras que la biomasa introducida hace referencia a la vegetación que ha sido cultivada con fines de forestación. No hubo datos exactos de ésta última.

Figura 7. 2. Procedimiento para la estimación del flujo de carbono

En el cuadro 7.2 se aprecia que la disminución en la biomasa vegetal en los últimos años se debe principalmente a la agricultura y al crecimiento urbano.

Cuadro 7. 2. Estimaciones de la superficie esperada para el uso agrícola, el matorral, la zona urbana y el área sin vegetación. Periodo 1990-2005. Las unidades son hectáreas.

Año	Agricultura	Matorral Xerófilo	Crecimiento urbano	Sin vegetación
1990	436236	6290836	52197	256620
1991	441819	6258031	54091	258007
1992	447402	6225227	55986	259394
1993	452985	6192422	57880	260781
1994	458568	6159617	59775	262169
1995	464152	6126813	61669	263556
1996	469735	6094008	63563	264943
1997	475318	6061204	65458	266330
1998	480901	6028399	67352	267717
1999	486484	5995595	69247	269104
2000	492067	5962790	71141	270491
2001	486709	5900125	73035	271878
2002	481351	5837459	74930	273266
2003	475994	5774794	76824	274653
2004	470636	5712128	78719	276040
2005	465278	5649463	80613	277427

Cuadro 7. 3. Valores de los factores de emisión usados en la metodología para las emisiones en el flujo de carbono.

Factor empleado	Valor	Referencia
Incremento de biomasa anual de los bosques (ton ms/ha/año)	4	IPCC 1994
Fracción de Carbono en la materia seca	0.5	IPCC 1994
Ton MS/ha de matorral xerófilo	2.5	IPCC 1994
Ton MS/ha de bosque	220.7	Ordoñez *et al.* 2008

7.4. Metodología para determinar las emisiones por incendios forestales

Se determinaron las emisiones de gases no CO_2 proveniente de los incendios forestales. Para ello se emplearon las bases de datos proporcionados por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2010). Se utilizó la superficie de bosques afectada anualmente y se determinó la cantidad de biomasa quemada a partir de los factores presentados en el Cuadro 7.4. La ecuación empleada fue la siguiente:

Cuadro 7. 4. Factores empleados en el cálculo de las emisiones por incendios forestales

Factor	Valor
Fracción muerta	0.40
Fracción oxidada de la materia muerta	1.00
Fracción viva	0.45
Fracción oxidada de la materia viva	0.80

7.5. Resultados de las emisiones por la pérdida de vegetación

El Cuadro 7.5 muestra el flujo de carbono por la pérdida de vegetación y el valor de CO_2eq que representan. Se desglosan también las emisiones de CO_2 dentro de los bosques debido a los incendios forestales y las emisiones fuera del bosque por el uso de leña. En el Cuadro 7.6 se presentan las emisiones de gases distintos al CO_2 provenientes de la quema de los bosques.

Como consecuencia de la disminución de la vegetación a causa del cambio del uso del suelo para la agricultura y para los asentamientos urbanos, los almacenes de carbono disminuyen. En el cuadro 7.5 se aprecia un aumento gradual en la pérdida de carbono hasta 1994, y a partir de 1995 la pérdida de almacenes de carbono disminuye, para volver a crecer a partir del año 2000. Al disminuir los almacenes de carbono, decrece también la captura de CO_2.

Los incendios forestales decrecen también la biomasa vegetal y disminuyen la captación de CO_2. En la cuarta columna del cuadro 7.5 puede apreciarse una tendencia creciente de las emisiones por aumento de la superficie afectada en los incendios, de 1990 a 2005, a pesar de que presenta variaciones cíclicas entre años.

Cuadro 7. 5. Flujo de carbono y emisiones de CO_2 por la quema dentro y fuera de los bosques. Las unidades son gigagramos por año.

Año	C por la pérdida de vegetación*	CO_2e por la pérdida de vegetación	CO_2 por la quema dentro del bosque	CO_2 por la quema fuera del bosque
1990	-42.330	155.220	42.250	1.133
1991	-46.610	170.900	1.230	1.133
1992	-49.810	182.630	4.090	1.133
1993	-48.860	179.160	14.390	1.133
1994	-48.900	179.290	11.170	1.133
1995	-49.840	182.760	47.180	1.133
1996	-49.510	181.520	59.150	1.133
1997	-48.420	177.550	33.840	1.133
1998	-49.070	179.930	0.640	0.045
1999	-48.060	176.230	21.670	0.056
2000	-57.750	211.750	53.960	0.000
2001	-62.470	229.050	0.850	0.337
2002	-58.090	213.000	72.230	0.000
2003	-64.330	235.890	273.190	0.603
2004	-58.280	213.700	66.920	0.270
2005	-48.560	178.040	13.810	0.000

*El signo negativo hace referencia a la disminución en los almacenes de carbono

Las emisiones de gases diferentes a CO_2 provenientes de la quema de los bosques son principalmente debidas a los incendios forestales pues el uso de la leña en Baja California es mínimo. La comparación entre gases muestra una mayor emisión de metano en comparación con CO, N_2O y NOx. Este último gas, a pesar de tener un valor bajo, al multiplicarlo por su potencial de calentamiento (el cual es 68) alcanza emisiones similares a las de metano en esta categoría.

Cuadro 7. 6. Emisiones de gases distintos al CO_2 provenientes de la quema dentro y fuera de los bosques (Gg).

Año	CH_4	CO	N_2O	NO_x
1990	0.184	1.613	0.0010	0.046
1991	0.005	0.047	0.0000	0.001
1992	0.018	0.156	0.0000	0.004
1993	0.063	0.550	0.0000	0.016
1994	0.049	0.426	0.0000	0.012
1995	0.206	1.801	0.0010	0.051
1996	0.258	2.258	0.0020	0.064
1997	0.148	1.292	0.0010	0.037
1998	0.003	0.024	0.0000	0.001
1999	0.095	0.827	0.0010	0.023
2000	0.235	2.060	0.0020	0.059
2001	0.004	0.032	0.0000	0.001
2002	0.315	2.758	0.0020	0.078
2003	1.192	10.431	0.0080	0.296
2004	0.292	2.555	0.0020	0.073
2005	0.060	0.527	0.0000	0.015

8. PROYECCIONES

A continuación se describe el comportamiento esperado para la emisión de los principales gases efecto invernadero en cada una de las categorías. Se describen los datos anuales del período 2006 a 2010 y los datos quinquenales correspondientes al período 2015 a 2050.

Para el cálculo de las proyecciones, se estudió la tendencia y la estacionalidad que presentaron los datos entre 1990 y 2005. Posteriormente se ensayaron diferentes modelos y se eligió el que mejor se ajustara a los datos de años previos.

Se describe dentro de cada categoría los datos usados en cada proyección y la forma en que se llegó a los datos finales de emisiones. Cada categoría es diferente, considerando sus condiciones particulares, como temporalidad, estado actual de la actividad y la situación económica.

En todos los casos se utilizó el paquete estadístico para computadora Minitab versión 13.2 (2000).

8.1. PROYECCIONES DE LA CATEGORÍA ENERGÍA

8.1.1. Proyecciones de emisiones GEI generadas por Transporte

Para determinar los valores de las emisiones de gases esperados después del 2005, se utilizaron los datos de la venta de combustibles reportada para el estado, estas cifras se transformaron a unidades de peso multiplicándolas por la densidad reportada por PEMEX para los combustibles en cuestión. Después se estimó el calor calorífico neto (en TJ) a partir de los datos de consumo en peso. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), específicamente óxidos de carbono (como CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) se calcularon usando los factores de emisión para transporte reportados en la guía para el cálculo de inventarios nacionales del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2006b).

Para predecir la demanda regional de petrolíferos de 2010 a 2025 que se destinarán al sector transporte, se usaron las tasas medias de crecimiento anual (tmca) reportadas en la prospectiva de petrolíferos para dicho periodo; considerando que alrededor de 95.6% el total será gasolina. Los vehículos con motor a diesel constituirán 4.2%, y los que utilicen gas LP 0.2%. Con base en los

pronósticos de crecimiento del parque vehicular y demanda de combustibles, se espera una evolución para la zona Noroeste de 2.9 tmca en gasolina, 3.1 tmca en diesel y -3.4 tmca en gas LP. Estas mismas tasas se extrapolaron a los quinquenios del 2030 al 2050, se recomienda usar este último periodo con precaución.

