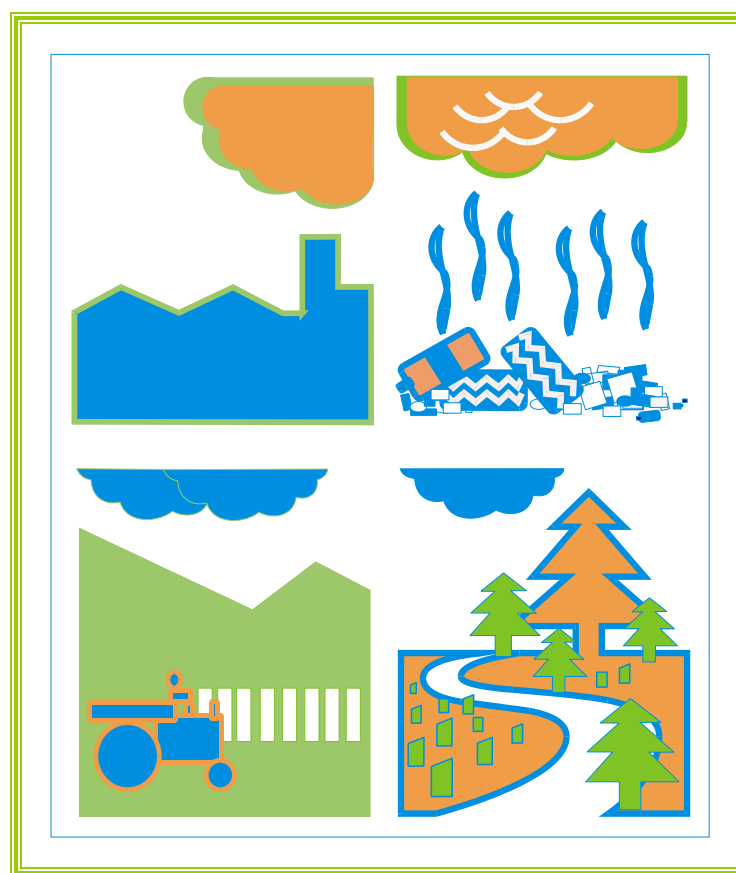


**Informe Narrativo  
Inventario Nacional de  
Gases de Efecto  
Invernadero  
El Salvador  
Año 2005**



**Proyecto:  
Segunda Comunicación Nacional de  
Cambio Climático**

**Octubre 2010**



# **PERSONAL TÉCNICO DESARROLLADOR**

## COORDINADOR

Ing. Ismael Antonio Sánchez

## SECTOR ENERGÍA

Ing. Doris Calderón.  
Ing. Herbert Schneider.

## SECTOR DESECHOS Y SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES

Dr. Francisco Armando Chávez  
M. Sc. Marta Escoto de Tejada

## SECTOR AGRICULTURA

Ing. Francisco Antonio García Rivera  
Ing. Ricardo Calles

## SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (UTCUTS)

Ing. Edwin Alpízar  
Ing. Wilfredo Fuentes  
Inga. Xinia Soto Solano



## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

1CN-CC	Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático
2CN-CC	Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático
ADESCO	Asociación de Desarrollo Comunal
AEA V46	Anuario de Estadísticas Agropecuarias Volumen 46
AFOLU	Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra ( <i>Agriculture, Forestry and Other Land Use</i> )
BCR	Banco Central de Reserva de El Salvador
BID	Banco Interamericano para el Desarrollo
BM	Banco Mundial
CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de calcio
CaCO <sub>3</sub> .MgCO <sub>3</sub>	Dolomita
CaO	Óxido de calcio o Cal Viva
CaO.MgO	Cal viva dolomítica
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CBM	Corredor Biológico Mesoamericano
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa
CENTA	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal
CENTREX	Centro de Trámites de Exportación del Banco Central de Reserva de El Salvador
CEPA	Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma
CESSA	Cemento de El Salvador, S. A.
CH <sub>4</sub>	Metano
CIES	Centro de Información Económica y Social
CKD	Polvo de horno de cemento ( <i>Cement Kiln Dust</i> )
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático [ <i>United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)</i> ]
CNR	Centro Nacional de Registro
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CO <sub>2</sub> e	Dióxido de Carbono Equivalente
CO <sub>2</sub> e(CH <sub>4</sub> )	Dióxido de Carbono Equivalente para Metano
CO <sub>2</sub> e(N <sub>2</sub> O)	Dióxido de Carbono Equivalente para Óxido Nitroso
CONSAA	Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera
COVDM	Compuesto Orgánico Volátil Diferente del Metano [ <i>Non Methane Volatile Organic Compounds (NMVOC)</i> ]
CP	Conferencia de las Partes
CSC	Consejo Salvadoreño del Café
DA	Diagnósticos Ambientales
DGEA	Dirección General de Economía Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería
DGFCR	Dirección General de Ordenamiento Forestal Cuencas y Riego del Ministerio de Agricultura y Ganadería
DGMH	Dirección General de Minas e Hidrocarburos Dirección de Hidrocarburos y Minas
DGPN	Dirección General de Patrimonio Natural - MARN
DGRNR	Dirección General de Recursos Naturales Renovables
DGSVA	Dirección General de Sanidad Vegetal y Animal del Ministerio de Agricultura y Ganadería
DIGESTYC	Dirección General de Estadística y Censos
EHPM	Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples
EIA	Estudios de Impacto Ambiental
ENA	Escuela Nacional de Agricultura
EPA	Agencia de Estados Unidos para la Protección Ambiental ( <i>United States Environmental Protection Agency</i> )
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación ( <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> )
FCM	Factor de Corrección por Metano

FCM	Factores de Corrección por Metano
FENADESAL	Ferrocarriles Nacionales de El Salvador
FAIES	Fondo de Iniciativa para las Américas - El Salvador <i>(Fund for the Initiative of the Americas El Salvador)</i>
FONAES	Fondo Ambiental de El Salvador
GC/CC	Garantía de la Calidad y Control de Calidad (del INGEI)
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial <i>(Global Environment Facility)</i>
GEI	Gases de Efecto Invernadero <i>[Greenhouse gas (GHG)]</i>
GTZ	Cooperación Técnica Alemana
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto de Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental Sobre Cambio Climático <i>(Intergovernmental Panel on Climate Change)</i>
ISTA	Instituto Salvadoreño de Transferencia Agraria
JICA	Agencia de Cooperación Internacional de Japón <i>Japan International Cooperation Agency</i>
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio <i>[Clean Development Mechanism (CDM)]</i>
MIDES	Manejo Integral de Desechos Sólidos
MINEC	Ministerio de Economía
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
OECD	<i>Organization for Economical Country Development</i>
OG	Organización Gubernamental
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPA	Oficina de Planificación Agropecuaria
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PCG	Potencial de Calentamiento Global
PCI	<i>Project Concern International</i>
PK	Protocolo de Kyoto <i>(Kyoto Protocol)</i>
PNODT	Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo <i>[United Nations Development Programme (UNDP)]</i>
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PROARCA	Programa Ambiental Regional para Centroamérica
PROCAFÉ	Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café
PRODMIN, S.A. de C.V	Productos Minerales e Industriales, Sociedad Anónima de Capital Variable
QA/QC	Aseguramiento de Calidad y Control de Calidad (del INGEI)
RFF	<i>Resources for the Future</i>
RRASCA	Red Regional de Agua y Saneamiento de Centroamérica
SANP	Sistema de Áreas Naturales Protegidas
SIECA	Secretaría de Integración Económica Centroamericana
SIGET	Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones
SINGEI	Sistema Nacional de Inventario de Gases de Efecto de Invernadero
UCA	Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas"
UN	Naciones Unidas <i>(United Nations)</i>
USAID	Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional <i>(United States Agency for International Development El Salvador)</i>
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura
VMDVYDU	Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano
VMT	Vice-Ministerio de Transporte

## UNIDADES DE MEDICIÓN USADAS EN ESTE INVENTARIO

NOMBRE	SÍMBOLO
Atmósfera	At
caloría IT (International Table)	Cal
calorías	
equivalente en toneladas de petróleo	etp
gigagramo	Gg
gigatonelada	Gt
hectárea	Ha
Julios	J
kilo Pascal(es)	kPa
kilogramo	kg
kilotonelada	kt
kilotonelada de materia seca	ktms
libras	lb
megagramo	Mg
megatonelada	Mt
Metro(s) cuadrado(s)	m <sup>2</sup>
petagramo	Pg
tera Julio	TJ
teragramo	Tg
tonelada	t
tonelada corta	tc
Tonelada de Materia Seca	tms
Tonelada Métrica	tm

### EQUIVALENTES ESTÁNDAR

1 equivalente en toneladas de petróleo (etp)	1 x 10 <sup>10</sup> calorías
10 <sup>3</sup> etp	41.868 TJ
1 tonelada corta	0.9072 tonelada
1 tonelada	1.1023 tonelada corta
1 tonelada	1 megagramo
1 kilotonelada	1 gigagramo
1 megatonelada	1 teragramo
1 gigatonelada	1 petagramo
1 kilogramo	2.2046 libras
1 hectárea	10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
1 caloría IT	4.1868 Julios
1 atmósfera	101.325 kPa





# ÍNDICES

## ÍNDICE GENERAL

1. Introducción .....	13
1.1 Presentación de Informe Narrativo .....	13
1.2 Presentación del Inventario Nacional de Gases de Efecto de Invernadero.....	13
1.3 Convenciones Utilizadas en este Documento.....	13
1.4 Potencial de Calentamiento Global (PCG) .....	14
2. Metodología para la Elaboración del Inventario de Gases de Efecto de Invernadero.....	14
2.1 Introducción .....	14
2.2 Sector Energía .....	15
2.2.1 Emisiones de GEI a partir de la Quema de Combustibles .....	17
2.2.1.1 Emisiones de CO <sub>2</sub> .....	17
2.2.1.2 Emisiones de Otros Gases .....	18
2.2.1.3 Factores de Emisión, y Otros Parámetros. ....	19
2.2.2 Emisiones Fugitivas de GEI .....	20
2.3 Sector Procesos Industriales .....	21
2.3.1 Emisiones de GEI en la Producción de Cemento.....	21
2.3.2 Emisiones de GEI en la Producción de Cal.....	22
2.3.3 Emisiones de GEI en la Utilización de Piedra Caliza y Dolomita.....	22
2.4 Sector Agricultura .....	24
2.4.1 Ganado Doméstico .....	24
2.4.1.1 Fermentación Entérica .....	24
2.4.1.2 Manejo de Estiércol.....	25
2.4.2 Producción de Arroz de Inundación .....	25
2.4.3 Quema Prescrita de Sabanas.....	26
2.4.4 Quema en el Campo de Residuos Agrícolas .....	27
2.4.5 Suelos Agrícolas.....	27
2.5 Sector Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura .....	29
2.5.1 Cambios de biomasa en bosques y en otros tipos de vegetación leñosa .....	29
2.5.1.1 Cambios de Biomasa en Plantaciones Forestales .....	29
2.5.1.2 Cambios de Biomasa en Bosques.....	33
2.5.1.3 Cambios de Biomasa en Otros Tipos de Vegetación Leñosa.....	36
2.5.2 Conversión de Bosques y Praderas .....	39
2.5.2.1 Estimación de la tasa de Deforestación del País .....	39
2.5.2.2 Biomasa Antes de la Conversión y Pérdida Anual de Biomasa .....	40
2.5.2.3 Biomasa Quemada en el Sitio.....	42
2.5.2.4 Biomasa Quemada Fuera del Bosque .....	42
2.5.2.5 Carbono Liberado por la Descomposición de Biomasa.....	42
2.5.2.6 Quema In Situ de Bosques. Emisiones de Gases Distintos del CO <sub>2</sub> .....	43
2.5.3 El Abandono de Tierras Cultivadas.....	43
2.5.3.1 Carbono Removido .....	43
2.5.4 Emisión o Absorción de CO <sub>2</sub> en los Suelos Debido al Manejo y Cambio de Uso de la Tierra. ....	44
2.6 Sector Desechos.....	45
2.6.1 Disposición de Residuos Sólidos en Tierra .....	45
2.6.2 Tratamiento de Aguas Residuales .....	47
2.6.2.1 Tratamiento de aguas residuales domésticas y comerciales.....	47

2.6.2.2 Tratamiento de efluentes y lodos industriales.....	48
3. Limitaciones y Barreras para el Desarrollo del INGEI 2005 .....	50
4. Recomendaciones y Conclusiones.....	51

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores del Potencial de Calentamiento Global del IPCC de 1995 .....	14
Tabla 2 Datos para el Cálculo del Consumo Aparente de Combustibles para el Enfoque de Referencia (Unidades Comerciales).....	17
Tabla 3 Consumo Final de Combustibles por Subsector (Unidades Comerciales) .....	19
Tabla 4 Desagregación del Consumo Final de Energía para la Estimación de GEI Diferentes al CO <sub>2</sub> .....	20
Tabla 5 Valores Calóricos Netos Utilizados en el INGEI 2005.....	20
Tabla 6 Áreas Consideradas para la Quema de Sabanas en el INGEI 2005 .....	27
Tabla 7 Cantidad de Fertilizantes Utilizados .....	28
Tabla 8 Fuentes de Datos Utilizadas para las Especies Forestales de Mayor Importancia en El Salvador .....	30
Tabla 9 Datos Silviculturales de las Especies Forestales Utilizadas en El Salvador .....	31
Tabla 10 Estadísticas de Plantaciones Forestales de la República de El Salvador, Por Especie Año, Con Manejo y Sin Manejo.....	32
Tabla 11 Estimación del Carbono Absorbido por las Plantaciones Forestales en El Salvador para el año 2005 .....	33
Tabla 12 Estimación de Biomasa Consumida por Plantaciones Forestales para el Año 2005 .....	33
Tabla 13 Datos de Madera Autorizada en El Salvador en el año 2005, aportados por el SIFES. Valores en metros cúbicos .....	33
Tabla 14 Planes de manejo forestal activos al año 2005 en El Salvador .....	34
Tabla 15 Carbono absorbido en bosques manejados en el año 2005 en El Salvador.....	35
Tabla 16 Biomasa total extraída por concepto de aprovechamiento forestal durante el año 2005 en El Salvador .....	35
Tabla 17 Estimación de Densidad Media de Árboles por Hectárea Según Uso de la Tierra Fuera de Bosque. Basado en Sermeño, 2009.....	36
Tabla 18 Árboles Fuera de Bosques en El Salvador para el año 2005. Basado en Sermeño, 2009.....	37
Tabla 19 Consumo de Leña para el Año 2005 .....	38
Tabla 20 Ajuste al Consumo de Leña Estimado por las Prácticas de Uso de la Tierra. ....	39
Tabla 21 Proporción de Bosques, Según su Tipo y Extensión Deforestada Durante el Año 2005 en El Salvador, en Hectáreas.....	40
Tabla 22 Superficie Convertida, Valores de Biomasa por Tipo de Bosque Aplicado a los Bosques y Otro Tipo de Vegetación Leñosa y Pérdida Total de Biomasa en el año 2005. ....	41
Tabla 23 Distribución de Cafetales Eliminados Considerando Fajas Altitudinales y Tipo de Sombra/Manejo del Café, Año 2005 .....	41
Tabla 24 Carbono y Biomasa Estimada para los Diferentes Sistemas de Manejo de Sombra en El Salvador, Según Gómez (2000). Año 2005 .....	42
Tabla 25 Valores Totales de Emisiones de Carbono y CO <sub>2</sub> Procedentes de la Conversión de Bosques, Año 2005.....	43
Tabla 26 Emisiones de Gases Distintos del CO <sub>2</sub> Producto de la Quema In Situ de Bosques en El Salvador, en el año 2005.....	43
Tabla 27 Biomasa Sobre el Suelo por Tipo de Bosque Según Zonas de Vida y Tasa de Fijación Anual de Biomasa Aplicados a El Salvador, (Alpizar, 2008).....	44
Tabla 28 Carbono Removido por el Abandono de Tierras Cultivadas en El Salvador, Año 2005.....	44

### ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Libro de Trabajo IPCC	Sector Energía
Anexo 2	Libro de Trabajo IPCC	Sector Procesos Industriales
Anexo 3	Libro de Trabajo IPCC	Sector Agricultura
Anexo 4	Libro de Trabajo IPCC	Sector Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS)
Anexo 5	Libro de Trabajo IPCC	Sector Desechos
Anexo 6	Sector UTCUTS	Reclasificación del Mapa CORINE Land Cover a las Clases del IPCC
Anexo 7	Sector UTCUTS	Carbono Fijado y Emitido de Plantaciones Forestales
Anexo 8	Sector UTCUTS	Especies Forestales Utilizadas en El Salvador reagrupadas como “Otras” para efectos del INGEI



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 PRESENTACIÓN DE INFORME NARRATIVO

En este informe se relatan, los criterios, las técnicas de análisis y las metodologías utilizadas para la elaboración del Inventario de Gases de Efecto Invernadero (INGEI).

Se incluyen los datos que se han recolectado y elaborado para cada actividad del INGEI 2005, las fuentes de información utilizadas, una discusión de los arreglos institucionales requeridos para obtener dicha información y la identificación de limitaciones y barreras enfrentadas en el proceso. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones para mejorar la coherencia, comparabilidad y transparencia de los inventarios.

## 1.2 PRESENTACIÓN DEL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO DE INVERNADERO

El Salvador presenta su Inventario Nacional de emisiones antropógenas por fuentes y de absorción por sumideros de todos los Gases de Efecto Invernadero (GEI) no controlados por el Protocolo de Montreal. Esto da cumplimiento al compromiso enunciado en el Art. 4 de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Atendiendo la Decisión 17/CP.8 “Directrices para la Preparación de las Comunicaciones Nacionales de las Partes No Incluidas en el Anexo I de la Convención” adoptada por la Conferencia de las Partes (CP), y dado que El Salvador es Parte No Incluida en el Anexo I de la Convención, para la elaboración del inventario se ha considerado:

- Hacer una estimación de las emisiones y absorciones en el Inventario Nacional de Gases de Efecto de Invernadero del año 2005.
- Utilizar, para la estimación y comunicación, las Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, “Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero - versión revisada en 1996” (IPCC, 1997) y la Guía de Buenas Prácticas y la Gestión de la Incertidumbre en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero” (IPCC, 2000).
- Aplicar, ante la necesidad de mejorar la transparencia, la coherencia, la comparabilidad, la exhaustividad y la exactitud del inventario, la Orientación del IPCC sobre las Buenas Prácticas y la Gestión de la incertidumbre en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (IPCC 2000).
- Estimar, en forma desglosada, las emisiones antropógenas de metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM) y de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por las fuentes y, para este último gas, la absorción por los sumideros.
- Informar, las emisiones de GEI expresadas en CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e), utilizando los valores de potencial de calentamiento global (PCG) proporcionados por el IPCC en su Segundo Informe de Evaluación (“los valores de los PCG del IPCC de 1995”) basados en los efectos de los GEI en un horizonte de tiempo de 100 años.

## 1.3 CONVENCIONES UTILIZADAS EN ESTE DOCUMENTO

En este documento, según la usanza en El Salvador, se ha utilizado coma para separación de miles y punto decimal como indicador de las cifras decimales.

Para facilidad de los lectores se ha colocado al inicio del documento una tabla con las unidades de uso común en el país y las correspondientes conversiones al Sistema Internacional. Con la misma finalidad, al

inicio del documento, también se presenta un resumen de las siglas y los acrónimos utilizados. Las referencias bibliográficas se han colocado al final del documento.

## 1.4 POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG)

El PCG es un índice que expresa de manera aproximada, el efecto de calentamiento de una unidad de masa de un GEI durante un horizonte de tiempo determinado en relación con el del dióxido de carbono. En este Inventario se ha utilizado el PCG para un horizonte de tiempo de 100 años lo que ha permitido comparar, la capacidad de influir en el balance energético del Sistema Atmósfera – Tierra de cada uno de los principales GEI emitidos o absorbidos en El Salvador. Estos valores de PCG se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1 Valores del Potencial de Calentamiento Global del IPCC de 1995**

Especie	Fórmula Química	Tiempo medio de Vida (años)	Potencial de Calentamiento Global (Horizonte de tiempo)		
			20 años	100 años	500 años
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	variable <sup>§</sup>	1	1	1
Metano*	CH <sub>4</sub>	12±3	56	21	6.5
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	120	280	310	170

<sup>§</sup> Determinado del modelo de Ciclo de carbono de Bern.

\*El PCG para metano incluye los efectos indirectos de la producción de ozono troposférico y la producción de vapor de agua estratosférica.

La utilización de estos valores permite la comparación de los GEI de largo plazo con respecto al CO<sub>2</sub>, lo que resulta de suma importancia para el concepto de “Categorías Principales de Fuente” creado por el IPCC como herramienta para ayudar a los países a priorizar los recursos para mejorar las emisiones que llegan a los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, es decir, para indicar las actividades en las que se necesita enfocar la reducción de emisiones.

## 2. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE GASES DE EFECTO DE INVERNADERO

### 2.1 INTRODUCCIÓN

La metodología del IPCC divide las actividades antropogénicas en sectores; para El Salvador se consideran cinco de ellos:

- Energía: incluye el total de emisiones de todos los GEI provenientes de las actividades energéticas fijas y móviles (la combustión y las emisiones fugitivas<sup>1</sup>).
- Procesos Industriales: las emisiones en este sector comprenden las emisiones provenientes de la fabricación de ciertos productos y emisiones fugitivas de GEI provenientes de los procesos industriales. Las emisiones por quema de combustibles de este sector se reportan en el sector Energía.
- Agricultura: Describe todas las emisiones antropogénicas originadas en este sector, excepto las de quemados de combustible en actividades agrícolas y emisiones de aguas residuales, las cuales son contabilizadas en los módulos de energía y desechos respectivamente.
- Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS): aquí se contabilizan las emisiones y remociones que provienen de las actividades en los bosques y de uso de la tierra.
- Desechos: se contabiliza el total de emisiones provenientes del manejo de desechos.

<sup>1</sup> En El Salvador no se presentan emisiones fugitivas

El IPCC indica que las Guías para los Inventarios Nacionales de GEI, deberían ser utilizadas como metodologías para la estimación de emisiones antropogénicas por fuentes y remociones por sumideros de GEI. Dichas guías, contenidas en tres volúmenes, son:

- Volumen 1 “Instrucciones para el Reporte”, provee instrucciones para la recopilación, documentación y transmisión de los datos de los inventarios de manera consistente, independiente del método de estimación utilizado. Estas instrucciones pretenden proveer los lineamientos que aseguren que todos los reportes sean consistentes y comparables.
- Volumen 2 “El Libro de Trabajo”, Contiene las directrices para planear e iniciar los inventarios de GEI. También contiene instrucciones para el cálculo de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, así como de otros gases provenientes de las seis principales categorías de fuente. Tiene asociado un programa computacional (Disponible en [http://unfccc.int/resource/cd\\_roms/na1/ghg\\_inventories/index.htm](http://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/ghg_inventories/index.htm) )
- Volumen 3 “Manual de Referencia”, provee un compendio de información sobre los métodos para estimación de las emisiones de GEI y una lista de tipos de fuentes para cada uno. También proporciona las bases científicas de los métodos recomendados por el IPCC y referencias a literatura técnica.

Según los lineamientos del IPCC los métodos para estimación de gases se dividen en niveles (“Tiers”) que agrupan diferentes grados de actividad y detalles de tecnología. Los métodos Nivel 1 generalmente son simples y requieren menos datos que los métodos de Nivel 2 y 3.

Para cumplir con lo establecido en IPCC (1997) e IPCC (2000) se han seguido las siguientes etapas:

- Identificación de fuentes de información y de generación de datos de entrada para la elaboración del INGEI 2005.
- Revisión de datos de entrada disponibles para el INGEI 2005; esta revisión ha incluido metodologías, cálculos y estimaciones tanto las provenientes de fuentes directas como las que corresponden a estimaciones de elaboración propia a partir de fuentes documentadas.

Dada la naturaleza particular de cada sector, se ha considerado que resulta más conveniente presentar los criterios y procesos desarrollados por sector.

## 2.2 SECTOR ENERGÍA

Los sistemas energéticos son complejos y, a la vez, componentes muy importantes de la economía de los países.

Las emisiones del sector energía están organizadas en dos categorías:

- Emisiones a partir de la quema de combustibles y
- Emisiones fugitivas

Estas categorías están subdivididas empleando criterios metodológicos de la siguiente forma:

### **Emisiones de GEI a Partir de la Quema de Combustibles Fósiles**

#### *Métodos del Nivel 1*

##### Emisiones de CO<sub>2</sub>

Método de Referencia

Método por Categorías de Fuente

##### Emisiones de Gases diferentes del CO<sub>2</sub> procedentes de la Quema de Combustibles

Método por Categorías de Fuente

#### *Métodos del Nivel 2*

##### Emisiones procedentes de Aviones

### **Emisiones Fugitivas de GEI**

- Emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la extracción y manipulación del carbón
- Emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de las actividades de petróleo y gas natural
- Emisiones de precursores del Ozono y SO<sub>2</sub> procedentes de la refinación del petróleo

Las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de combustibles de biomasa como: la leña, bagazo de caña de azúcar y cascarilla de café; se reportan en el sector energía pero no se contabilizan como emisiones del sector; no así para las emisiones de los demás GEI.

En El Salvador, el uso de leña es intenso excediendo la tasa de recuperación anual de dicho recurso energético, debido a esto las emisiones netas de CO<sub>2</sub> aparecen como pérdida en los stocks de biomasa del sector UTCUTS. Los demás GEI provenientes de la quema de biomasa se consideran y reportan en el sector energía, como ya se indicó.

Durante la etapa de revisión para el sector energía se tomaron en consideración los antecedentes de la elaboración de INGEI existentes y la información energética disponible en El Salvador, dicha información se resume en los siguientes documentos:

- a. Inventario Nacional de Gases de Efecto de Invernadero año 1994
- b. Inventario Nacional de Gases de Efecto de Invernadero año 2000
- c. Informe final de la “Consultoría para el Establecimiento de un Sistema Nacional de Inventario de Gases de Efecto Invernadero en El Sector Energía.”
- d. Informe final de la consultoría: “Elaboración e Implementación de un Sistema de Información Energético Nacional”, realizado en 2007.

La preparación del INGEI para este sector, se realizó procediendo según la siguiente secuencia de actividades:

- a. Revisión de los cambios metodológicos en las directrices del IPCC y documentos relacionados.
- b. Selección de las metodologías a aplicar en la obtención de datos de entrada.
- c. Identificación de nuevas fuentes de información y generación de datos de entrada para la elaboración del actual INGEI respecto a las disponibles para el INGEI 2000. Se han tomado en cuenta los cambios ocurridos en el sistema energético nacional, de los cuales el más significativo ha sido en el sub-sector industria energética, al cual se han incorporado nuevas empresas generadoras de electricidad que en años anteriores operaban únicamente como autogeneradores.
- d. Elaboración del INGEI 2005 para el sector energía, utilizando el libro de trabajo del IPCC.
- e. Valoración de los resultados del INGEI 2005.
- f. Valoración comparativa de los resultados de los INGEI 1994, 2000 y 2005
- g. Elaboración de Informes

Los datos de actividad requeridos para las metodologías aplicadas en este sector, consisten esencialmente en la cuantificación de los flujos de energía existentes en el país, habitualmente reflejados en los balances energéticos nacionales. Así, para el enfoque de referencia se necesita la producción, importación, exportación, variación de inventarios y consumo final de cada uno de los combustibles fósiles y de la biomasa utilizada con fines energéticos, a fin de determinar el consumo aparente de los mismos. Por otro lado el enfoque por categorías de fuente, precisa la determinación del consumo final desagregado según el sector económico y su uso final dentro del mismo; aunque este último aspecto se limita en la metodología utilizada, que es de nivel 1, a la distinción entre los combustibles destinados a la generación de electricidad y los destinados a otros usos térmicos.



En El Salvador, debido a la implementación de la reforma del sector eléctrico durante la década de los años noventa, la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) cesó la elaboración de balances energéticos nacionales en 1996, de manera que actualmente esta fuente de información no es preparada en forma sistemática. Sin embargo, el Ministerio de Economía (MINEC) ha realizado recientemente una reconstrucción preliminar de los balances energéticos faltantes, esfuerzo encaminado a reestablecer la elaboración regular de este documento. La información generada por el MINEC es aún preliminar y no reviste carácter oficial, pero ha permitido identificar y acceder a las fuentes de información requeridas para efectuar una reconstrucción independiente de los flujos de energía requeridos para la elaboración de los INGEI. Por lo que para la elaboración del INGEI 2005 se requirió la reconstrucción de los datos de los flujos energéticos nacionales utilizando la información de los archivos estadísticos proporcionados por la Dirección General de Minas e Hidrocarburos (DGMH).