Las estimaciones de GEIs provenientes del sector transporte esperadas para los siguientes cincuenta años en Baja California se describen en el cuadro 8.1.

Cuadro 8. 1. Emisiones de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y su equivalente en dióxido de carbono procedentes de la quema de combustibles en el sector transporte. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales.

Año	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2e
2006	7471.17	2.91	0.34	7638.26
2007	7365.98	3.06	0.34	7537.84
2008	7809.79	3.24	0.36	7991.42
2009	7328.81	2.95	0.33	7495.00
2010	5613.44	2.26	0.25	5740.41
2015	6471.57	2.32	0.26	6617.65
2020	7472.64	2.95	0.34	7640.95
2025	8638.99	3.39	0.39	8833.09
2030	9996.74	3.89	0.45	10220.77
2035	11576.45	4.47	0.53	11835.18
2040	13413.82	5.15	0.61	13712.76
2045	15550.57	5.93	0.71	15896.10
2050	18035.42	6.84	0.82	18434.91

8.1.2. Proyecciones de emisiones GEIs por Generación de electricidad

Para determinar los valores de las emisiones de gases esperados después del 2005, se utilizaron los datos de la venta de combustibles destinadas a la generación de electricidad reportada para el estado, estas cifras se transformaron a unidades de peso multiplicándolas por la densidad reportada por PEMEX para los combustibles en cuestión. Después se estimó el poder calorífico neto (en TJ) a partir de los datos de consumo en peso. Las emisiones de gases de efecto

invernadero (GEI), específicamente óxidos de carbono (como CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) se calcularon usando los factores de emisión para combustión estacionaria en plantas de generación de electricidad del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2006a), excepto para la planta geotérmica de Cerro Prieto donde se usó el factor de emisión de CO_2 derivado de la UABC en previos estudios.

Para predecir la demanda regional de petrolíferos de 2010 a 2025 que se destinarán a la generación de electricidad en baja California, se usaron las tasas medias de crecimiento anual (tmca) reportadas en la prospectiva de petrolíferos, gas natural y electricidad para dicho periodo. Con base en los pronósticos de demanda de combustibles para el sector eléctrico, se espera un patrón variante en el uso de vapor geotérmico con un descenso de 6 tcma en 2012 y de - 6.5 para 2013; un aumento de 15 tcma para 2017 y un descenso mas en 2025. El uso del combustóleo en el sector decrecerá en 7.6 tcma; por su parte el diesel disminuirá en 4.4 tcma. El gas natural aumentará su presencia en 4.8 tcma. Después del 2025, las últimas tasas se extrapolaron a los quinquenios del 2030 al 2050, se recomienda usar este último periodo con precaución. Las estimaciones de GEIs debidas a la generación de electricidad esperadas para los siguientes cincuenta años en Baja California se describen en el cuadro 8.2.

Cuadro 8. 2. Emisiones de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y su equivalente en dióxido de carbono procedentes de la quema de combustibles para generar Electricidad. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales.

Año	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2e
2006	3456.81	0.072	0.010	3461.51
2007	3309.83	0.064	0.009	3313.81
2008	3549.24	0.071	0.010	3553.77
2009	3688.58	0.074	0.010	3693.29
2010	3662.33	0.074	0.010	3667.01
2015	4055.87	0.078	0.010	4060.48
2020	4800.58	0.087	0.010	4805. 54
2025	5800.02	0.103	0.011	5805.69
2030	7132.71	0.125	0.013	7139.48
2035	8858.23	0.155	0.016	8866.50
2040	11067.15	0.194	0.020	11077.42
2045	13878.27	0.244	0.025	13891.13
2050	17444.66	0.307	0.031	17460.83

8.1.3. Proyecciones de emisiones GEIs por el sector residencial

La determinación de las emisiones de gases esperados después del 2005, se hizo en base a las ventas de Gas LP destinadas al sector reportadas por la SENER, estas cifras se transformaron a unidades de peso multiplicándolas por la densidad reportada por PEMEX para el mencionado combustible. Después se estimó el poder calorífico neto (en TJ) a partir de los datos de consumo en peso. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), específicamente óxidos de carbono (como CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) se calcularon usando los factores de emisión para combustión estacionaria en consumo residencial del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2006a).

Para predecir la demanda de Gas LP en el sector residencial de 2010 a 2025 en baja California, se usó una tasa media de crecimiento anual de 0.3 reportada en la prospectiva de Gas LP para dicho periodo. Las estimaciones de GEIs debidas a la quema de gas LP en el sector residencial esperadas para los siguientes cincuenta años en Baja California se describen en el cuadro 8.3.

Cuadro 8. 3. Emisiones de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y su equivalente en dióxido de carbono procedentes del uso de Gas LP en el sector residencial. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales.

Año	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2e
2006	585.47	0.046	0.001	586.82
2007	622.08	0.049	0.001	623.51
2008	577.30	0.046	0.001	578.63
2009	556.66	0.044	0.001	557.94
2010	681.84	0.054	0.001	683.41
2015	682.87	0.054	0.001	684.43
2020	683.89	0.054	0.001	685.46
2025	684.92	0.054	0.001	686.49
2030	685.95	0.054	0.001	687.52
2035	686.98	0.054	0.001	688.55
2040	688.01	0.055	0.001	689.58
2045	689.04	0.055	0.001	690.62
2050	690.07	0.055	0.001	691.66

8.1.4. Proyecciones de emisiones GEIs por el sector industrial

La determinación de las emisiones de gases esperadas después del 2005, se hizo en base a las ventas de diesel, gas LP, coque de petróleo, y gas natural destinadas al sector industrial reportadas por la SENER, estas cifras se transformaron a unidades de peso multiplicándolas por la densidad reportada por PEMEX para los combustibles en cuestión. Después se estimó el poder calorífico neto (en TJ) a partir de los datos de consumo en peso. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), específicamente óxidos de carbono (como CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) se calcularon usando los factores de emisión para combustión estacionaria en consumo industrial del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2006a).

Para predecir la demanda de diesel, gas LP, coque de petróleo, y gas natural en el sector industrial de 2010 a 2025 en Baja California, se usaron tasas medias de crecimiento anual de 0.1 para diesel, 1.6 para gas LP, 0.3 para gas natural y 0.2 para coque de petróleo reportadas en la prospectiva de petrolíferos 2010-2025. Las estimaciones de GEIs debidas a la quema de éstos combustibles en el sector residencial esperadas para los siguientes cincuenta años en Baja California se describen en el cuadro 8.4.

Las proyecciones de emisiones GEIs generadas por los sectores agrícola y de servicios no se detallan debido a que en las prospectivas no se proporcionan proyecciones para tales sectores; tal ausencia resulta en que no se contabilicen cerca del 3 % de las emisiones totales generadas en el sector energía.

Cuadro 8. 4. Emisiones de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y su equivalente en dióxido de carbono procedentes del uso de Gas LP en el sector industrial. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales.

Año	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2e
2006	727.66	0.017	0.003	728.85
2007	678.64	0.016	0.003	679.78
2008	1058.39	0.023	0.003	1059.87
2009	910.41	0.020	0.003	911.67
2010	785.74	0.015	0.003	786.59
2015	973.05	0.020	0.003	974.34
2020	997.84	0.021	0.003	999.15
2025	1028.01	0.021	0.003	1029.34
2030	1073.55	0.022	0.003	1074.96
2035	1122.62	0.023	0.003	1124.11
2040	1175.55	0.025	0.003	1177.11
2045	1232.68	0.026	0.004	1234.33
2050	1294.40	0.027	0.004	1296.15

8.2. PROYECCIONES DE LA CATEGORÍA PROCESOS INDUSTRIALES

8.2.1. Proyecciones de CO_2 eq

Las proyecciones de CO_2 eq se realizaron para tres subcategorías: 1) gases refrigerantes, 2) industria del cemento e 3) industria del acero. Los resultados se muestran en el cuadro 8.5. Mayores detalles de los cálculos se dan a continuación.

Las estimaciones de las fugas de gases refrigerantes a partir del 2005 se hicieron considerando una tendencia inercial a la alza en un modelo lineal, esta elección pretende reflejar el crecimiento poblacional estatal esperado; un mayor número de personas que con suficiente poder adquisitivo para comprar aires acondicionados baratos provenientes de los Estados Unidos, incrementarán la introducción de dichos aparatos a la región, dichos son conocidos por su bajo desempeño, mas para la proyección se consideró que los aparatos tendrán un desempeño como el que se encontró en el estudio de Lambert *et al.*, es decir de mejora al 2008 con respecto al 2006.

Los cálculos de las emisiones de CO_2 eq de la industria del cemento consideraron la tendencia desde 1990, cuando se instala la infraestructura existente, misma que ha mantenido la capacidad de producción a la fecha. En 2006 ocurrió un cambio importante en la reducción de emisiones

GEI, se aumentó la importación de clinca, esto provocó que la estable meseta de los años anteriores cayera en alrededor de un 7 %. Replicando tal tendencia se hicieron las estimaciones que se muestran en el Cuadro 8.5.

Las estimaciones de CO_2 eq de la industria del acero mostró una tendencia logarítmica positiva desde 1990. Los resultados indican que las emisiones aumentarán igualmente.

Cuadro 8. 5. Emisiones de dióxido de carbono equivalente en para tres subcategorías: 1) gases refrigerantes, 2) industria del cemento y 3) industria del acero. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales.

Año	Fuga de gases refrigerantes	Industria del acero	Industria del cemento
2006	1656	612	209
2007	1502	610	209
2008	1513	692	209
2009	1530	701	209
2010	1643	709	209
2015	1879	745	209
2020	2069	774	209
2025	2260	798	209
2030	2450	819	194
2035	2640	837	194
2040	2830	853	194
2045	3021	867	180
2050	3211	933	180

Los resultados indican que el mayor contribuyente de GEIs en esta categoría será la fuga de gases refrigerantes con más de 60 %, seguida por la industria del acero y la del cemento con aportaciones de alrededor de 20 % y 10 %, respectivamente. En el periodo 2006 – 2010, se percibe una disminución en la generación de gases refrigerantes, misma que se recupera a partir del 2010 para ir en ascenso constante hasta 2050 con un incremento porcentual de cerca de 10 %. Por su parte tanto las industrias cementera y de acero muestra exactamente el efecto opuesto, una alza en el periodo 2006 al 2010, para a partir de tal año ir disminuyendo paulatinamente hasta 2050, en especial la industria del cemento que se pronostica disminuirá emisiones en cerca de un 50 %.

8.2.2. Proyecciones de COVDM

Las proyecciones de COVMD se hicieron para tres subcategorías diferentes: 1) industria de bebidas alcohólicas, 2) industria de la panificación, y 3) la industria maquiladora de electrónicos. Los resultados se muestran en el cuadro 8.6. A continuación se explica las condiciones adoptadas para realizar las estimaciones.

Los cálculos de COVMD provenientes de la industria de bebidas alcohólicas -en particular la industria cervecera-, y la industria panificadora, se hicieron considerando una tendencia inercial a la alza a partir del 2005, dicha tendencia siguió un comportamiento lineal. Por otro lado, la enorme fluctuación característica de la industria maquiladora de electrónicos, sólo permitió la proyección al 2010. El cuadro 8.6 muestra los resultados de las estimaciones, como se observa la mayor contribución proviene de la industria de bebidas alcohólicas, seguida por la maquila de electrónicos y finalmente por la panificadora. Se espera que a partir de 2010, se estén subestimando entre 10 al 15 % de aportación de COVMD en la categoría, por no contabilizar la contribución de la maquiladora.

Cuadro 8. 6. Emisiones de COVMD para tres subcategorías: 1) industria de bebidas alcohólicas, 2) industria de la panificación, y 3) la industria maquiladora de electrónicos. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales.

Año	Industria de bebidas alcohólicas	Industria de la panificación	Industria maquiladora de electrónicos
2006	11.4	0.7	1.5
2007	11.9	0.8	1.7
2008	12.0	0.8	1.6
2009	12.1	0.9	1.7
2010	11.9	0.9	2.2
2015	14.5	1.1	
2020	16.5	1.3	
2025	18.5	1.5	
2030	20.5	1.7	
2035	22.5	1.9	
2040	24.5	2.1	
2045	26.5	2.3	
2050	28.5	2.5	

8.3. PROYECCIONES DE LA CATEGORÍA AGRICULTURA

8.3.1. Proyecciones de fermentación entérica y gestión del estiércol

Para determinar los valores de las emisiones de gases esperados después del 2005, se utilizaron los valores de las poblaciones de ganado hasta 2008 (SIAP, 2010) y se aplicaron diferentes modelos para predecir las existencias de ganado por especie.

Para predecir las poblaciones de ganado bovino, sean éstas de carne o de leche, se empleó el método Winters multiplicativo. Para la población de pequeños rumiantes: caprinos y ovinos, se usó un modelo logístico. Para el ganado porcino un modelo exponencial. Finalmente para las aves de carne un modelo exponencial modificado y para las aves de huevo un modelo Winters multiplicativo. Para todos los casos se usó el modelo que mejor se ajustara a la tendencia presente desde 1990.

Las poblaciones esperadas para los siguientes cincuenta años en Baja California se describen en el cuadro 8.7.

Cuadro 8. 7. Proyecciones de las poblaciones de animales esperadas para el periodo 2006-2050. Se presenta en cabezas de ganado por especie.

Año	Bovino carne	Bovino leche	Caprino	Ovino	Porcino	Ave carne	Ave huevo
2006	176,540	52,315	21,028	25,446	10,157	182,934	1’180,940
2007	199,669	43,519	23,970	25,914	12,076	191,948	1’441,783
2008	194,914	47,496	22,673	27,955	13,154	168,794	1’519,410
2009	204,804	53,709	18,297	36,618	10,928	180,716	1’034,730
2010	204,743	53,929	17,094	40,127	10,188	185,290	1’061,066
2015	231,789	56,474	12,046	53,325	7,178	217,307	1’111,233
2020	248,739	58,517	8,379	59,221	5,057	240,177	1’187,736
2025	276,765	61,082	5,775	61,272	3,563	263,046	1’238,738
2030	292,735	63,104	3,954	61,920	2,510	285,916	1’316,076
2035	321,740	65,689	2,695	62,120	1,768	308,785	1’366,243
2040	336,731	67,691	1,831	62,180	1,246	331,655	1’442,746
2045	366,715	70,297	1,241	62,198	878	354,524	1’493,748
2050	384,706	72,140	908	62,203	663	359,098	1’544,750

A continuación se describe la metodología y el modelo elaborado para cada una de las proyecciones de población animal por especie.

8.3.1.1. Proyección de la población del ganado bovino

Para estimar la población de ganado bovino en los próximos 50 años, se utilizó el método Winters.

Este método se define como un procedimiento exponencial suavizado que proporciona una impresión de los movimientos presentes en los datos y permite el estudio de la tendencia para hacer predicciones o proyecciones a corto, mediano y largo plazo. El método Winters combina una tendencia del tiempo con factores de temporada para tomar en cuenta las fluctuaciones en una serie. Al igual que el método exponencial suavizado, el método Winters permite a los parámetros cambiar gradualmente a través del tiempo, con las observaciones más recientes se les proporciona pesos geométricamente decrecientes (Berenson, 1999; SAS, 1999).

El modelo de Winters considera tres parámetros: nivel, tendencia y ciclos. El primero está relacionado con el factor aleatorio de la serie, el segundo con la tendencia y el tercero con la componente estacional. La tendencia como el factor cíclico toma valores entre 0 y 1. El método de Winters calcula los estimados de los factores anteriores con las siguientes ecuaciones:

Las ecuaciones anteriores dan una mayor ponderación a observaciones recientes y menos peso a observaciones pasadas, las ponderaciones decrecen geométricamente a una tasa constante.