## 2.2.1 EMISIONES DE GEI A PARTIR DE LA QUEMA DE COMBUSTIBLES

### 2.2.1.1 EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO<sub>2</sub> a partir de la quema de combustibles pueden estimarse a tres niveles diferentes, denominados Niveles 1, 2 y 3 en las directrices del IPCC. Para el inventario de El Salvador se utilizan métodos de nivel 1 que son:

- Método de Referencia: éste se concentra en el cálculo de las emisiones a partir del contenido de carbono de los combustibles suministrados al país tomados en su conjunto
- Método por Categorías de Fuente o Método Sectorial: el cálculo de emisiones se realiza a partir de las principales actividades de combustión. Este método se ha elaborado como respuesta a la necesidad de contar con cifras de emisiones por sector para la vigilancia y formulación de políticas de reducción de emisiones.

El IPCC sugiere el cálculo de CO<sub>2</sub> con los dos métodos, de esta forma se obtiene un proceso de verificación para los valores obtenidos con el método de referencia.

Los datos de actividad requeridos para el enfoque de referencia han podido establecerse utilizando como fuente principal los archivos estadísticos proporcionados por la DGMH, como ya se mencionó.

Respecto a los recursos biomásicos el consumo aparente se ha determinado, a partir de estimaciones realizadas para el enfoque por categorías de fuente, asumiendo que la producción de biomasa sólida es igual a la suma de los consumos de los subsectores particulares considerados en dicho enfoque. Los recursos biomásicos considerados son: leña, bagazo de caña y cascarilla de café; y los datos de actividad han sido traducidos a toneladas equivalentes de leña.

La Tabla 2 muestra los datos del consumo aparente de combustible utilizados para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> para el sector energía con el Enfoque de Referencia en el INGEI 2005.

**Tabla 2 Datos para el Cálculo del Consumo Aparente de Combustibles para el Enfoque de Referencia (Unidades Comerciales)**

Tipo de Combustible	Unidad	Producción	Importación	Exportación	Búnkeres Internacionales	Variación de Inventarios
Petróleo Crudo	bbl	0.00	6,306,833.20	0.00	0.00	-202,202.00
Gasolina	bbl	0.00	2,472,749.30	52,077.40	0.00	-40,336.00
Jet Kerosene	bbl	0.00	382,757.64	1,136.86	661,163.05	-9,857.00
Otro Queroseno	bbl	0.00	0.00	0.00	0.00	-3,055.00
Gas / Diesel Oil	bbl	0.00	2,997,773.30	8,128.90	43,198.00	-54,678.10
Fuel Oil Residual	bbl	0.00	1,174,855.70	247,189.40	0.00	102,963.00

Tipo de Combustible	Unidad	Producción	Importación	Exportación	Búnkeres Internacionales	Variación de Inventarios
GLP	bbl	0.00	2,616,959.30	642,812.90	0.00	8,818.40
Bitumen	bbl	0.00	0.00	31,306.60	0.00	2,674.00
Coque de Horno de Coque	t	0.00	2,000.00	0.00	0.00	0.00
Biomasa Sólida	t	3,506,244.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia con datos de la DGMH

Para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, utilizando el enfoque por categorías de fuente o sectorial, se determinaron los consumos finales de energía de manera desagregada en subsectores. Esta desagregación de los flujos energéticos se muestra en Tabla 3 y constituye una aproximación razonable de lo que puede ser la desagregación real del consumo final de energía, por lo que existe una incertidumbre asociada con estos datos. La preparación de toda esta información se realizó por medio de hojas electrónicas.

La desagregación de los consumos de hidrocarburos en cada subsector se ha logrado combinando información relativa al tipo de consumidores finales de los distintos combustibles, proporcionada por la DGMH, el criterio de expertos respecto de los usos finales dados a estos combustibles en el país y tomando en consideración la estructura del consumo final reflejada en los balances energéticos de CEL.

El consumo de derivados del petróleo en la industria energética pudo determinarse con mayor confiabilidad debido a que se dispuso de información proporcionada directamente por las empresas del sub-sector, y a que esta información pudo ser contrastada, al menos parcialmente, con la información referente a la generación eléctrica reportada por la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET).

Respecto de los restantes subsectores los mayores problemas fueron encontrados en la asignación de los consumos de diesel del subsector "transporte" y del subsector "industria manufacturera y de la construcción", ya que en este último ha sido imposible separar la cantidad de este combustible que se destina a la generación de calor de proceso y fuerza motriz, de aquella que se destina a la operación de las flotas de transporte y distribución de pasajeros y carga. Es muy probable que este hecho se refleje como una subestimación del consumo del subsector transporte y correspondientemente suponga una sobreestimación del consumo del subsector industria manufacturera y de la construcción.

Para el año 2005 no se registró ninguna importación de gasolina de aviación, lo que ha hecho imposible estimar el consumo de esta actividad dentro del subsector transporte. Igualmente, se desestimó el consumo de aceite diesel del transporte ferroviario, ya que éste ha operado en forma escasa e intermitente desde el año 2002. Aunque estas omisiones afectan la exhaustividad del INGEI 2005 en cuanto a la asignación de emisiones de GEI's, estos dos rubros generaron valores marginales de GEI en las estimaciones hechas para el año 2000 por lo que su determinación no es prioritaria.

En la estimación de los consumos finales de recursos biomásicos, se han debido estimar los correspondientes a leña, carbón vegetal, bagazo de caña y cascarilla de café, dado que ninguno de estos consumos es registrado regularmente y en forma consolidada por ninguna institución.

### 2.2.1.2 EMISIONES DE OTROS GASES

A diferencia del CO<sub>2</sub>, los gases como el CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO y COVDM requieren información más detallada. La estimación acertada de estas emisiones depende del conocimiento de varios factores interrelacionados,

incluyendo condiciones de combustión, tecnologías y políticas de control de emisiones además de las características del combustible.

La Tabla 3 resume los consumos finales de cada subsector en unidades comerciales. Mientras que para la estimación de las emisiones de otros GEI, la desagregación necesaria de los consumos finales es menor en cuanto a los tipos de combustible y se ha obtenido a partir de la desagregación detallada de los combustibles para cada sector utilizada para el CO<sub>2</sub>, según se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 3 Consumo Final de Combustibles por Subsector (Unidades Comerciales)**

Tipo de Combustible	Unidad	Fuentes de GEI y Categorías Incluidas en el Sector Energía								Consumo Final
		Industrias Energéticas	Industrias Manufactureras y Construcción		Transporte			Otros Sectores		
			Autogeneración	Calor de Proceso	Aviación Nacional	Por Carretera	Ferrocarriles	Comercial / Institucional	Residencial	
Gasolina	bbl	-	-	-	-	3,440,713.800	-	-	-	3,440,713.800
Jet Kerosene	bbl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otro Kerosene	bbl	-	-	-	-	-	-	74,283.400	8,166.700	82,450.100
Gas/Diesel Oil	bbl	62,214.800	1,444.400	1,501,546.500	-	2,911,141.800	-	100,179.700	-	4,576,527.200
Fuel Oil Residual	bbl	2,907,085.600	341,341.100	530,280.300	-	-	-	6,642.100	-	3,785,349.100
GLP	bbl	-	-	279,513.900	-	10,952.100	-	10,077.200	1,738,698.500	2,039,241.700
Gas de Refinería	bbl	321,890,919.500	-	-	-	-	-	-	-	321,890,919.500
Coque de Horno de Coque	t	-	-	2,000.000	-	-	-	-	-	2,000.000
Madera y Otros Residuos de Madera	t	-	-	243,753.435	-	-	-	53,360.500	2,383,017.900	2,680,131.835
Carbón	t	-	-	-	-	-	-	-	19,944.600	19,944.600
Otra Biomasa Sólida	t	-	32,825.500	1,194,983.600	-	-	-	-	-	1,227,809.100

Fuente: Elaboración propia con datos de la DGMH

### 2.2.1.3 FACTORES DE EMISIÓN, Y OTROS PARÁMETROS.

Tanto para el enfoque de referencia como para el enfoque por categorías de fuente, se requiere la determinación de estos parámetros auxiliares:

- factores de emisión,
- fracción de carbono oxidado,
- fracción de carbono almacenado y
- factores de conversión o valores calóricos netos (VCN).

Para todos, excepto los VCN, se han tomado los datos por defecto propuestos por el IPCC (1997). Mientras que para los VCN, se han utilizado los valores reportados en la serie de Balances Energéticos Nacionales, elaborados por CEL hasta 1996, los cuales se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 4 Desagregación del Consumo Final de Energía para la Estimación de GEI Diferentes al CO<sub>2</sub>.**

Actividad	Carbón	Gas Natural	Petróleo		Leña / Desechos de Madera	Carbón	Otra Biomasa y Desechos
<b>Industrias Energéticas</b>	-	-	19,832.51			-	-
<b>Industrias Manufactureras y Construcción</b>	58.60	-	-	15,215.94	3,115.17	-	9,500.79
<b>Transporte</b>							
Aviación Nacional	-	-	-	-	-	-	-
			Gasoline	Diesel			
Por Carretera	-	445.75	17,643.98	16,762.35	-	-	-
Ferrocarriles	-	-	-	-	-	-	-
<b>Comercial / Institucional</b>	-	-	1,068.48		681.95	-	-
<b>Residencial</b>	-	-	7,121.50		30,454.97	542.69	-
<b>Total</b>	<b>58.60</b>	<b>445.75</b>	<b>77,644.78</b>			<b>34,252.08</b>	<b>542.69</b>
Navegación Internacional	58.60	-	248.73			-	-
Aviación Internacional	-	-	4,610.37			-	-

**Tabla 5 Valores Calóricos Netos Utilizados en el INGEI 2005**

Tipo de combustible	VCN	
Gasolina	0.005128	TJ/bbl
Jet Kerosene	0.005510	TJ/bbl
Otro Kerosene	0.005510	TJ/bbl
Diesel	0.005758	TJ/bbl
Fuel Oil Residual	0.006223	TJ/bbl
GLP	0.004070	TJ/bbl
Gas de Refinería	0.000004	TJ/bbl
Coque	0.029300	TJ/t
Leña	0.012780	TJ/t
Carbón Vegetal	0.027210	TJ/t
Cascarilla de Café	0.017581	TJ/t
Bagazo de Caña	0.008372	TJ/t

## 2.2.2 EMISIONES FUGITIVAS DE GEI

Las emisiones fugitivas son emisiones naturales, intencionales o accidentales liberadas por las actividades antropogénicas asociadas a la producción, proceso, transmisión, almacenamiento y uso de combustibles, e incluyen emisiones de combustión solamente donde no se presenta apoyo a una actividad productiva (e. g. llamadas de gas natural en instalaciones productoras de combustible y gas). Las emisiones más significativas de GEI en esta categoría son las emisiones de CH<sub>4</sub> en minería de carbón y sistemas de combustible y gas. En El Salvador no ocurren emisiones fugitivas por carecerse de este tipo de instalaciones.

La información utilizada para este sector se presenta en el Anexo 1.

## 2.3 SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES

En este sector se contabilizan las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas a la producción industrial. En el caso de El Salvador, se incluyen en este sector las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la producción de cemento, la producción de cal, así como de la utilización de piedra caliza y dolomita.

Las categorías de fuente consideradas en este sector para El Salvador son:

- Producción de Cemento
- Producción de Cal
- Utilización de Piedra Caliza y Dolomita

Para el caso de las categorías de fuente consideradas en este sector, la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> se basa en el cálculo del producto de un dato de actividad (por ej. producción de clínker en toneladas) por un factor de emisión (por ej. Kg de CO<sub>2</sub>/t clínker producido).

Para ciertos procesos industriales, entre ellos la producción de cemento, el IPCC presenta más de una metodología de estimación (ver IPCC, 1996; IPCC, 2000) y propone el uso de árboles de decisión para la selección de las metodologías a utilizar (IPCC, 2000). Se aplicaron estos árboles de decisión a la producción de cemento y a la producción de cal<sup>2</sup>, de modo que las metodologías elegidas tomen en cuenta la significancia de cada categoría de fuente y la disponibilidad de datos propios del país.

### 2.3.1 EMISIONES DE GEI EN LA PRODUCCIÓN DE CEMENTO

En este proceso, las materias primas son sometidas a altas temperaturas en el horno cementero. Las altas temperaturas promueven las reacciones químicas que dan origen al clínker, producto intermedio utilizado en la fabricación de cemento. En esta transformación química de las materias primas en clínker, uno de los primeros pasos es la calcinación. Durante la calcinación, se da la conversión del carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) en óxido de calcio (CaO) y simultáneamente, la liberación de CO<sub>2</sub>. Los subsiguientes pasos de transformación química al igual que las siguientes etapas del proceso de producción, no involucran emisión de CO<sub>2</sub>.

Para el INGEI del año 1994, se utilizó como fuente de información al Banco Central de Reserva (BCR) y se recurrió al uso de valores por defecto para el cálculo de los factores de emisión (Metodología de Nivel 1). Sin embargo, en este caso, por tratarse de una categoría principal de fuente, el IPCC (2000) propone como buena práctica utilizar el Método de Nivel 2 basado en el uso de información directamente proporcionada por las plantas productoras de cemento del país. Al igual que para el INGEI 2000 se contó con la colaboración de Cemento de El Salvador S. A. (CESSA), única empresa productora de cemento en el país, la cual facilitó los datos de su producción de clínker para el año 2005 y los datos de contenido de óxido de calcio en el clínker para la estimación de los factores de emisión necesarios para el cálculo de emisiones en esta categoría de fuente. Con lo que fue posible implementar la metodología de nivel 2 en este INGEI 2005.

Por otro lado, a falta de información propia del país, se tomó en cuenta que todos los polvos (*Cement Kiln Dust*, CKD) son recirculados al proceso y se asumió que no hay utilización de otras materias primas que sean fuente de emisiones de dióxido de carbono.

---

<sup>2</sup> No hay árbol de decisión propuesto en IPCC (2000) para el caso de la utilización de caliza y dolomita.