La ponderación inicial seleccionada para el factor nivel, tendencia y estacionalidad es de 0.2 para reducir los errores de estimación. Para la elección del modelo se consideró el que minimizara el error cuadrado medio.

La ecuación correspondiente para el ganado bovino de carne fue:

Donde:
L_{t-1}: Factor aleatorio de la serie (constante), número de cabezas de ganado en el año t-1.
T_{t-1}: Tendencia de la serie (pendiente de la componente de tendencia), crecimiento del número de cabezas de ganado t-1.
St-p: Componente estacional (factor estacional en el periodo t), número de cabezas de ganado por el periodo de tiempo del año actual o año t. El modelo con los parámetros estimados para los factores de la constante, la tendencia y estacionalidad queda definido por:

La ecuación correspondiente para el ganado bovino de leche fue:

8.3.1.2. Proyección de la población de pequeños rumiantes: ovinos y caprinos

Para estimar la proyección de la población ovina y caprina se aplicó un modelo de regresión logística. En este tipo de modelos la variable dependiente es una dicotomía, en ellos lo que se modela como función de los factores que definen las poblaciones es el logaritmo del momio de determinada característica en la población (Méndez y Moreno, 2005).

El modelo ajustado para la serie de datos del ganado caprino se refiere la Curva S de Pearl-Reed, dado que la serie presentó esta distribución a lo largo del tiempo.

El modelo que describe la relación funcional entre el tiempo y la tendencia se define por:

La ecuación de tendencia ajustada para la población de caprinos se presenta a continuación:

Para la población de ganado ovino la ecuación quedó de la siguiente forma:

8.3.1.3. Proyección de la población de ganado porcino

La distribución de datos del ganado porcino presentó un decaimiento exponencial por lo que se eligió este tipo de modelo de tendencia el cual se muestra a continuación en su forma funcional:

El modelo con los parámetros estimados se define por:

El modelo exponencial se aplica cuando la dependencia espacial tiene un crecimiento exponencial respecto a la distancia entre las observaciones. El valor del rango es igual a la distancia para la cual el semivariograma toma un valor igual al 95% de la meseta. Este modelo da respuesta a aquellas series temporales que muestran su incremento (positivo o negativo) dentro de una escala de porcentajes constante (Jara-Jiménez y Rosel-Remírez, 2002; Mancera-Pineda *et al.*, 2003).

8.3.1.4. Proyección de la población de aves de corral

La distribución de la serie de datos de pollos de engorda ajustó un modelo exponencial modificado o suavizamiento exponencial doble, dado que la serie presentó una tendencia creciente sin estacionalidad. Para suavizar los datos se utilizó un modelo ARIMA (0,2,2) de un periodo adelante para minimizar la suma de los cuadrados de los errores y un factor de tendencia.

El modelo ajustado con los parámetros de nivel y tendencia se presenta a continuación:

La distribución de la población de las aves destinadas a la producción de huevo, se ajustó a un modelo Winters multiplicativo. El modelo ajustado fue el siguiente:

8.3.1.5. Proyección de las emisiones de gases

Una vez elaboradas las proyecciones de cada una de las poblaciones animales, se estimaron las emisiones esperadas, a partir de la metodología del IPCC (1996). Los montos finales esperados de los principales gases se describen en el cuadro 8.8. Es importante señalar que los datos estimados incluyen la sustracción de los montos señalados por el proyecto registrado en el Mecanismo de Desarrollo Limpio de las Naciones Unidas con el número MX05-S-11 (AgCert, 2005).

Cuadro 8. 8. Emisiones de metano, óxido nitroso y su equivalente en dióxido de carbono procedentes de la fermentación entérica de los animales domésticos y de la gestión del estiércol. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales.

Año	CH_4 Fermentación entérica	CH_4 Fermentación entérica	N_2OGestión del estiércol	CO_2e
2006	14.79	3.32	0.29	471.15
2007	14.86	2.92	0.32	473.38
2008	15.12	3.14	0.32	482.11
2009	16.36	3.46	0.33	519.92
2010	16.41	3.46	0.33	521.04
2015	18.06	3.61	0.37	571.20
2020	19.12	3.73	0.40	603.54
2025	20.74	3.90	0.44	653.44
2030	21.72	4.03	0.46	683.76
2035	23.39	4.22	0.50	735.28
2040	24.32	4.35	0.52	764.36
2045	26.04	4.54	0.57	817.64
2050	27.10	4.67	0.59	850.68

8.3.2. Quemas agrícolas

El comportamiento de los serie de datos de las emisiones de los gases resultantes de las quemas agrícolas: metano, monóxido de carbono, óxido nitroso, óxidos de nitrógeno, siguen un patrón estacional con aumentos crecientes de las observaciones (Cuadro 8.9); por lo que el modelo para proyectar dichas emisiones corresponde a Winters multiplicativo con suavizamiento doble, debido a la presencia de los componentes de tendencia y estacionalidad. Los parámetros iniciales para la constante, la tendencia y estacionalidad son de 0.2 para reducir los errores de estimación del modelo. El modelo estimado se define de la siguiente forma:

Cuadro 8. 9. Emisiones de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso, óxidos de nitrógeno; y el equivalente total de dióxido de carbono procedentes de la quema de residuos agrícolas. Valores esperados para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales.

Año	CH_4	CO	N_2O	NO_x	CO_2e
2006	2.12	45.37	0.05	1.82	229.49
2007	1.36	29.19	0.03	1.15	145.98
2008	2.15	45.75	0.05	1.88	234.65
2009	2.18	46.64	0.05	1.89	237.21
2010	1.33	28.46	0.03	1.13	143.17
2015	2.65	56.43	0.06	2.31	288.98
2020	1.04	22.76	0.02	0.84	109.24
2025	1.93	41.00	0.05	1.67	209.61
2030	3.83	81.01	0.09	3.36	418.91
2035	1.32	28.56	0.03	1.10	140.58
2040	2.53	53.67	0.06	2.22	276.76
2045	5.00	105.60	0.12	4.42	548.93
2050	2.90	61.33	0.07	2.55	317.40

8.3.3. Suelos agrícolas

Para las emisiones de los suelos agrícolas se empleó Winters multiplicativo. Ello debido a que las series presentan una estacionalidad creciente debido a que están basadas en la producción anual de los cultivos por lo que era necesario darle mayor peso a los últimos años.

Para las emisiones directas de los suelos, el modelo ajustado fue:

Para las emisiones indirectas de los suelos, el modelo ajustado fue:

Los resultados de las emisiones directas e indirectas de los suelos agrícolas se presentan en el cuadro 8.10.

Cuadro 8. 10. Emisiones esperadas directas e indirectas de los suelos agrícolas, el total correspondiente a la suma de ambas, y su equivalente en CO_2. Las unidades son gigagramos.

Año	N_2O DIRECTAS	N_2O INDIRECTAS	TOTAL	CO_2e
2006	0.21	0.37	0.58	180.57
2007	0.21	0.38	0.59	184.27
2008	0.21	0.39	0.6	185.98
2009	0.22	0.4	0.61	189.70
2010	0.22	0.4	0.62	191.38
2015	0.23	0.43	0.66	206.01
2020	0.25	0.46	0.7	218.41
2025	0.26	0.49	0.75	233.19
2030	0.27	0.52	0.79	245.43
2035	0.29	0.55	0.84	260.37
2040	0.30	0.58	0.88	272.45
2045	0.31	0.61	0.93	287.56
2050	0.33	0.64	0.97	299.48

8.4. PROYECCIONES PROVENIENTES DE LOS DESECHOS

Las emisiones de gas metano y su correspondiente equivalencia en CO_2, esperadas para los próximos años, se basaron en las proyecciones de la generación de desechos sólidos y de la proyección de población para el estado de Baja California. A continuación se describe la metodología para cada proyección.