Como una alternativa, para futuros INGEI en caso que resultara imposible aplicar la metodología propuesta por el IPCC (2000) por falta de acceso a la información de la empresa productora, podría recurrirse a la utilización de datos de producción de cemento (no desagregados), disponibles en la sección de boletines estadísticos del sitio Web del Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR). Para obtener la cantidad de clínker producido, puede utilizarse un porcentaje de clínker en el cemento propuesto por el IPCC (2000) asumiendo que se producen diversos tipos de cemento. Estos valores se corrigen tomando en cuenta la cantidad de clínker exportado e importado para el año correspondiente que son reportados por el Centro de Trámites de Exportación (CENTREX) del BCR, en su sitio Web.

### **2.3.2 EMISIONES DE GEI EN LA PRODUCCIÓN DE CAL**

En esta categoría de fuente se incluyen las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la calcinación del carbonato de calcio y la dolomita (CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub>), para la producción de cal viva (CaO) y cal viva dolomítica (CaO.MgO).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de esta categoría de fuente, se calculan mediante el producto de un dato de actividad (producción de cal en toneladas) y un factor de emisión (kg de CO<sub>2</sub>/t cal producido).

Las IPCC (2000) presentan como buena práctica modificar el factor de emisión por defecto propuesto por el IPCC (1997) basándose en el uso de información relacionada con la pureza de la caliza utilizada, la proporción de cada uno de los tipos de cal producida y la corrección por la cantidad de cal hidratada producida. Una opción es que estos datos se obtengan directamente de los productores de cal del país, sin embargo, para la elaboración de este inventario 2005 ha sido imposible aplicar este tipo de metodología de abajo a arriba por no tener acceso a la información de las empresas directamente (muchas de ellas muy pequeñas).

Para obtener los datos de actividad, se recurrió a los datos de producción de cal (no desagregados) tomados de los Censos Económicos de 2005 (2005).

Se asumió que la cantidad de cal hidráulica y de cal hidratada producida son cero, mientras que la proporción de cal viva a dolomítica es de 85/15 (valor por defecto sugerido en IPCC (2000)). Para los factores de emisión, se recurrió a los valores por defecto propuestos por el IPCC para el contenido de óxido de calcio en la cal.

### **2.3.3 EMISIONES DE GEI EN LA UTILIZACIÓN DE PIEDRA CALIZA Y DOLOMITA**

En esta sección se presentan las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de actividades industriales donde la piedra caliza o carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) y la dolomita (CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub>), son sometidas a altas temperaturas con la subsecuente liberación de CO<sub>2</sub>. En principio, quedan excluidas las emisiones generadas por el uso de piedra caliza y dolomita en la producción de cemento, de cal, magnesio y en actividades y procesos agrícolas donde no se genera CO<sub>2</sub>.

Para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de esta categoría de fuente, se utilizó la metodología por defecto propuesta por el IPCC (1997) ya que no se emitieron recomendaciones del IPCC en el año 2000.

De acuerdo con esta metodología se calculan las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante el producto de un dato de actividad (cantidad de caliza o dolomita utilizada en toneladas) y un factor de emisión (kg de CO<sub>2</sub>/t dolomita o caliza utilizada).

La principal fuente de información para los datos de actividad fue el Centro de Información Económica y Social (CIES) del MINEC. La información restante utilizada para la realización de las estimaciones fue difícil de obtener y debió recurrirse al uso de valores por defecto.

Se estimó en cero la cantidad de piedra caliza producida debido a que fue imposible acceder a esta información. Este valor no añade un error alto en relación con las emisiones del sector, debido a que la utilización de la piedra caliza y dolomita se limita, en su mayoría, a la producción de cemento y cal, desconociéndose la cantidad que pudiera utilizarse en otras áreas. Los reportes de piedra caliza exportada e importada proporcionados por el MINEC, subpartida arancelaria número 25.21.00 declaran que para el año 2005 no hubo ningún tipo de importación ni exportación de este material.

Tampoco se obtuvieron datos de dolomita producida en el país, únicamente de la dolomita “cruda” importada que se reporta en el número de subpartida arancelaria 2518.10.00 para el año 2005.

La información proporcionada por el MINEC también esta disponible en el sitio Web de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA).

A falta de datos del país, se asumió que toda la piedra caliza reportada y la dolomita importada son utilizadas en actividades generadoras de emisiones de dióxido de carbono diferentes a la producción de cemento, cal y magnesio y otras actividades y procesos agrícolas en los que no se generen dichas emisiones.

Para establecer los factores de emisión, se utilizaron los valores propuestos por el IPCC (1997), tomando una pureza del 100% por defecto, a falta de datos propios del país.

Con la información y criterios definidos en los párrafos anteriores se procedió a elaborar el inventario de GEI del sector Procesos Industriales; para ello se utilizan las hojas de cálculo correspondientes en el módulo 2 del software proporcionado por el IPCC. Esta información se presenta en el Anexo 2.

## 2.4 SECTOR AGRICULTURA

En el sector agricultura se consideran las emisiones de GEI procedentes de cinco fuentes:

- Ganado doméstico: fermentación entérica y manejo del estiércol
- Cultivo del Arroz: Arrozales anegados
- Quema Prescrita de Sabanas
- Quema en el Campo de Residuos Agrícolas
- Suelos Agrícolas

Las emisiones de GEI para el año 2000, se han determinado siguiendo las normativas establecidas en IPCC (1997) e IPCC (2000), para las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>.

La fuente principal de información utilizada en la elaboración del INGEI 2005, es el Anuario de Estadísticas Agropecuarias Volumen 46, 2005-2006 (AEA V46, 2006) elaborado por la Dirección General de Estadísticas Agropecuarias (DGEA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Los anuarios se sustentan en encuestas de campo y reportes de mercado así como en un banco de datos de series históricas. Es importante señalar que los valores de los factores utilizados en el libro de trabajo para el cálculo de las emisiones de los diversos GEI han sido los datos por defecto propuestos por el IPCC ya que se carece de factores locales.

### 2.4.1 GANADO DOMÉSTICO

En esta categoría se consideran las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes de dos fuentes:

- La fermentación entérica
- El manejo de estiércol

Los animales domésticos emiten principalmente los gases de CH<sub>4</sub>, proveniente de la fermentación entérica en el aparato digestivo de los rumiantes y el gas de N<sub>2</sub>O proveniente de los diferentes manejos a que son sometidos los estiércoles de los animales.

#### 2.4.1.1 FERMENTACIÓN ENTÉRICA

La fermentación entérica es la causa de la emisión de metano en el ganado doméstico ya que éste posee en su aparato digestivo un rumen para los procesos de asimilación anaeróbica de sus alimentos. En El Salvador el ganado es, en mayor parte, bovino complementado con pequeñas proporciones de cabras y ovejas. Además, se poseen explotaciones avícolas y porcinas.

Para las determinaciones de emisiones por el manejo de los animales domésticos, el IPCC (1997) requiere una caracterización de la población del ganado, la cual puede ser "básica" o "minuciosa". Debido a que El Salvador no posee información detallada sobre subcategorías, ingesta de alimentos, razas y otros, se procedió a emplear la caracterización básica, la cual demanda reunir información de poblaciones de ganado vacuno, vacas lecheras, búfalos, ovejas, cabras, camellos, caballos, mulas y asnos, cerdos y aves de corral.

Los datos de ganado vacuno, ganado lechero, cerdos y aves de corral (comercial y familiar) se tomaron del AEA V46 (2006) de los cuadros 17, 26 y 74, además del Diagnóstico de los Recursos Zoogenéticos en El Salvador (DGSVA, 2003).



Con relación a las poblaciones de búfalos y camellos, no se reportan en las estadísticas oficiales, por lo que no serán considerados en el presente inventario.

Los factores de emisión de metano procedentes de la fermentación entérica del ganado utilizados son por defecto y se han tomado de las tablas 4-2 y 4-3 de las Directrices IPCC (1997).

#### **2.4.1.2 MANEJO DE ESTIÉRCOL**

En cuanto a los sistemas de manejo de estiércol, solicitados para los cálculos del inventario, no se reportan en las estadísticas oficiales, por lo que su contribución no fue considerada para la determinación de dichas emisiones.

El cálculo de las emisiones derivadas de los animales domésticos se determinó a partir de la población de animales domésticos en el país, utilizando los factores de emisión por defecto, dado que a la fecha existen limitantes para obtener factores de emisión nacionales, de la tabla 4-3 del libro de trabajo del IPCC (1997) expresado en kilogramos por cabeza y por año. Es importante señalar que solamente los bovinos de leche y carne se manejan de forma extensiva en los pastizales o praderas de El Salvador.

Los factores de emisión para el manejo de estiércol son tomados de la tabla 4-4 de las Directrices IPCC (1997).

#### **2.4.2 PRODUCCIÓN DE ARROZ DE INUNDACIÓN**

Las adecuaciones de tierras destinadas para el cultivo de arroz en el país son pocas, por lo que la mayor parte del arroz, se cultiva utilizando las formas de inundación tradicional y en áreas que dependen de las lluvias. En estas áreas las condiciones anaeróbicas son mínimas comparadas con las existentes en los terrenos preparados con láminas de inundación de cuarenta o más centímetros y para períodos prolongados de inundación.

Para la determinación de las emisiones por el cultivo de arroz, el IPCC (1997) describe un método en el que se utilizan las superficies cosechadas anualmente y factores de emisión integrados para tomar en cuenta las variaciones estacionales, basadas en la superficie. Este método puede modificarse para tener en cuenta las variaciones en las condiciones de cultivo, dividiendo la superficie total cosechada del país según el tipo de ecosistema arrocerero: régimen de manejo del agua, el tipo y la cantidad de fertilizantes orgánicos y el tipo de suelo.

En cuanto al régimen de manejo del agua, los ecosistemas de arroz en El Salvador corresponden a la siembra bajo inundación y la siembra bajo secano (arroz cosechado solamente bajo condiciones de lluvia). Los datos de siembra de arroz bajo inundación no son publicados en las estadísticas agropecuarias oficiales, por lo que es necesaria la consulta de expertos. De acuerdo con el Centro Nacional de Tecnología Apropiada (CENTA), el arroz bajo condiciones de inundación representa un 20% de la superficie total cultivada; el restante 80% es producido bajo condiciones de secano (Guerrero, 2008).

La superficie total anual cosechada se calcula multiplicando la superficie cultivada (hectáreas por año) por la cosecha anual en kilogramos por hectárea (en El Salvador la mayoría de arroz se cosecha una vez al año). En el año 2005 las áreas sembradas fueron 5,155 mz (AEA V46,2006), casi

un 50% menos de las dedicadas a este cultivo en el año 2000 (11,650 mz), y casi todo el arroz se cultivó en condiciones de anegamiento con dependencia de lluvias de acuerdo con Guerrero L.;

Por otra parte, es una buena práctica determinar un factor de escala que incorpore información sobre el tipo y la cantidad de fertilizantes orgánicos aplicados (paja de arroz, estiércol animal, abono verde, compostaje y desechos agrícolas) a igualdad de masa. Es mayor la cantidad de CH<sub>4</sub> que se emite a partir de los fertilizantes que tienen un alto contenido de carbono de fácil descomposición, y las emisiones también aumentan cuanto mayor es la cantidad aplicada de cada uno de los fertilizantes orgánicos.

Con respecto a la práctica de fertilizantes orgánicos en arroz, no se obtuvieron registros oficiales, dado que la mayoría de arroz es fertilizado por abono sintético.

De igual forma, las Directrices del IPCC sugieren realizar estimaciones sobre las emisiones procedentes de distintos tipos de suelos (IPCC, 1997). No obstante, para el caso de El Salvador, tampoco se dispone de datos que relacionen las superficies cultivadas de arroz a la clasificación de suelos del país.

Para el cálculo del metano emitido en los cultivos de arroz se requiere la cantidad de hectáreas cultivadas bajo condiciones de inundación y de lluvias en el país, estas cifras se determinaron por juicio de experto debido a limitantes para la información requerida para la elaboración del inventario. Los factores de emisión utilizados en este cálculo corresponden a valores por defecto de las Directrices del IPCC (1997). Se ha utilizado el menor valor reportado para la media aritmética, en la tabla 4-11 de dichas Directrices, considerando que El Salvador es un país en el que no se anega continuamente el arroz y se maneja solamente en la estación lluviosa.

### **2.4.3 QUEMA PRESCRITA DE SABANAS**

De acuerdo con las Directrices del IPCC, se sugiere utilizar los datos de actividad correspondientes a cada ecosistema de sabanas:

- la superficie de sabanas,
- la fracción de la superficie de sabanas quemada,
- la densidad de la biomasa aérea,
- la fracción de biomasa aérea quemada y
- el contenido de carbono y nitrógeno de la biomasa (IPCC, 1997).

Además, para calcular la cantidad de carbono y nitrógeno liberados por la quema de sabanas, el método actual sugiere asignar un valor a la fracción viva de la biomasa aérea; y que se determinen el valor de la fracción oxidada y el valor de la fracción de carbono de la biomasa viva y muerta. Dado que es difícil medir estos parámetros en el terreno, se ha utilizado la eficiencia de la combustión para describir las condiciones de la vegetación y la combustión, que son las que en última instancia determinan los factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

Para el cálculo de las emisiones generadas por la quema de sabanas, en El Salvador, se han considerado las áreas que los agricultores queman, previo a la época de lluvias, para realizar las primeras siembras de granos básicos. Dentro de este marco los criterios utilizados para determinar las áreas limpiadas con fuego se explican a continuación:

- Para maíz, se utiliza el 40% del área total de primera siembra

- En el caso de frijol, se utiliza el 15% del área total de primera siembra
- Para sorgo, se utiliza el 25% del total de hectáreas de primera siembra
- Finalmente, para el arroz, se utiliza el 20% de la superficie total de primera siembra

La Tabla 6 resume estos datos de actividad:

**Tabla 6 Áreas Consideradas para la Quema de Sabanas en el INGEI 2005**

Cultivo	Área Sembrada por Cosechas en Mz				Área Quemada	
	1a Cosecha	2a Cosecha	3a Cosecha	Total	Mz	Ha
Maíz	280,618	67,081	6,000	353,699	112,247	78,573.04
Frijol	23,419	96,997	2,000	122,416	3,512.85	2,459
Sorgo	12,472	115,084	-	127,556	3,118	2,182.60
Arroz	4,455	700	-	5,155	891	623.70

Las áreas estimadas anteriormente (en miles de hectáreas), se utilizan en el libro de trabajo. Para la determinación de la densidad de la biomasa por área, se utilizó un promedio de los factores por defecto de la tabla 4-12 de las Directrices del IPCC 1996 (1997).