8.4.1. Proyección de los desechos sólidos

En el caso de los desechos generados, el modelo describe un comportamiento con características de estacionalidad creciente. Por lo que el modelo ajustado para realizar las proyecciones es Winters multiplicativo que se muestra a continuación:

Una vez obtenidas las toneladas de desechos generados, se aplicó la metodología del IPCC (1996) para estimar las emisiones de metano. El cuadro 8.11 muestra la proyección de los montos de desechos sólidos generados.

8.4.2. Proyección de la población de Baja California

Para las proyecciones de la población, se emplearon los datos realizadas por el Consejo Nacional de Población hasta el año 2030 (CONAPO, 2010). Los años faltantes de 2035 a 2050, se estimaron empleando un modelo lineal.

En los modelos de regresión lineal se trata de averiguar cómo cambia la media de una variable dependiente al cambiar los factores que definen a las poblaciones, y se asume que una variable está relacionada únicamente con otra variable explicativa (Méndez y Moreno, 2005; Herrerías-Pleguezuelo y Palacios-González, 2007).

En este modelo, b1 representa el cambio (pendiente) promedio en el número de habitantes de un período al siguiente. Los datos finales del número de habitantes por año se presentan en el cuadro 8.7. El modelo es su forma funcional se describe por:

El modelo estimado para la población de Baja California quedó de la siguiente forma:

Los valores finales del número de habitantes por año en el estado de Baja California y los desechos generados se describen en el Cuadro 8.11.

Cuadro 8. 11. Número de habitantes en Baja California y la cantidad de desechos sólidos generados anualmente, esperados para el periodo 2006-2050.

Año	Habitantes	Desechos sólidos
2006	2907896	1176.00
2007	2993422	1202.20
2008	3079363	1346.80
2009	3165776	1500.00
2010	3252690	1595.84
2015	3695695	1689.04
2020	4152585	1782.24
2025	4615977	1875.44
2030	5074986	1968.64
2035	5425676	2061.85
2040	5848159	2155.05
2045	6270601	2248.25
2050	6693087	2341.45

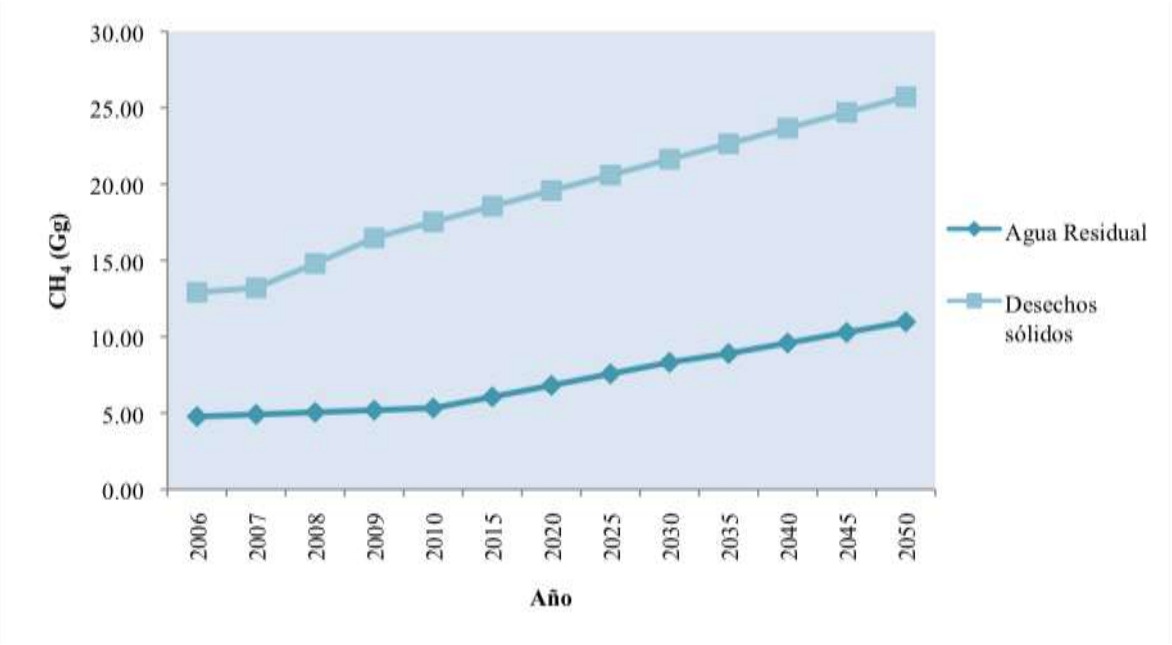
8.4.3. Proyección de las emisiones de los desechos sólidos y el agua residual

Con base en los datos estimados de las toneladas de desechos sólidos y el número de habitantes en el estado, se calcularon las emisiones de gas metano que generan estos (Cuadro 8.12). Para ello se siguió la metodología del IPCC (1996), ya descrita en el apartado correspondiente.

Cuadro 8. 12. Emisiones de metano y su equivalente en dióxido de carbono pronosticadas para el período 2006-2050, provenientes del manejo de los desechos sólidos y el tratamiento de aguas residuales urbanas.

Año	CH_4 por manejo de desechos sólidos	CO_2e por manejo de desechos sólidos	CH_4 por manejo de agua residual	CO_2e por manejo de agua residual
2006	12.91	271.18	4.77	100.12
2007	13.20	277.22	4.91	103.07
2008	14.79	310.57	5.05	106.02
2009	16.47	345.90	5.19	109.00
2010	17.52	368.00	5.33	111.99
2015	18.55	389.49	6.06	127.25
2020	19.57	410.98	6.81	142.98
2025	20.59	432.47	7.57	158.93
2030	21.62	453.96	8.32	174.73
2035	22.64	475.46	8.90	186.81
2040	23.66	496.95	9.59	201.36
2045	24.69	518.44	10.28	215.90
2050	25.71	539.93	10.97	230.45

Figura 8. 1. Proyección de las emisiones de gas metano proveniente del manejo de los desechos.



8.5. USO DE SUELO, CAMBIO DE USO DE SUELO Y SILVICULTURA

Para estimar las proyecciones de las emisiones de gases generadas por el USCUSS, se consideraron las estimaciones reportadas de flujo de carbono y se procedió a ajustar el modelo que mejor correspondiera a los datos entre 1990 y 2005.

Se realizaron las proyecciones de los incendios de los incendios de los bosques y del matorral xerófilo, a partir de las cuales se estimaron las emisiones de gases diferentes de CO_2 (Figura 8.2).

8.5.1. Flujo de carbono

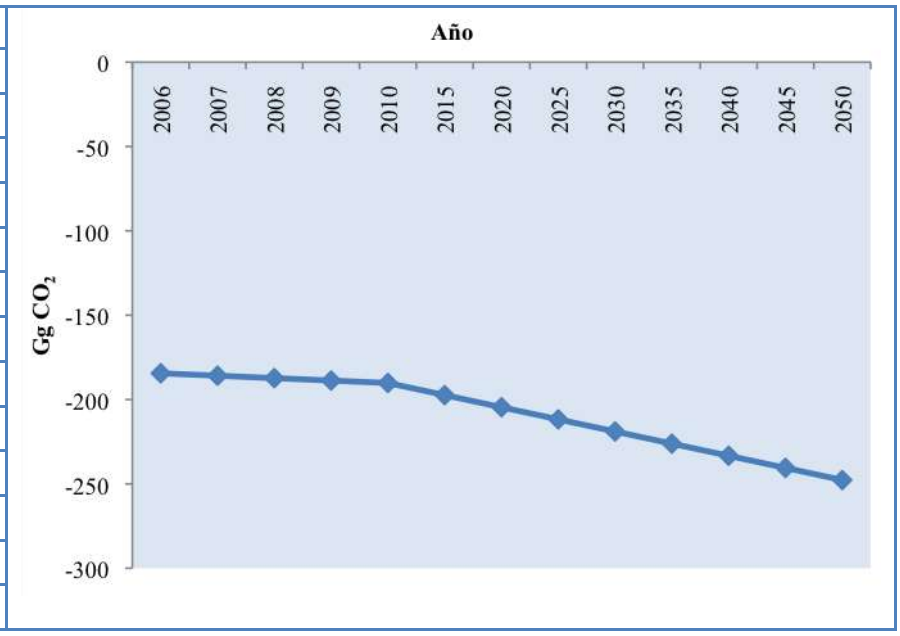
Se estudiaron y compararon tres métodos: lineal, descomposición multiplicativo y exponencial modificado. Los dos primeros muestran una tendencia semejante. El método exponencial modificado mantiene un decrecimiento geométrico.