#### 2.4.4 QUEMA EN EL CAMPO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

En esta actividad se calculan exclusivamente las emisiones de CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub> procedentes de los residuos de las cosechas. La quema de los residuos agrícolas en los campos no se considera una fuente neta de CO<sub>2</sub>, ya que se supone que el carbono liberado en la atmósfera se reabsorbe en la siguiente temporada de crecimiento.

Según las Directrices del IPCC el porcentaje de residuos que se quema in situ deberá determinarse sobre la base de un cálculo exhaustivo del balance de masas de dichos residuos (IPCC, 1997). Sin embargo para el caso de El Salvador, los valores de estas fracciones se han tomado de los propuestos por el IPCC ya que no se posee información oficial desagregada al nivel requerido para realizar las estimaciones locales sugeridas.

El cálculo de emisiones en esta categoría de fuente, se basa en las producciones anuales de los cultivos de: maíz, frijol, sorgo, arroz y caña de azúcar, reportados en el AEA V46 (2006) así:

- Maíz, Cuadro 2 “Superficie, producción y rendimiento por variedad sembrada, según Región, Departamento y Cosecha”
- Frijol, Cuadro 5 “Superficie, producción y rendimiento por modalidad de siembra, según Región, Departamento y Cosecha”
- Sorgo, Cuadro 7 “Superficie, producción y rendimiento por variedad sembrada, según Región, Departamento y Cosecha”
- Arroz, Cuadro 10 “Superficie, producción y rendimiento según Región, Departamento y Cosecha” y
- Caña de azúcar, Cuadro 13 “Retrospectiva, superficie, producción, rendimiento de caña, azúcar y melaza”.

#### 2.4.5 SUELOS AGRÍCOLAS

En esta categoría de fuente se contabilizan las emisiones tanto directas como indirectas del N<sub>2</sub>O.

Las emisiones directas provienen de los suelos y del pastoreo de animales y las indirectas del contenido de nitrógeno en los fertilizantes que se utilizan.

Las emisiones totales de N<sub>2</sub>O se estiman a partir de los siguientes datos:

- Importación de fertilizantes, obtenida de Cuarentena Agropecuaria de la DGSVA del MAG Cuadro 86 año 2007-2008. Estos datos se muestran en la Tabla 7.
- producciones anuales de los cultivos que fijan nitrógeno; para El Salvador solamente las superficies cultivadas con frijol, ya que en el país no existen reportes oficiales de áreas extensivas con sembradíos de soya.
- producciones de nitrógeno por la quema de residuos agrícolas y
- nitrógeno de estiércol de animales.

En El Salvador no se cuenta con suelos Histosoles por lo que no se presentan emisiones directas por manejo de suelos agrícolas.

**Tabla 7 Cantidad de Fertilizantes Utilizados**

<b>Fuentes de Nitrógeno</b>	<b>Nitrógeno (Tm)</b>
Fórmulas	5,608.08
Amonio	37,072.53
Ureas	23,289.87
<b>Total de Nitrógeno Importado</b>	<b>65,970.48</b>

Notas:

Las fórmulas son concentraciones de 15, 16 y 20% de N.

El amonio proviene de fuentes de nitratos, fosfatos y sulfatos a concentraciones del 33, 18, 11 y 21%.

Las fuentes de urea son concentraciones del 46% de N.

Con la información recabada en las instituciones clave del sector Agricultura y los criterios de los expertos consultados se procedió a elaborar el inventario de GEI de dicho sector; utilizándose para ello las hojas de cálculo correspondientes al módulo 4 del software proporcionado por el IPCC. Esta información se presenta en el Anexo 3.

## **2.5 SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA**

Las prácticas definidas por el IPCC en el sector Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) son:

- Los cambios de biomasa en bosques y en otros tipos de vegetación leñosa.
- La conversión de bosques y praderas.
- El abandono de tierras cultivadas.

Vale la pena destacar que este es el único sector donde sus prácticas o actividades pueden ser fuentes o sumideros de CO<sub>2</sub> y se explica a continuación la metodología y premisas básicas utilizadas para su cuantificación. También se cuantifica la emisión de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de la quema vinculada a la conversión de bosques y praderas. Así como las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> en el suelo; dicha estimación se realizó a partir de valores por defecto, dado que no hay suficiente información para hacer un análisis detallado con valores locales. El cálculo de las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de biomasa utilizada como combustible corresponde al sector energía, como se mencionó anteriormente.

### **2.5.1 CAMBIOS DE BIOMASA EN BOSQUES Y EN OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA**

Esta práctica cuantifica las emisiones o remociones de carbono debidas a los cambios de biomasa de bosques y de otros tipos de vegetación leñosa que son consecuencia de las actividades humanas como la extracción de madera a través de métodos planificados, i.e. planes de manejo forestal y los simplemente extractivos que no lleven a la deforestación. Por tal razón, los bosques y otros tipos de vegetación que están sometidos a este tipo de actividad, tienden a su recuperación por crecimiento de la vegetación y por lo tanto son también sumidero. Los bosques y otros tipos de vegetación leñosa sujetas a manejo o gestión forestal presentan características de sumideros y emisores de GEI conjuntamente.

Según el origen de la madera, esta práctica se divide en tres sub-prácticas:

- Cambios de biomasa en plantaciones forestales
- Cambios de biomasa en bosques
- Cambios de biomasa en otros tipos de vegetación leñosa (café y leña)

#### **2.5.1.1 CAMBIOS DE BIOMASA EN PLANTACIONES FORESTALES**

Para estimar las emisiones y sumideros procedentes de las plantaciones forestales, se utilizaron estadísticas de diferentes fuentes; que en general son una adaptación de los datos generados por la Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego del Ministerio de Agricultura y Ganadería<sup>3</sup>. Aparentemente, las diferentes fuentes obedecen a evaluaciones de calidad de las plantaciones realizadas en diferentes fechas, lo que generó diferentes bases de datos para las mismas plantaciones. A las diferentes fuentes se les asignó un nombre dependiendo del archivo electrónico en el que se encontró, tales como: Censo Forestal del MAG, Servicio Forestal y Registro de plantaciones de Josué Guardado. Estas fuentes fueron comparadas y se eliminaron los datos que se consideraron inconsistentes. Se seleccionaron las ocho especies forestales más importantes y el resto se agrupó en la categoría “otras” (Ver Anexo 8). A cada especie se le definió su plan de manejo silvicultural, esto es:

---

<sup>3</sup> Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sin fecha. Estadísticas de plantaciones forestales.

- años de raleo,
- incremento medio anual de volumen,
- rendimiento de volumen aprovechado,
- densidad de la madera;

Este criterio aunque es una idealización, corresponde a una posibilidad de manejo ya que no hay datos completos de plantaciones aprovechadas. Únicamente se contabilizaron los volúmenes de las plantaciones que se consideraron manejadas. Las fuentes de datos utilizados se muestran en la Tabla 8.

**Tabla 8 Fuentes de Datos Utilizadas para las Especies Forestales de Mayor Importancia en El Salvador**

Especie Forestal	Raleos y Turno de Cosecha	Rendimiento de Volumen de Madera	Incremento Medio Anual de Volumen de Madera
Ciprés	Guía silvicultural CATIE	Guía Silvicultural CATIE	Guía Silvicultural CATIE
Eucalipto	Guía silvicultural CATIE (para <i>E. deglupta</i> )	Criterio experto	Hudgell, CATIE. (para <i>E. camaldulensis</i> )
Flor Amarilla	Criterio experto	Ugalde. CATIE.	Ugalde. CATIE.
Laurel	Guía técnica, Panamá	Criterio experto	Guía técnica, Panamá
Madrecacao	Criterio experto	Ugalde. CATIE.	Ugalde. CATIE.
Pino Caribe	Guía silvicultural CATIE	Guía Silvicultural CATIE	Guía Silvicultural CATIE
Pino Ocote	OFI-CATIE	OFI-CATIE	OFI-CATIE
Teca	Guía silvicultural CATIE	Guía Silvicultural CATIE	Guía Silvicultural CATIE
Otras	Valores promedios de las especies seleccionadas		

La Tabla 9 muestra los datos silviculturales de las especies consideradas para el INGEI 2005, y en la Tabla 10, se presentan las estadísticas de las plantaciones forestales por especie y año considerando si existe o no manejo. Los valores señalados indican el año de raleo y cosechas de acuerdo con la especie forestal.

El carbono liberado o absorbido se calculó multiplicando la superficie de plantación forestal por especie, por su tasa de crecimiento anual (en el caso de la categoría “otras especies”, la tasa de crecimiento se obtuvo del promedio de las demás especies); el resultado fue multiplicado por la fracción de carbono definida en un 50% (factor de 0.5, según el IPCC) con lo que se obtuvo el incremento total de absorción de carbono.

Se determinó la cosecha comercial de las plantaciones con manejo. Aunque hay cuatro especies que cuentan con plantaciones manejadas, sus raleos y cosecha no coincidieron con el año de inventario, por lo tanto no fueron consideradas excepto la teca que sí fue considerada. Esta madera fue convertida a biomasa y se le restó la madera que fue aprovechada, aplicando un porcentaje de rendimiento que varía dependiendo de si se trata de raleo o cosecha final. Esta biomasa fue convertida a carbono liberado y finalmente se le restó el carbono absorbido para obtener el balance neto de esta sub-práctica. Las Tabla 11 y Tabla 12 muestran los datos obtenidos.

Tabla 9 Datos Silviculturales de las Especies Forestales Utilizadas en El Salvador

Años/turno		Raleo 1	Raleo 2	Raleo 3	Raleo 4	Turno de Cosecha	
Nombre común	Nombre científico	año	año	año	Año	años	
Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>	8	16	24		30	
Eucalipto	<i>Eucalyptus sp</i>	4	8			20	
Flor Amarilla <sup>4</sup>	<i>Cassia siamea</i>	0	0			14	
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	3	9			19	
Madrecacao	<i>Gliricidia sepium</i>	0	0			15	
Pino Caribe	<i>Pinus caribaea</i>	6	16	22		26	
Pino Ocote	<i>Pinus oocarpa</i>	7	13	19		27	
Teca	<i>Tectona grandis</i>	4	9	17	25	36	
Otras		4	9	20.5		23	
Rendimiento/volumen		Raleo 1	Raleo 2	Raleo 3	Raleo 4	Cosecha	Total
Nombre común	Nombre científico	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)
Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>	30	40	42		149	261
Eucalipto	<i>Eucalyptus sp</i>	12	18			112	142
Flor Amarilla	<i>Cassia siamea</i>	0	0			193	193
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	25	40			200	265
Madrecacao	<i>Gliricidia sepium</i>	0	0			116	116
Pino Caribe	<i>Pinus caribaea</i>	29	65	68		218	380
Pino Ocote	<i>Pinus oocarpa</i>	26	37	44		184	291
Teca	<i>Tectona grandis</i>	24	44	74.6	93	352	495
Otras		18	31	57		190	297
Incremento medio anual		Raleo 1	Raleo 2	Raleo 3	Raleo 4	Promedio	Biomasa
Nombre común	Nombre científico	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(t ms)
Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>	9.3	6.9	5.7		7.3	3.14
Eucalipto	<i>Eucalyptus sp</i>	7.8	6.4			7.1	2.77
Flor Amarilla	<i>Cassia siamea</i>	0.0	0.0			13.8	9.66
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	15.0	15.0			15.0	7.80
Madrecacao	<i>Gliricidia sepium</i>	0.0	0.0			7.8	4.73
Pino Caribe	<i>Pinus caribaea</i>	12.0	12.0	12.0		12.0	6.60
Pino Ocote	<i>Pinus oocarpa</i>	9.2	9.2	9.2		9.2	4.67
Teca	<i>Tectona grandis</i>	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	9.15
Otras		8.5	8.1	10.5	15.0	10.5	5.26

<sup>4</sup> Para el Flor Amarilla y el Madrecacao no se asignan valores de raleos, puesto que son especies de turno de cosecha corto y además no hay suficiente información. Para efectos del presente INGEI son especies que se consideraron sin manejo, y por lo tanto no se hacen raleos.

Tabla 10 Estadísticas de Plantaciones Forestales de la República de El Salvador, Por Especie Año, Con Manejo y Sin Manejo

Año	Plantaciones sin manejo (hectáreas)											Plantaciones con manejo (hectáreas)					Gran Total
	Edad	Ciprés	Eucalipto	Flor Amarilla	Laurel	Madrecacao	Pino caribe	Pino Ocote	Teca	Otras	Total	Ciprés	Eucalipto	Pino	Teca	Total	
1975	30	0	0	0	0	0	34	0	15	9	58	0	0	1	0	1	60
1976	29	22	0	0	0	0	26	0	2	29	79	0	0	0	0	0	79
1977	28	90	0	0	16	0	2	0	22	0	129	0	0	0	7	7	136
1978	27	12	0	0	0	0	20	2	35	5	74	6	3	0	0	8	83
1979	26	10	0	0	0	0	25	0	51	0	85	11	0	0	0	11	97
1980	25	0	25	0	25	0	0	0	151	0	201	0	0	0	55	55	256
1981	24	7	0	0	0	0	0	0	29	0	36	0	0	40	0	40	76
1982	23	0	0	0	0	0	28	0	247	0	275	4	0	0	0	4	278
1983	22	56	6	0	0	0	4	0	239	21	326	0	0	0	130	130	457
1984	21	4	12	0	0	0	38	0	311	0	364	0	7	0	27	34	398
1985	20	4	0	0	0	20	0	0	129	7	160	0	0	0	116	116	276
1986	19	3	0	0	0	0	1	0	65	26	95	0	2	0	0	2	97
1987	18	7	0	0	0	0	0	0	10	33	50	0	1	0	11	13	63
1988	17	13	0	0	0	35	0	0	19	20	87	0	0	0	11	11	98
1989	16	0	0	0	0	2	0	0	23	21	46	0	0	0	0	0	46
1990	15	0	18	0	0	87	0	0	6	35	145	0	7	0	0	7	152
1991	14	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	0	20
1992	13	0	9	19	0	46	0	0	4	72	150	0	22	0	0	22	172
1993	12	28	98	43	0	0	8	0	259	37	473	0	7	0	18	25	497
1994	11	11	70	8	0	269	0	116	231	95	800	0	6	14	20	40	839
1995	10	0	50	15	0	155	0	0	60	92	371	3	0	0	18	20	392
1996	9	4	0	6	54	65	4	0	141	48	321	0	0	0	0	0	321
1997	8	0	0	0	6	0	0	0	37	0	42	0	0	0	0	0	42
1998	7	10	1	14	0	14	0	69	92	4	204	0	0	0	0	0	204
1999	6	2	0	0	10	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	12
2000	5	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	8
2001	4	0	9	0	0	0	0	0	0	12	21	0	0	0	0	0	21
2002	3	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	7
2003	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>282</b>	<b>297</b>	<b>105</b>	<b>110</b>	<b>700</b>	<b>189</b>	<b>188</b>	<b>2177</b>	<b>592</b>	<b>4638</b>	<b>24</b>	<b>45</b>	<b>54</b>	<b>426</b>	<b>546</b>	<b>5187</b>



**Tabla 11 Estimación del Carbono Absorbido por las Plantaciones Forestales en El Salvador para el año 2005**

Especie forestal	Superficie de las existencias de plantación (kt/ha)	Tasa de crecimiento anual (t ms/ha)	Incremento anual de la biomasa (kt ms)	Incremento total de la absorción de carbono (kt C)
Ciprés	0.306	5.493	1.679	0.840
Eucalipto	0.342	4.846	1.657	0.828
Flor Amarilla	0.105	16.905	1.768	0.884
Laurel	0.110	13.650	1.505	0.752
Madrecacao	0.700	8.273	5.792	2.896
Pino Caribe	0.243	11.550	2.802	1.401
Pino Ocote	0.188	8.166	1.532	0.766
Teca	2.603	16.013	41.680	20.840
Otras	0.592	9.198	5.443	2.722
<b>Total</b>	<b>5.187</b>		<b>63.858</b>	<b>31.929</b>

**Tabla 12 Estimación de Biomasa Consumida por Plantaciones Forestales para el Año 2005**

Especie forestal	Raleos y cosecha comercial (1000 m <sup>3</sup> rollo)	Relación de densidad de madera y expansión de copa de la biomasa (t ms/m <sup>3</sup> )	Total de la biomasa extraída durante raleos y cosecha comercial (ktms)	Madera aprovechada* (ktms)	Consumo total de biomasa** (ktms)
Teca	5.915	1.068	6.314	2.526	3.788
<b>Total</b>	<b>5.915</b>		<b>6.314</b>	<b>2.526</b>	<b>3.788</b>

\*Madera aprovechada en productos como muebles, puertas, etc.

\*\* El resto del aprovechamiento que no es convertido en productos maderables.

### 2.5.1.2 CAMBIOS DE BIOMASA EN BOSQUES

Para el año 2005 se cuenta con las estadísticas del Sistema de Información Forestal de El Salvador (SIFES), del cual se conocen cuatro informes elaborados entre el 2007 y el 2008. La información del SIFES (Guardado, 2007) se procesó, sin embargo se determinó que es insuficiente para el alcance del inventario. Igualmente, la página Web del SIFES en Internet cuenta con información limitada. La Tabla 13 muestra un resumen de la información aportada por el SIFES.

**Tabla 13 Datos de Madera Autorizada en El Salvador en el año 2005, aportados por el SIFES. Valores en metros cúbicos**

Origen	Leña	Madera aserrada	Madera rolliza	Otros	Sub total
Árboles con autorización tala	22.7	0	0	0	22.8
Árboles sin autorización tala	0	0	0	0	0
Área agrícola o ganadera	434.7	22.9	63.3	7.6	528.4
Bosques naturales	0	0.3	1.0	1.21	2.5
Cafetales	1,757.6	180.8	327.7	42.5	2,308.6
Frutales	0	1.3	0	0	1.33
Manejo forestal	0	0	18	0	18
Plantaciones forestales	0	0	2.8	0	2.83
Prescripción silvícola	0	0	0	0	0
Protección y saneamiento	92.4	2,027.6		2.9	2,122.9
Reactivación área agrícola	6,373.1	7.6		677.1	7,057.8
Sistemas agroforestales	52.6	33.8		48.6	1,35.04
<b>Total</b>	<b>8,733.0</b>	<b>2,274.4</b>	<b>412.8</b>	<b>779.9</b>	<b>12,200.1</b>

Las estadísticas de la Tabla 13 se refieren al control de las guías de transporte, sin embargo, deberían reflejar información forestal con respecto al aprovechamiento. Se observa que la mayor cantidad de madera reportada ha sido para leña. Hay datos que ponen en duda la amplitud de la información como: sólo 2.82 m<sup>3</sup> son provenientes de plantaciones forestales, 1.21 m<sup>3</sup> de bosques naturales y sólo 18m<sup>3</sup> provienen del manejo forestal. La mayoría de la madera proviene de los forestales, de permisos de protección y saneamiento y de la reactivación de áreas agrícolas que son tierras en barbecho.

Otra información consultada, proveniente del MAG, se refiere a los planes de manejo forestal incluidos en las estadísticas de El Salvador a partir del año 2001. En la Tabla 14 se observan los planes de manejo activos hasta el año 2005. Se supone que los planes de manejo de años anteriores al 2005 siguen operando; si se consideran activos deberían estar aprovechando el volumen autorizado por año.

**Tabla 14 Planes de manejo forestal activos al año 2005 en El Salvador**

No.	No. Registro	Departamento	Superficie Producción (ha)	Año	Origen/Tipo del Bosque	Volumen autorizado (m <sup>3</sup> )
1	2GCII-0503-1	Chalatenango	97.63	2003	Nat. Con.	215.3
29	1GCII-0903-29	Chalatenango	18.48	2003	Nat. Con.	65.42
6	1GCII-0304-6	Chalatenango	21.14	2004	Nat. Con.	56.45
7	1GCIV-0304-7	Morazán	107.76	2004	Nat. Con.	0
8	1PCII-0704-8	Chalatenango	3.6	2004	Nat. Con.	9.98
9	1GCII-1004-9	Chalatenango	22.96	2004	Nat. Con.	107.47
12	2GCII-1204-12	Chalatenango	31.25	2004	Nat. Con.	128.85
13	1PCII-1104-13	Chalatenango	7.52	2004	Nat. Con.	5.37
15	1GCI-0904-15	Santa Ana	16.06	2004	Nat. Con.	28
16	1GCII-0704-16	Chalatenango	14.83	2004	Nat. Con.	36.15
17	1PCII-1104-17	Chalatenango	6.96	2004	Nat. Con.	14.9
18	1GCII-1104-18	Chalatenango	7.53	2004	Nat. Con.	23.49
21	1GCII-1104-21	Chalatenango	7.57	2004	Nat. Con.	13
30	1GCI-0204-30	Santa Ana	12.39	2004	Nat. Con.	30.63
31	1GCI-0504-31	Santa Ana	14.25	2004	Nat. Con.	37.29
32	1GCII-0704-32	Chalatenango	12.89	2004	Nat. Con.	36.26
34	1GCII-1204-34	Chalatenango	20.23	2004	Nat. Con.	69.5
35	1GCII-1204-35	Chalatenango	27.18	2004	Nat. Con.	63.6
36	1GCII-1204-36	Chalatenango	7.61	2004	Nat. Con.	32.2
37	1PCII-1204-37	Chalatenango	2.67	2004	Nat. Con.	15.1
38	1GCII-1204-38	Chalatenango	51.98	2004	Nat. Con.	480.07
39	1GCII-1204-39	Chalatenango	18.39	2004	Nat. Con.	45.32
4	1GCII-0105-4	Chalatenango	9.96	2005	Nat. Con.	26.64
10	1GCII-0105-10	Chalatenango	7.47	2005	Nat. Con.	34
11	1GCII-0105-11	Chalatenango	9.01	2005	Nat. Con.	20.59
40	1GCII-0105-40	Chalatenango	11.54	2005	Nat. Con.	34.9
42	1GCII-0105-42	Chalatenango	7.79	2005	Nat. Con.	58.4
43	1PCII-0105-43	Chalatenango	3.4	2005	Nat. Con.	12.2
44	1GCII-0305-44	Chalatenango	7.06	2005	Nat. Con.	15.18
45	1GCII-0405-45	Chalatenango	19.54	2005	Nat. Con.	31
46	1GCII-0405-46	Chalatenango	7.05	2005	Nat. Con.	22.3
47	1GCII-0405-47	Chalatenango	9.76	2005	Nat. Con.	40.3
48	1PCII-0405-48	Chalatenango	5.73	2005	Nat. Con.	14.5
49	1PCII-0405-49	Chalatenango	6.13	2005	Nat. Con.	20
50	1GCII-0405-50	Chalatenango	11.56	2005	Nat. Con.	61.6

No.	No. Registro	Departamento	Superficie Producción (ha)	Año	Origen/Tipo del Bosque	Volumen autorizado (m <sup>3</sup> )
51	1GCII-0505-51	Chalatenango	103.26	2005	Nat. Con.	398.29
52	1GCII-0405-52	Chalatenango	12.41	2005	Nat. Con.	50
53	1PCII-0405-53	Chalatenango	4.4	2005	Nat. Con.	11.7
54	1GCII-0405-54	Chalatenango	10.1	2005	Nat. Con.	34.6
55	1PCII-0305-55	Chalatenango	6.08	2005	Nat. Con.	13.11
56	1GCII-0405-56	Chalatenango	10.68	2005	Nat. Con.	12.6
57	1PCII-0405-57	Chalatenango	5.28	2005	Nat. Con.	11.51
58	1GCII-0605-58	Chalatenango	32.1	2005	Nat. Con.	319.83
60	1GCII-0405-60	Chalatenango	9.95	2005	Nat. Con.	47.5
61	1PCII-1205-61	Chalatenango	5.28	2005	Nat. Con.	65.39
20	1PLII-1204-20	Chalatenango	4.5	2004	Nat. Lat.	10.96
33	1PLII-0904-33	Chalatenango	7	2004	Nat. Lat.	12
62	1GLI-0806-62	Sonsonate	52.34	2005	Nat. Lat.	91.28

En la Tabla 14, puede notarse que la mayoría de los planes de manejo provienen del departamento de Chalatenango; de los bosques de coníferas, salvo algunas excepciones que provienen de otros departamentos; solamente hay tres planes de manejo de bosques latifoliados.

El total reportado como aprovechado fue de 2,984.73 m<sup>3</sup>, de los cuales 2,870.49 m<sup>3</sup> corresponden a bosques de pino y los restantes 114.24 m<sup>3</sup> provienen de bosques de latifoliadas. El total de extensión bajo manejo es de 910 hectáreas. La Tabla 15 presenta el total de carbono o fijado por concepto de crecimiento de los bosques gestionados o manejados.

Tabla 15 Carbono absorbido en bosques manejados en el año 2005 en El Salvador

Tipo de bosque	Superficie de las existencias de bosques (k ha)	Tasa de crecimiento anual (t ms/ha)	Incremento anual de biomasa (kt ms)	Fracción de carbono de la materia seca	Incremento total de la absorción de carbono (kt C)
Coníferas	0.846	3.0	2.562	0.5	1.281
Latifoliadas	0.064	1.6	0.100	0.5	0.050
<b>Total</b>	<b>0.910</b>				<b>1.331</b>

Para determinar la tasa de crecimiento anual se partió del principio que los bosques manejados son sostenibles; por lo tanto, el volumen aprovechado en un año debe ser igual al volumen que se recupera en un año. Por ello el volumen total autorizado se dividió entre el número de hectáreas, luego se transformó a biomasa y se le aplicó el factor de expansión para la copa. La Tabla 16 muestra el consumo total de biomasa extraída y que es considerada como fuente de emisiones.

Tabla 16 Biomasa total extraída por concepto de aprovechamiento forestal durante el año 2005 en El Salvador

Tipo de bosque	Cosecha comercial (k m <sup>3</sup> )	Relación de conversión/expansión de la biomasa (t ms/m <sup>3</sup> )	Total de la biomasa extraída durante la cosecha comercial (kt ms)	Madera extraída por la tala de bosques (kt ms)	Consumo total de biomasa de las existencias (kt ms)
Coníferas	2.870	0.893	2.562	0.659	1.903
Latifoliadas	0.114	0.875	0.100	0.026	0.074
<b>Total</b>	<b>2.985</b>		<b>2.662</b>	<b>0.684</b>	<b>1.977</b>

La relación de conversión/expansión de la biomasa se obtiene de multiplicar la densidad de la madera, para convertir la madera a biomasa, por el factor de expansión, que considera la biomasa de copa. De acuerdo con la experiencia de aprovechamientos forestales en Costa Rica, se estimó que de la madera aprovechada, un 45% es fijado en productos maderables, el resto es emitido de nuevo a la atmósfera por concepto de desperdicio o quema de leña.

### 2.5.1.3 CAMBIOS DE BIOMASA EN OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA

En esta sub-práctica se incluyen: cafetales arbolados, árboles fuera de bosques y leña. En cuanto al café, para el año 2005 se cuenta con la estadística del SIFES la cual reporta 327.7 m<sup>3</sup> de madera rolliza con autorización de corta. Sin embargo, no se tiene certeza si esta madera proviene de cafetales que se mantienen como tales o es por madera extraída cuando los cafetales son eliminados. Es probable que esta madera provenga de la segunda condición, esto es del cambio de uso. Por ello se consideró, al igual que en el INGEI 2000, que la madera producto de los cafetales se debe al cambio de uso, esta madera fue contabilizada en el apartado de conversión de bosques y praderas.

Para efectos de estimar la cantidad de árboles que existen fuera del bosque y que podrían reportar un crecimiento, se tomó como base el análisis realizado por Sermeño (2009), con ajustes a algunos valores. Dicho análisis está basado en el mapa de cobertura forestal CORINE Land Cover, del año 2000 (ver datos en el Anexo 6), considerando una densidad media de árboles por hectárea por clase de uso no boscoso. La cantidad de árboles estimada se muestra en la Tabla 17. Se hizo un ajuste de las extensiones considerando el cambio de uso sufrido entre los años 2000 y 2005.

En el caso de la conversión de cafetales se aplicó la misma tasa utilizada para el año 2000, estimada en 1.32% anual, dado que no hay datos para el 2005. Con los bosques se determinó una tasa de deforestación porcentual utilizando los datos del FRA –FAO 2005, estimada en 1.66% anual. El cálculo de dichas tasas se explica en el apartado de conversión de tierras y praderas.