Se determinó que el método lineal tiene una tendencia más segura. En los modelos de regresión lineal se trata de averiguar cómo cambia la media de una variable dependiente al cambiar los factores que definen a las poblaciones (Méndez y Moreno, 2005). El modelo quedó de la siguiente forma:

Los resultados del modelo indican que por cada unidad de cambio (año), habrá una disminución de 3.33 unidades en la absorción de carbono. Las proyecciones estimadas y su correspondiente gráfica se presentan en la figura 8.2.

Figura 8. 2. Flujo de carbono esperado para el periodo 2006-2050. Gigagramos de CO_2.

Año	CO_2
2006	-184.43
2007	-185.87
2008	-187.31
2009	-188.74
2010	-190.18
2015	-197.37
2020	-204.56
2025	-211.75
2030	-218.94
2035	-226.14
2040	-233.33
2045	-240.52
2050	-247.71



8.5.2. Incendios forestales

Se elaboraron dos proyecciones: para los incendios de la arbolada se empleó el Winters aditivo a la superficie afectada por los incendios forestales de los árboles. Para los incendios de los matorrales se empleó la descomposición con método aditivo. Cabe señalar que todos los modelos mostraron tendencias con incremento. En el cuadro 8.11 se presentan las proyecciones para la superficie afectada por los incendios y en cuadro 8.12 las emisiones de los incendios.

La distribución de la serie de incendios matorrales presentó una componente de estacionalidad muy marcada, por lo que se separó de la serie en una componente de tendencia lineal y estacionalidad, además del error aleatorio. De esta forma se optó por utilizar el método de descomposición con la componente de estacionalidad en modo aditivo con la tendencia de la serie, con la ventaja de proyectar hacia un periodo de tiempo amplio siguiendo los factores de tendencia con el patrón de estacionalidad de los datos.

El modelo para el método de descomposición aditivo es:

El modelo estimado para el conjunto de datos de incendios matorrales se define como:

Los datos de incendios de arboleda presentaron una estacionalidad creciente y decreciente, por lo que se optó por un modelo Winters con efecto multiplicativo. Los parámetros iniciales de los factores de nivel, tendencia y estacionalidad fueron de 0.2 para hacer correspondencia con el modelo ARIMA entre 0 y 1 para reducir los errores de estimación del modelo.

A continuación se muestra el modelo estimado:

Cuadro 8. 13. Proyección de la superficie afectada por los incendios con base en la tendencia de años anteriores. Período 2007-2050.

Año	Superficie arbolada afectada	Superficie matorral afectada
2007	184	17041
2008	223	21413
2009	236	23812
2010	190	20330
2015	249	30391
2020	248	34572
2025	222	36779
2030	280	46840
2035	279	51021
2040	253	53228
2045	312	63289
2050	311	67470

Cuadro 8. 14. Emisiones esperadas de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso, óxidos de nitrógeno y el equivalente total de dióxido de carbono, por incendios para el periodo 2006-2050. Las unidades son gigagramos anuales.

Año	CH_4	CO	N_2O	NOx	CO_2e
2006	0.01	0.06	0.00	0.00	0.36
2007	0.66	5.80	0.00	0.16	32.31
2008	0.80	7.02	0.01	0.20	39.16
2009	0.85	7.43	0.01	0.21	41.44
2010	0.68	5.99	0.00	0.17	33.36
2015	0.90	7.84	0.01	0.22	43.72
2020	0.89	7.81	0.01	0.22	43.55
2025	0.80	6.99	0.01	0.20	38.98
2030	1.01	8.82	0.01	0.25	49.17
2035	1.00	8.79	0.01	0.25	48.99
2040	0.91	7.97	0.01	0.23	44.43
2045	1.12	9.83	0.01	0.28	54.79
2050	1.12	9.80	0.01	0.28	54.61

BIBLIOGRAFÍA

AgCert. 2005. AWMS Methane recovery project MX05-S-11, Baja California, México. UNFCCC Clean Development Mechanism Simplified Project Design Document for Small Scale Project Activity. AgCert. 28 pp.

Álvarez-Andrade, A. 2010. Las interacciones agricultura-agua y la modificación de los ambientes rurales: El caso del Valle de Mexicali. En: Gestión, Políticas y Culturas del Agua. Editado por: Torre Medina-Mora, L. y Hernández Suárez, C. Red de Colegios y Centros de Investigación (RECCI). El Colegio de San Luis. Pp. 54-67.

Ayala-Oseguera, J., Pinos-Rodríguez, J.M., Sabas-Pérez, J.G., Salinas-Pérez, P.S. 2001. Perfil metabólico sanguíneo de vacas lecheras alimentadas con dietas conteniendo lasalocida y cultivos de levadura. Investigación Agrícola: Producción, Sanidad Animal. Vol. 16(1). 143-152.

Baird, C. 2001. Química ambiental. Reverte. 622 pp.

Balderas López S. M. 2010. Diseño de un modelo de producción limpia para la Industria de ensamble de electrónicos. Tesis para obtener el grado en la Maestría de Administración Integral del Ambiente. El Colegio de la Frontera Norte- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

Berenson, M.L. 1999. Estadística básica en administración, conceptos y aplicaciones. Traducido por Domínguez A. 6ª ed. Pearson Educación. México. 943 pp.

Campbell H.E., Montero G. y Lambert A.A. 2011. Impactos económicos, ambientales y sociales del desarrollo geotérmico y del ahorro y uso eficiente de la electricidad en Baja California, México. Geotermia. 24(1): 25-37.

Cavazos, T. and D. Rivas, 2004: Variability of extreme precipitation events in Tijuana, Mexico. Climate Research, 25, 229-243.

Centro de Calidad Ambiental (CCA), 2010. Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Nuevo León . Instituto Tecnológico de Monterrey

CONAFOR. 2010. Comisión Nacional Forestal. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. En línea: <http://www.conafor.gob.mx/portal/>. Consultado en septiembre de 2010.

CONAGUA. 2010. Estadísticas del Agua en México, edición 2010. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 249 pp.

CONAPO. 2010. Proyecciones de la población de México 2005-2030. Consejo Nacional de Población. En línea: <http://www.conapo.gob.mx/> Consultado en septiembre de 2010.

Cortez-Lara, A.A. 1999. Dinámicas y conflicto por las aguas transfronterizas del Río Colorado: el proyecto All-American Canal y la sociedad hidráulica del Valle de Mexicali. Frontera Norte. 11 (21): Pp. 33-60.

Gale, J. y Freund, P. 2001. Greenhouse Gas Abatement in Energy Intensive Industries. En: Greenhouse gas control technologies: Proceedings of the Fifth International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Editado por: Durie, R.A., Williams, D.J. y Mcmullan, P. pp. 1211-1216.

González-Ávalos, E. y Ruiz-Suárez, L.G. 2001. Methane emission factors from cattle manure in México. *Bioresource Technology*. 80: 63-71.

Herrerías-Pleguezuelo R. y Palacios-González, F. 2007. Curso de inferencia estadística y del modelo lineal simple. Delta Publicaciones Universitarias. Madrid, España. 212 pp.

Huacuz J. 1995. Non-Fossil Fuel Based Energy Sources. En: Energy and Environment in the California-Baja California Border Region, A. Sweedler, P. Ganster, and P. Bennett, eds. San Diego: IRSC, SDSU. Press: 133-140.

INEGI. 2008. Anuario Estadístico Baja California 2008. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Gobierno del Estado de Baja California. México. 573 pp.

INEGI. 2010. Sistema de Cuentas Nacionales de México. En línea: < http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/scn/default.aspx?s=est&c=10203>. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Consultado en noviembre de 2010.

INEGI. 2010a. Censos y conteos de población y vivienda. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. En línea: < http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ccpv/default.aspx >. Consultado en octubre de 2010.

INEGI. 2010b. México en cifras. Información por entidad federativa. Estado de Baja California. En línea: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bise/mexicocifras/default.aspx?ent=02> Consultado en octubre de 2010.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual.

IPCC. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 pp.

Jara-Jiménez, M.P. y Rosel-Remírez, J. Análisis de series temporales. Un ejemplo de aplicación en ámbitos psicológicos. Universitat Jaume I. España. 132 pp.

Knutson, T. R., and R. E. Tuleya, 2004: Impact of CO2-induced warming on simulated hurricane intensity and precipitation: Sensitivity to the choice of climate model and convective parameterization. J. Climate, 17, 3477-3495.Manahan, S.E. 2000. Environmental chemistry. 7ª ed. Lewis Publishers. CRC Press LLC. 876 pp.

Lambert A. Monetro G. y Campbell H. 2010. Cuantificación de las emisiones de Gases refrigerantes en el sector doméstico de Mexicali, Baja California, México. Artículo presentado en World Congress & Exhibition ENGINEERING 2010. October 17th–20th, 2010, Buenos Aires, AR

Mancera-Pineda, J.E., Peña-Salamanca, E.J., Giraldo-Henao, R. y Santos-Martínez, A. 2003. Introducción a la modelación ecológica. Principios y aplicaciones. Universidad Nacional de Colombia. Universidad del Magdalena. Universidad del Valle. Colombia.

Martínez-González, J.C., Tewolde Medhin, A., Castillo-Rodríguez, S.P. 2008. Suplementación de concentrado en la producción de leche y peso vivo de vaquillas de doble propósito de primer parto. Avances en Investigación Agropecuaria. Vol. 12. Nº 002. pp. 59-64.

Meehl G. A. and C. Tebaldi, 2003: More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st Century. Science, 305, 994-997.

Medellín-Azuara, J. Howitt, R.E., Waller-Barrera, C. Mendoza-Espinosa, L.G., Lund, J.R. y Taylor, J.E. 2009. A calibrated agricultural water demand model for three regions in northern Baja California. Agrociencia 43: 83-96.

Méndez, I. y Moreno, H. 2005. Razones de momios y cocientes de probabilidades, conceptos y estimación con modelos logísticos. Monografías. Vol 13. Nº 29. Instituto de Investigaciones en matemáticas aplicadas y en sistemas. Universidad Nacional Autónoma de México.

Milly, P. C. D., J. Betancourt, M Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier, and R. J. Stouffer, 2008: Stationarity is dead: Whither water management. Science, 319, 573-574.

Minitab. 2000. Minitab Statistical software. Minitab Release 13.20. Minitab. Inc.

Möllersten, K., Westermark, M. y Yan, J. 2001. Potential and cost-effectiveness of CO2-reducing measures in the pulp and paper industry. En: Greenhouse gas control technologies: Proceedings of the Fifth International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Editado por: Durie, R.A., Williams, D.J. y Mcmullan, P. pp. 1253-1258.

Moreno-Mena, J.A. 2002. Los valles agrícolas de Baja California: espacios de agricultura para la exportación. En: Migración, Poder y Procesos Rurales. Editado por: León-López Arturo, Canabal-Cristiani, Beatriz y Pimienta-Lastra, Rodrigo. Universidad Autónoma Metropolitana. Plaza y Valdes Editores. Pp. 65-78.

Muñoz M. G., Campbell R. H., Díaz E., Quintero N. M, 2011. Perfil Energético 2010-2020 para Baja California: Propuesta y Análisis de Indicadores Energéticos para el Desarrollo de Prospectivas Estatales. Reporte preparado para la Comisión Estatal de Energía del Gobierno de Baja California

Nemerow, N.L. y Dasgupta, A. 1998. Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos. Ediciones Díaz de Santos. 822 pp.

Ordónez, J.A.B., De Jong, B.H.J., García-Oliva, F., Aviña, F.L., Pérez, J.V., Guerrero, G., Martínez, R., Masera, O. 2008. Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 different land-use and land-cover clases in the Central Highlands of Michoacan, México. *Forest Ecology and Management.* 255: 2074-2084.

Peinado-Lorca, M. y Delgadillo-Rodríguez, J. 1990. Introducción al conocimiento fito-topográfico de Baja California (México). Studia Botanica. 9: 25-39 pp.

Pombo López A. O. 2010. Reporte de la mesa de recursos hídricos para el Porgrama Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California. Secertaría de Protección al Ambiente del Gobierno de Baja California

Quintero-Nuñez, M. y Moncada-Aguilar, A. 2008. Contaminación y control de las quemas agrícolas en imperial, California, y Mexicali, Baja California. Región y Sociedad, septiembre-diciembre, año/vol. XX, número 043. El Colegio de Sonora.

REPDA. 2010. Base de datos de la REPDA. Registro Público de Derechos del Agua. Comisión Nacional del Agua. México. En línea: < http://www.conagua.gob.mx/Repda.aspx?Id=427f4195-50f4-4ec9-86a3-82c473105d7c|%20%20%20Tr%C3%A1mites%20y%20Servicios|0|37|0|0|0> Consultado en noviembre de 2010.

Ruiz-Lorenzo, M.L. 2007. Determinación y evaluación de las emisiones de dioxinas y furanos en la producción de cemento en España. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Químicas. 375 pp.

Ruiz-Suárez, L.R. y González-Avalos, E. 1997. Modeling methane emissions from cattle in Mexico. *The Science of the Total Environmental.* 206:177-186.

SAS Institute Inc. 1999. SAS/ETS User's Guide, Version 8. Volume 1. Cary, NC : SAS Institute Inc. Estados Unidos de América. 1532 pp.

SEMARNAT. 2006. El medio ambiente en México 2005: En Resumen. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 91 pp.

SEMARNAT. 2010. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Base de datos estadísticos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado en septiembre de 2010. Disponible en línea: <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx>. Las secciones consultadas fueron las siguientes. Base de datos titulada: Generación estimada de residuos urbanos por tipo de residuo. En: Base de datos estadísticos por consulta temática; Dimensión ambiental; residuos sólidos urbanos; generación. Base de datos titulada: Generación estimada de residuos urbanos por tipo de residuo. En: Base de datos estadísticos por consulta temática; Dimensión ambiental; residuos sólidos urbanos; generación. Base de datos titulada: Plantas de tratamiento en operación, capacidad instalada y gasto tratado de agua residual municipal. En: Consulta temática, Dimensión ambiental, Agua, Gestión ambiental – Tratamiento de agua.

Sepúlveda Betancourt J. 2009. Aspectos geográficos y Estadísticos de la vitivinicultura del Estado de Baja California. Sistema Producto Vino, Ensenada.

SIACON. 2009. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Base de datos disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=337>. Consultado en septiembre de 2010.

Sheinbaum Pardo, C. y O. Vázquez Mota. 2006. Estrategia Local de Acción Climática del Distrito Federal, México, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.

Smith, M. 1997. The U.S. Paper Industry and Sustainable Production: An Argument for Restructuring. MIT Press. Estados Unidos. 303 pp.

Tejeda Martínez A., M.E. Guadarrama Olivera, C.A. Ochoa Martínez, A. Medina Chena, Z. Equihua, M.E. Cejudo Zamora, C.M. Welsh Rodríguez, E. López Florez, T. García López y M. Marín Hernández M. 2008. Programa Veracruzano ante el Cambio Climático. Universidad Veracruzana, Instituto Nacional de Ecología, Embajada Británica México, Centro de Ciencias de la Atmosfera UNAM, Instituto Nacional de Ecología, A.C. México.

UNEP. 1996. Environmental Management in the Pulp and Paper Industry. United Nations Environment Programme: Industry and Environment. Technical report Nº 34. UNEP/Earthprint. 232 pp.

Villanueva-Ávalos, J.F., Negrete-Ramos, L.F., Villalobos-González, J.C. y Britton, C.M. 2008. Respuesta de seis gramíneas tropicales a la quema prescrita en la costa oeste de México. Técnica Pecuaria en México. Vol. 46. Nº 004. Pp. 397-411.