**Tabla 17 Estimación de Densidad Media de Árboles por Hectárea Según Uso de la Tierra Fuera de Bosque. Basado en Sermeño, 2009**

Uso no Bosque	Densidad media de árboles por hectárea	Supuesto
Árboles Frutales	238	7 x 6 m
Café	68	12 x 12 m
Cultivos Anuales Asociados	12	Sólo en linderos cada 25 m
Morrales en potrero	5	En el caso de morro, los árboles se encuentran en linderos y en el interior de las parcelas
Palmeras Oleíferas	666	5 x 3 m
Sistemas Agroforestales	125	Hileras cada 20 m con distanciamiento de 4 m por árbol,
Terrenos agrícolas con vegetación natural	83	10% área neta de cobertura a 3 x 2 m
Caña de Azúcar	2	Los tablonces de caña casi no presentan linderos definidos por árboles por obstrucción a la maquinaria
Cultivo de Piña	10	La mayoría se encuentra cultivada en laderas
Cultivos Permanentes Herbáceos	2	Observación de campo
Granos Básicos	4	Observación de campo
Hortaliza	1	Observación de campo
Mosaico de Cultivos y Pastos	15	Son parcelas con linderos bastante densos de árboles
Otros Cultivos Irrigados	5	Generalmente los árboles se ubican en los canales de drenaje para protección de los mismos
Pastos Cultivados	12	Se dejan árboles como sombra para animales

Uso no Bosque	Densidad media de árboles por hectárea	Supuesto
Pastos Naturales	18	Generalmente predominan en áreas de ladera
Plataneras y Bananeras	8	Observación de campo
Tejido Urbano Continuo	30	Se ha estimado como un sexto del área vegetal reportada como árboles
Tejido Urbano Discontinuo	50	Se ha estimado que la vegetación es mayor que en el tejido urbano continuo
Tejido Urbano Precario	1	Observación de campo

Entre los años 2000 y 2005 se estimó que se deforestaron 31,730 Ha y se eliminaron 11,133 Ha de cafetales. Como no se tiene certeza de hacia que actividad se dio el cambio de uso, se tomó la tasa de deforestación estimada durante ese periodo y se le asignó la extensión convertida a otros usos de la tierra. En el caso del café se supuso que el 80% de los cafetales fueron convertidos en tejido urbano discontinuo y el restante 20% en cultivos anuales asociados. En el caso del bosque, fueron convertidos a terrenos agrícolas con conversión natural. Para cada categoría de uso de la tierra fuera de bosque se definió una densidad media de árboles por hectárea, según la propuesta de Sermeño. La cantidad de árboles estimada se muestra en la Tabla 18.

**Tabla 18 Árboles Fuera de Bosques en El Salvador para el año 2005. Basado en Sermeño, 2009**

Tipo de uso de la tierra fuera de bosque	Árboles/ha	Extensión Año 2000 (Ha)	Extensión Año 2005 (Ha)	Total árboles
Árboles frutales	238	4,260	4,260	1,013,880
Café	68	172,780	161,647	10,991,970
Cultivos anuales asociados	12	83,961	86,188	1,034,252
Morrales en potrero	5	1,998	1,998	9,990
Palmera oleíferas	666	4,358	4,358	2,902,428
Sistemas agroforestales	125	622	622	77,750
Terrenos agrícolas con conversión natural	83	200,007	231,737	19,234,154
Terrenos caña de azúcar	2	89,947	89,947	179,894
Cultivo de piña	10	272	272	2,720
Cultivos permanentes herbáceos	2	518	518	1,036
Granos básicos	4	369,803	369,803	1,479,212
Hortaliza	1	168	168	168
Mosaico de cultivos y pasto	15	178,151	178,151	2,672,265
Otros cultivos irrigados	5	7,650	7,650	38,250
Pastos cultivados	12	56,152	56,152	673,824
Pastos naturales	18	207,064	207,064	3,727,152
Plataneras y bananeras	8	1,866	1,866	14,928
Tejido urbano continuo	30	30,189	30,189	905,670
Tejido urbano discontinuo	50	33,994	42,901	2,145,035
Tejido urbano precario	1	3,850	3,850	3,850
<b>Total</b>		<b>1,447,610</b>	<b>1,479,340</b>	<b>47,108,429</b>

Para los cafetales se consideró la densidad de árboles propuesta por Sermeño, debido a que no se cuenta con la proporción de cafetales por sistema de manejo, aunque se sabe que hay diferencias significativas según el tipo de sistemas de manejo del café.

Para efectos de determinar la biomasa se utilizó la base de datos de Alpízar para diferentes especies forestales<sup>5</sup>, de las cuales se obtuvo un promedio de biomasa por árbol de 1.36 toneladas para especies nativas y de 0.78 para especies exóticas, en un turno de 30 y 21 años como promedio para especies nativas y exóticas respectivamente. Se estimó que los árboles fuera de bosques son nativos en un 80% y exóticos en un 20%, lo que da un incremento medio anual de biomasa de 0.043 toneladas por árbol, en promedio, para todas las especies. Además se ha considerado que los árboles se encuentran en diferentes etapas de desarrollo, algunos muy jóvenes creciendo rápido, otros de mayor edad, creciendo más lento, hasta los árboles que han alcanzado su madurez y por lo tanto no crecen; se estableció que un incremento medio de toda la población de árboles es aproximadamente la mitad del crecimiento o fijación estimada (0.0215 toneladas por árbol).

El carbono fijado por los árboles fuera de bosques se obtuvo de la siguiente manera:

Incremento medio de biomasa por árbol (IMBa):	Nativas: 1.356 t Exóticas: 0.783 t
Turno de cosecha (TC):	Nativas: 30 años Exóticas: 21 años
Incremento medio anual de biomasa (IMBa/TC):	Nativas: 0.045 t Exóticas: 0.037 t

Incremento medio anual de biomasa, ponderado con 80% Especies Nativas y 20% Especies exóticas: 0.043 t  
El valor total de incremento en biomasa por concepto de árboles fuera de bosque se estimó en 1,022,635 toneladas (total de árboles por el incremento medio anual de biomasa, ponderado por 0.5 como factor de ajuste de crecimiento); es decir, 1,022.6 kt ms y el carbono fijado se estimó en 511.317 ktC.

El consumo de leña en El Salvador ha venido a menos en los últimos años; sin embargo, continúa siendo una actividad importante de considerar en los cálculos del INGEI. Para su estimación se tomó la información de un análisis sin publicar realizado por Schneider (2010), el cual hace una proyección del consumo de leña desde 1991 hasta el 2006, en los sectores residencial, comercio y servicios e industrial. Además, de acuerdo a este experto, se consideró hacer un ajuste de conversión de leña verde a leña seca en un 20%. Así que el consumo anual se multiplicó por 0.8. Los valores utilizados se muestran en la Tabla 19.

**Tabla 19 Consumo de Leña para el Año 2005**

<b>Año</b>	<b>Consumo* (kt)</b>	<b>Biomasa* (kt)</b>
2005	2,680.132	2,144.105

El valor de biomasa de leña se estimó en 2,144.105 kt, lo que equivale a 1,072.053 kt de carbono. La leña proviene de diferentes fuentes: cafetales, bosques, plantaciones forestales y de árboles existentes en otros usos de la tierra fuera de bosques.

La metodología del IPCC utilizada permitió estimar las emisiones de carbono en diferentes prácticas, de las cuales, la disponibilidad de información contabilizó la emitida por las plantaciones forestales, el manejo forestal y la conversión de bosques y cafetales. Es posible que de estas prácticas, la mayoría de la biomasa sea utilizada como leña. De ser así, al monto estimado por concepto de consumo de leña, debe restársele el carbono emitido en dichas prácticas, tal como lo muestra la Tabla 20 elaborado por Alpízar (2010).

<sup>5</sup> Comunicación Personal de Alpízar.

**Tabla 20 Ajuste al Consumo de Leña Estimado por las Prácticas de Uso de la Tierra.**

Práctica de manejo	Carbono emitido (kt)	Proporción que es convertida en leña (%)	Carbono emitido por consumo de leña (kt)
Plantaciones forestales	1.894	50	0.947
Bosques manejados	0.989	50	0.494
Bosques en general	No estimado		
Conversión de bosque	330.727	50	165.363
Árboles fuera de bosque	No estimado		
Sin definir procedencia			905.249
<b>Total</b>			<b>1,072.053</b>

Es de suponer que la diferencia de 905.249 kt de carbono esté repartida en los usos en los cuales no fueron estimadas las emisiones. Por lo tanto para efectos del inventario, se aplicará este monto de 905.249 kt de carbono convertido a biomasa de leña (1,810.496 kt ms), dado que los otros valores ya fueron cuantificados en las prácticas indicadas en dicha tabla.

## 2.5.2 CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS

La conversión de bosques y praderas a tierras de cultivo o pastos permanentes ocurre principalmente en los trópicos. La tala de los bosques tropicales supone el desbroce del sotobosque y la tala de árboles, actividades que conllevan la quema de biomasa in situ o su aprovechamiento como leña. En este proceso parte de la biomasa se quema y otra parte permanece en el campo, donde se descompone lentamente. Entre el 5 y 10% del material quemado se convierte en carbón vegetal, que resiste la descomposición durante más de 100 años, y el resto se libera instantáneamente a la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub>. (IPCC, 1997)

La categoría conversión de bosques y praderas considera la deforestación y la biomasa por tipo de bosque; por lo que requiere el conocimiento de la tasa de deforestación y de los valores de biomasa por tipo de bosque. A continuación se hace una explicación sobre los criterios utilizados para obtener los datos requeridos

### 2.5.2.1 ESTIMACIÓN DE LA TASA DE DEFORESTACIÓN DEL PAÍS

El análisis de conversión de bosques y praderas, para el caso de El Salvador, consideró cuatro tipos de usos forestales ellos son: los bosques propiamente dichos, las coníferas, los manglares y el café con cobertura boscosa. Para los bosques, como se mencionó anteriormente, se estimó en 1.66% anual, basado en los datos de cobertura forestal del estudio FRA – FAO 2005, utilizando la fórmula:

$$TD = 100 \left( 1 - \frac{B_{2005}}{B_{2000}} \right)^{\frac{1}{5}}$$

Donde:

**TD** es la tasa de deforestación

**B<sub>2005</sub>** es el bosque en hectáreas en el año 2005

**B<sub>2000</sub>** es el bosque en hectáreas en el año 2000

**5** es el número de años entre uno y otro mapa.

Para estimar la conversión de cafetales se utilizó la misma tasa del estudio de *Resources for the Future (RFF)*, estimada en 1.32% anual. En el caso de la pérdida de bosques, se utilizó la tasa porcentual obtenida de las áreas propuestas por FRA-FAO para los años 2000 y 2005, la cual se estimó en 1.66% anual.

La alta tasa de pérdida de cafetales se justifica, según el estudio de RFF, por la crisis del precio del café producida a finales de la década de los noventa y que se ha prolongado hasta los primeros años del siglo veintiuno; así como la presión sobre las tierras con café cercanas a las ciudades, que elevan el precio inmobiliario y el café no puede competir, por lo que están siendo eliminados para establecer urbanizaciones.

Con la información disponible, no es posible conocer en donde ha sucedido la mayor deforestación y tampoco en que tipo de bosques. Es por ello que el valor total de deforestación estimado en el año 2005 fue distribuido proporcionalmente según la extensión por tipo de bosque. Para ello se hizo un cruce en un sistema de información geográfica de los mapas CORINE Land Cover y de zonas de vida. Los valores obtenidos se multiplicaron por la tasa porcentual estimada de lo que fue deforestado en el año 2005 (según FRA-FAO). Los bosques de coníferas y manglares se trataron como asociaciones ecológicas específicas, así como el café. Los valores proporcionales por tipo de bosque y área deforestada se muestran en la Tabla 21.

Los valores altos en las coníferas, manglares y en los bosques húmedos tropical y subtropical, se deben a que son las mayores extensiones y tiene lógica que sean los bosques mayormente amenazados. En el caso de los manglares existe una presión por convertir las tierras en salineras, camaroneras y proyectos turísticos.

**Tabla 21 Proporción de Bosques, Según su Tipo y Extensión Deforestada Durante el Año 2005 en El Salvador, en Hectáreas**

Tipo de bosque	Extensión CORINE (ha)	Proporción (%)	Deforestado año 2005 (ha)
Bosque seco Tropical	28,471	0.078	472
Bosque húmedo Tropical	40,153	0.110	666
Bosque húmedo Subtropical	176,722	0.486	2,932
Bosque muy húmedo Subtropical	10,710	0.029	178
Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical	202	0.001	3
Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical	7,000	0.019	116
Bosque muy húmedo Montano Subtropical	3	0.000	0
Coníferas	68,145	0.187	1,131
Manglares	32,267	0.089	535
<b>Total</b>	<b>363,672</b>	<b>1.000</b>	<b>6,034</b>

### 2.5.2.2 BIOMASA ANTES DE LA CONVERSIÓN Y PÉRDIDA ANUAL DE BIOMASA

Los valores de biomasa almacenada o acumulada por tipo de bosque se tomaron de diferentes fuentes. Para los tipos de bosques, los valores se apoyaron en un estudio realizado para los bosques de Costa Rica (MINAE, 1999), basado en zonas de vida. Los datos para manglares y coníferas se tomaron de estudios específicos de Costa Rica (Fonseca et al., 2006) y Honduras (Alberto y Elvir, 2008) respectivamente. En el caso del café, se hizo un análisis por clase de manejo de la sombra de café en El Salvador. La Tabla 22 muestra los valores de biomasa por tipo de bosque y otros tipos de vegetación leñosa, así como la pérdida total de biomasa en el año 2005.



Tabla 22 Superficie Convertida, Valores de Biomasa por Tipo de Bosque Aplicado a los Bosques y Otro Tipo de Vegetación Leñosa y Pérdida Total de Biomasa en el año 2005.