Westerling, A. L., H. G. Hidalgo, D. R. Cayan, T. W. Swetnam. 2006. Warming and Earlier Spring Increase Western U.S. Forest Wildfire Activity. Science, 313, No. 5789, 940-943.

APÉNDICE A

Estimado de las emisiones de la producción de cemento

Año	Producción nacional, M Ton	Producción Ensenada, mTon	% clinka	Importación de clinka	Total	$GgCO_2$	FE ton CO_2	Gg CO_2
1991	26.9	634.84	498349	16575	481774	244	0.5071	403
1992	25.1	592.36	465003	16575	448428	227	0.5071	351
1993	26	613.6	481676	16575	465101	236	0.5071	377
1994	26.5	625.4	490939	16575	474364	241	0.5071	391
1995	27	637.2	500202	16575	483627	245	0.5071	406
1996	27.5	649	509465	16575	492890	250	0.5071	421
1997	28	660.8	518728	16575	502153	255	0.5071	437
1998	29	684.4	537254	16575	520679	264	0.5071	468
1999	30	708	555780	16575	539205	273	0.5071	501
2000	31.7	748.12	587274	16575	570699	289	0.5071	560
2001	30	708	555780	16575	539205	273	0.5071	501
2002	31.1	733.96	576159	16575	559584	284	0.5071	539
2003	31.9	752.84	590979	16575	574404	291	0.5071	567
2004	33.2	783.52	615063	16575	598488	303	0.5071	614
2005	34.7	818.92	642852	21519	621333	315	0.5071	671
2006	37.9	894.44	702135	53521	648614	329	0.5071	800
2007	38.8	915.68	718809	53521	665288	337	0.5071	838
2008	37.1	875.56	687315	53521	633794	321	0.5071	767
2009	35.1	828.36	650263	53521	596742	303	0.5071	686

APÉNDICE B

Los factores de emisión fueron multiplicados por los volúmenes de combustible

Factores de emisión

	CO_2	CH_4	N_2O	SO_2 (kg/ton)
Geotermia (kg CO_2/ton vapor)	8.46			0.051
Geotermia (kg CO_2/MWh)	48611			
Combustible	**[kg CO_2/TJ]**	**[kg CH_4/TJ]**	**[kg N_2O/TJ]**	
Carbón	94600	1	1.5	
Diesel	74100	3	0.6	
Combustóleo	77400	3	0.6	
Gas natural	56100	1	0.1	

Volúmenes de energía

	Vapor Geotérmico		Combustóleo		Diesel		Gas natural	
Año	Gcal	Toneladas	Gcal	m^3	Gcal	m^3	Gcal	m^3
1990	25,800,000	39,090,909	4,387,450	440,507	77,852	8,425	0	0
1991	25,799,502	39,090,154	4,387,450	440,507	80,498	8,712	0	0
1992	25,373,839	38,445,211	5,462,295	548,423	66,693	7,218	0	0
1993	25,449,678	38,560,119	6,652,195	667,891	70,066	7,583	0	0
1994	25,502,836	38,640,661	6,827,447	685,487	39,813	4,309	0	0
1995	25,108,079	38,042,544	7,591,620	762,211	34,711	3,757	0	0
1996	24,629,330	37,317,166	7,664,877	769,566	68,821	7,448	0	0
1997	24,563,444	37,217,339	6,355,384	638,091	51,180	5,539	0	0
1998	25,672,288	38,897,405	5,624,651	564,724	59,847	6,477	0	0
1999	24,770,437	37,530,966	7,369,221	739,882	96,925	10,490	234,687	27,740,829
2000	27,048,828	40,983,073	6,972,873	700,088	57,091	6,179	1,242,186	146,830,455
2001	26,539,240	40,210,969	6,224,818	624,982	57,091	6,179	3,946,277	466,462,971
2002	26,539,240	40,210,969	6,224,790	624,979	57,091	6,179	3,946,327	466,468,950
2003	27,086,026	41,039,433	2,764,770	277,587	57,091	6,179	7,442,671	879,748,335
2004	26,049,045	39,468,250	1,659,800	166,647	57,091	6,179	9,155,088	1,082,161,760
2005	29,254,837	44,325,510	1,779,158	178,630	57,091	6,179	8,811,616	1,041,562,193
2006	25,662,919	38,883,211	2,372,870	238,240	57,091	6,179	9,967,645	1,178,208,633
2007	29,632,140	44,897,182	1,619,276	162,578	69,698	7,543	10,148,349	1,199,568,487
2008	27,427,371	41,556,623	2,056,182	206,444	50,536	5,469	10,710,473	1,266,013,384
2009	25,858,510	39,179,560	2,084,848	209,322	47,604	5,152	11,353,670	1,342,041,387
2010	26,494,147	40,142,646	2,084,848	209,322	64,368	6,966	11,185,043	1,322,109,065

APÉNDICE C

Ventas reales anuales de combustibles en el estado de baja california 1990-2010 (m^3)

Año	GASOLINAS					QUEROSENOS			DIESEL
	TOTAL	Nova	Pemex Magna	Pemex Premium	Otras gasolinas	TOTAL	Turbosina	Otros querosenos	Diesel
1990	891005.9	719153.1	170800.2	0.0	1052.6	123056.0	115944.6	7111.4	265812.2
1991	1421097.6	909755.0	506208.4	0.0	5134.2	136705.6	132574.5	4131.1	279909.9
1992	1477779.6	829988.1	638128.2	0.0	9663.2	150834.7	148004.4	2830.3	260561.2
1993	1419269.4	595286.4	819258.8	0.0	4724.3	171465.1	168224.9	3240.2	255133.2
1994	1451126.5	240338.4	1204669.1	0.0	6118.9	204540.5	202126.4	2414.1	235239.6
1995	1475480.0	95148.7	1369885.1	0.0	10446.2	165737.6	164772.1	965.6	284102.9
1996	1548430.1	39825.7	1487024.4	19985.0	1595.0	178752.3	178131.3	621.0	329268.5
1997	1586329.2	0.0	1496184.4	87973.5	2171.3	180093.7	180093.7	0.0	350603.3
1998	1590143.3	0.0	1448524.6	141618.7	0.0	180066.8	175556.1	0.0	364659.5
1999	1568519.5	0.0	1345336.1	223183.4	0.0	214590.7	214590.7	0.0	397135.8
2000	1635486.7	0.0	1319296.8	316189.9	0.0	210826.0	210826.0	0.0	397046.9
2001	1655407.9	0.0	1276928.7	378479.2	0.0	212786.0	212786.0	0.0	380475.9
2002	1555457.7	0.0	1168315.2	386029.2	1113.2	200765.3	200765.3	0.0	333791.3
2003	1726564.4	0.0	1384062.6	338479.2	4022.6	214134.8	214134.8	0.0	356849.5
2004	1907031.1	0.0	1491937.7	408783.3	6310.1	201937.1	201937.1	0.0	395526.2
2005	2070148.9	0.0	1626067.5	435560.1	8521.3	200902.5	200902.5	0.0	454105.2
2006	2186559.5	0.0	1688002.4	490109.6	8447.5	190702.8	190702.8	0.0	514192.7
2007	2306067.1	0.0	1820851.9	476788.4	8426.8	692.4	692.4	0.0	545264.8
2008	2433504.5	0.0	1982787.0	441451.0	9266.5	17149.6	17149.6	0.0	572059.4
2009	2232726.2	0.0	1961580.1	270874.7	271.4	161995.0	161995.0	0.0	432977.6
2010	1693141.8	0.0	1519845.5	173296.2	0.0	128754.1	128754.1	0.0	333023.6

Datos provenientes de la prospectiva de Gas LP. Ventas internas de gas LP (miles de barriles diarios)

Año	Baja California
1990	5.3
1991	5.5
1992	5.7
1993	5.9
1994	7.9
1995	8.2
1996	8.5
1997	8.80
1998	9.7
1999	10.4
2000	10.30
2001	10.3
2002	10.5
2003	10.50
2004	11.2
2005	11.1
2006	11.10
2007	11.3
2008	10.80
2009	10.4
2010	12.4