Tipo de bosque	Superficie convertida anualmente (kha)	Biomasa antes de la conversión (t ms/ha)	Biomasa después de la conversión (t ms/ha)	Cambio Neto en la densidad de biomasa (t ms/ha)	Pérdida anual de biomasa (kt ms)
Bosque Seco Tropical	0.449	143	10	133	59.723
Bosque Húmedo Tropical	0.634	241	10	231	146.452
Bosque Húmedo Subtropical	2.788	124	10	114	317.627
Bosque Muy Húmedo Subtropical	0.169	249	10	239	40.425
Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical	0.3	119	10	109	348
Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical	0.110	498	10	488	53.890
Bosque Muy Húmedo Montano Subtropical	0	309	10	299	15
Coníferas	1.075	57	10	47	50.674
Manglares	0.509	140	10	130	66.183
Café	2.286	-	-	-	587.518
<b>Total</b>	<b>8.024</b>				<b>1,322.854</b>

Con respecto al café, la biomasa almacenada varía según el tipo de sombra de café. En El Salvador se identifican cinco tipos de manejo de cafetales, dependiendo del tipo de sombra, (Gómez et al., 2000) ellos son:

- el rústico o de montaña,
- el tradicional o, llamado también, jardín de cafeto,
- el moderno,
- el comercial y
- el café sin sombra.

No se cuenta con datos sobre la extensión de café por tipo de manejo. Para fines de calcular el carbono que se emitió por efecto de pérdida de cafetales, se hizo una aproximación considerando la altitud de los cafetales, en el entendido que entre mayor sea la altitud, la sombra será menor y viceversa. Se formó una distribución de los tipos de manejo utilizando el criterio del experto, en el entendido que estos datos no fueron recabados en campo y podrían ser diferentes; esta distribución se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23 Distribución de Cafetales Eliminados Considerando Fajas Altitudinales y Tipo de Sombra/Manejo del Café, Año 2005

Tipo de manejo/sombra						
Altura	Rústico	Tradicional	Moderno	Comercial	Sin sombra	Total
<b>Bajío (0 a 800 m.s.n.m.)</b>						
Proporción (%)	70	20	10	0	0	100
Extensión (ha)	576	164	82	0	0	822
<b>Media altura (801 a 1200 m.s.n.m.)</b>						
%	20	40	30	10	0	
Extensión (ha)	200	399	299	100	0	998
<b>Estricta altura (más de 1200 m.s.n.m.)</b>						
%	0	20	50	20	10	100
Extensión (ha)	0	64	159	64	32	319
<b>Total (ha)</b>	<b>775</b>	<b>627</b>	<b>541</b>	<b>164</b>	<b>32</b>	<b>2,139</b>

El carbono estimado según Gómez y otros (2000), se muestra en la Tabla 24.

**Tabla 24 Carbono y Biomasa Estimada para los Diferentes Sistemas de Manejo de Sombra en El Salvador, Según Gómez (2000).**

**Año 2005**

<b>Tipo de sombra</b>	<b>Carbono (tm/ha)</b>	<b>Biomasa (tm/ha)*</b>
Rústico	174	348
Tradicional	101	202
Moderno	118	236
Comercial	76	152
Sin sombra **	10	20

\* Se aplicó una relación de carbono del 50% de la biomasa, según el IPCC.

\*\* El estudio de Gómez no estimó la biomasa al café sin sombra. Se utilizó el valor por defecto del IPCC para uso agrícola, estimado para café en 20 toneladas.

### **2.5.2.3 BIOMASA QUEMADA EN EL SITIO**

La biomasa que queda después de la conversión se estimó en 10 toneladas, como valor por defecto, según el IPCC (1997). Para el caso del café, se consideró que la mayor parte de estos cafetales se han eliminado para ser urbanizados, por lo tanto el valor de biomasa después de la conversión es cero.

La proporción de biomasa que es quemada en el sitio fue calculada por diferencia de la madera que se considera ha sido aprovechada, aunque fuera de manera ilegal, la leña y la biomasa que no es quemada y queda en descomposición. Se estima que la madera aprovechada corresponde a un 5% del total de biomasa y la leña se estima en un 50%. Igualmente se supone que un 5% de la biomasa es dejada en descomposición.

La fracción de biomasa oxidada in situ se consideró por defecto en 0.9, según el IPCC. La fracción de carbono de la biomasa aérea también se definió por defecto en 0.5 (50% de carbono), según el IPCC (1997).

La pérdida total de biomasa después de la conversión en el año 2005 se estimó en 1,322,908 toneladas, es decir 1,322.9 kt ms. Sin embargo, de ella la biomasa que es quemada in situ se estimó en 529,163 toneladas, de la cual la biomasa que es oxidada in situ es de 476,247 toneladas, equivalente a 238,123 toneladas de carbono.

### **2.5.2.4 BIOMASA QUEMADA FUERA DEL BOSQUE**

Para determinar la fracción de biomasa quemada fuera del bosque, fue necesario estimar cuanta de la madera realmente se utiliza o es fijada en productos, de modo que se establezca el desperdicio. En este caso se estimó que el desperdicio es de un 45%, según la experiencia de rendimiento de aserrío en Costa Rica. La fracción de biomasa oxidada fuera del bosque se estableció por defecto en 0.9, según el IPCC (1997).

La biomasa quemada fuera del bosque se estimó en 691,219 toneladas, de la cual la biomasa que es oxidada fuera del bosque fue de 622,097 toneladas, equivalente a 311,049 toneladas de carbono. El total de carbono que es liberado, in situ y fuera del bosque se estimó en 549,172 toneladas.

### **2.5.2.5 CARBONO LIBERADO POR LA DESCOMPOSICIÓN DE BIOMASA**

Para el año 2005 se estimó una deforestación porcentual. Sin embargo, para el cálculo del dióxido de carbono liberado por la descomposición de la biomasa aérea se requiere el promedio de los últimos 10 años; por ello se tomó el valor consignado en el estudio de FRA – FAO, que la estima en 5,200 hectáreas anuales, distribuidas por tipo de bosque. En el caso del café se utilizó el valor de 2,462 hectáreas como área perdida promedio anual, según el estudio de RFF.

El carbono liberado de la biomasa aérea en descomposición se estimó en 32,477 toneladas, es decir, 32.5 kt C. La Tabla 25 muestra en resumen los valores totales de las emisiones atribuidas a la conversión de bosques.

**Tabla 25 Valores Totales de Emisiones de Carbono y CO<sub>2</sub> Procedentes de la Conversión de Bosques, Año 2005**

Total de Carbono Liberado in situ y Fuera del Bosque (kt)	Emisión de Carbono por descomposición (kt)	Total de Carbono Liberado (kt)	Total CO <sub>2</sub> (Gg)
549.172	32.477	581.649	2,132.712

### 2.5.2.6 QUEMA IN SITU DE BOSQUES. EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO<sub>2</sub>

El cálculo de las emisiones de gases distintos de CO<sub>2</sub> se hace indirectamente a partir de los valores proporcionados por defecto por el IPCC (1997). Los resultados se pueden observar en la Tabla 26.

**Tabla 26 Emisiones de Gases Distintos del CO<sub>2</sub> Producto de la Quema In Situ de Bosques en El Salvador, en el año 2005**

Cantidad de Carbono Liberado (kt)	Relación Nitrógeno-Carbono	Total del Nitrógeno Liberado (kt)		Relaciones de Emisión de los Gases Distintos de CO <sub>2</sub>	Emisiones de Gases Distintos del CO <sub>2</sub> (kt)	Relación de Conversión	Emisiones de la Quema de Bosques Talados (Gg)
238.123	0.01	2.381					
			CH <sub>4</sub>	0.012	2.857	1.333	3.810
			CO	0.06	14.287	2.333	33.337
			N <sub>2</sub> O	0.007	0.017	1.571	0.026
			NOx	0.121	0.288	3.286	0.947

### 2.5.3 EL ABANDONO DE TIERRAS CULTIVADAS

En esta categoría se tratan las remociones netas de CO<sub>2</sub> en la acumulación de biomasa procedente del abandono de tierras cultivadas. Éstas incluyen las tierras cultivadas, que son las tierras arables utilizadas para la producción de cosechas y los pastizales que son las tierras usadas para el pastoreo de animales. Se calcula a partir de información sobre las tierras que están en regeneración natural, haciendo una diferencia entre tierras que han sido dejadas en abandono recientemente (20 años o menos) de las que ya constituyen bosques secundarios mayores a los 20 años. Además se debe contar con datos sobre crecimiento o incremento anual de biomasa por tipo de bosque.

Tal como fue analizado en el INGEI 2000, el mapa que aporta la mejor información sobre tierras cultivadas en abandono es el CORINE Land Cover, por lo que el análisis se hará basado en el área estimada de 89,581 hectáreas. Dada la falta de información sobre bosques secundarios con edad superior a los 20 años, solamente se consideraron abandonos de tierras cultivadas con edad de 20 años o menos.

#### 2.5.3.1 CARBONO REMOVIDO

Con respecto a la tasa de fijación por tipo de bosque, se consideró la propuesta hipotética de Alpízar, (2008) para determinar biomasa fijada por zona de vida para Costa Rica, a partir de la estimación de años de crecimiento de un bosque secundario para alcanzar su estado clímax. La Tabla 27 muestra la tasa de fijación por tipo de bosque.

**Tabla 27 Biomasa Sobre el Suelo por Tipo de Bosque Según Zonas de Vida y Tasa de Fijación Anual de Biomasa Aplicados a El Salvador, (Alpizar, 2008)**

Tipo de Bosque	Biomasa (tm/ha)	Años de Crecimiento al Clímax	Biomasa Fijada (tm/ha/año)
Bosque Seco Tropical	143	150	0.95
Bosque Húmedo Tropical	241	90	2.68
Bosque Húmedo Subtropical	124	150	0.83
Bosque Muy Húmedo Subtropical	249	105	2.37
Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical	119	210	0.57
Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical	498	150	3.32
Bosque Muy Húmedo Montano Subtropical	309	240	1.29

El carbono removido por el abandono de tierras cultivadas se muestra en la Tabla 28. Como no se incluyeron bosques secundarios con más de veinte años, el total de absorción de carbono por el abandono de tierras es el mismo de la Tabla 27, estimado en 47.367 kt de Carbono, equivalentes a 173.677 Gg de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 28 Carbono Removido por el Abandono de Tierras Cultivadas en El Salvador, Año 2005**

Tipo de Bosque	Superficie Total Abandonada y en Etapa de Regeneración en los Últimos 20 años (kha)	Tasa Anual de Crecimiento de la Biomasa Aérea (tms/ha)	Crecimiento Anual de la Biomasa Aérea (ktms)	Fracción de Carbono de la Biomasa	Absorción Anual de Carbono en la Biomasa (kt C)
Bosque seco Tropical	25.807	0.95	24.594	0.5	12.297
Bosque húmedo Tropical	8.170	2.68	21.893	0.5	10.947
Bosque húmedo Subtropical	54.060	0.83	44.658	0.5	22.329
Bosque muy húmedo Subtropical	1.500	2.37	3.560	0.5	1.780
Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical	0.043	0.57	0.025	0.5	0.012
Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical	0.001	3.32	0.003	0.5	0.002
Bosque muy húmedo Montano Subtropical	0	1.29	0	0.5	0
<b>Total</b>	<b>89.581</b>		<b>94.733</b>		<b>47.367</b>

## 2.5.4 EMISIÓN O ABSORCIÓN DE CO<sub>2</sub> EN LOS SUELOS DEBIDO AL MANEJO Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA.

Los suelos también experimentan pérdida de carbono después de la conversión, sobre todo cuando la tierra se cultiva. La conversión de praderas en tierras de labranza también da origen a emisiones de CO<sub>2</sub>, principalmente de los suelos.

Para El Salvador no hay datos sobre emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de los suelos minerales, por lo tanto no se incluyen en este inventario del año 2005.

Toda la información, criterios de los expertos consultados, áreas de cobertura forestal estimadas a partir de los análisis de mapas, etc. han servido de insumo para elaborar, utilizando las hojas de cálculo correspondientes al módulo 5 del software proporcionado por el IPCC las emisiones de GEI atribuidas al sector Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura, los resultados se presentan en el Anexo 4.

## 2.6 SECTOR DESECHOS

De acuerdo al IPCC (1997), en este sector deben reportarse las emisiones de GEI provenientes de:

- la disposición de residuos sólidos en tierra,
- el tratamiento de aguas residuales,
- la incineración de residuos y
- cualquier otra actividad relacionada con el manejo de desechos.

Para el caso de El Salvador, en este sector se contabilizan las emisiones de metano provenientes de las actividades de disposición de residuos sólidos y del tratamiento de aguas residuales (domésticas e industriales). Asimismo se reportan las emisiones de óxido nitroso procedentes de la disposición de excrementos humanos. No se incluyen las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la incineración de residuos debido a que no se han encontrado indicios de que esta actividad se realice de forma significativa<sup>6</sup> en el país.

### 2.6.1 DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN TIERRA

Dentro de esta categoría de fuente se consideran dos subcategorías:

- la disposición de residuos en vertederos no controlados y
- la disposición de residuos en vertederos controlados.

El concepto de un vertedero controlado básicamente coincide con el de un relleno sanitario. Es decir, se considera un vertedero controlado aquel que cuenta con: áreas específicas para depositar los residuos, cierto nivel de control de la recolección de basuras y control de los incendios; y que utiliza al menos material de cobertura, compactado mecánico o nivelación de los desperdicios.

Por otro lado, los vertederos no controlados son botaderos a cielo abierto, que no cuentan con las medidas mencionadas y se subdividen, de acuerdo a su profundidad, en poco profundos (menores de 5m) y profundos (5m o más). La importancia de esta distinción radica en que la emisión de metano se correlaciona con la profundidad de los desechos: a mayor profundidad, se espera mayor producción de metano.

Debido a que no se cuenta con las condiciones ni datos suficientes para aplicar una metodología de mayor nivel, se utilizó el método por defecto (Nivel 1) propuesto por el IPCC (1997; 2000). Este método también fue empleado en las estimaciones de esta categoría de fuente para el INGEI 1994.

Parte apreciable de la información utilizada para realizar las estimaciones para este INGEI del sector desechos del año 2005, está tomada del Segundo Censo de Desechos Sólidos (MARN, 2006). Otros datos importantes como: evidencia fotográfica y características de los sitios de disposición, pesaje de desechos, etc. se obtuvieron del Informe Operacional MIDES (MARN/JICA, 2005) que fue proporcionado por el MARN previa solicitud escrita. Como fuente de los valores de población se utilizaron los Censos de 1992 (DIGESTYC; 1996) y Censo de 2007 (DIGESTYC, 2009).

Para estimar las emisiones de metano se necesita la proporción de desechos que es dispuesta en los diferentes tipos de vertederos. Para encontrar esta proporción se procesó la información disponible en el Segundo Censo de Desechos Sólidos de 2006 y se clasificó cada uno de los 262 municipios de El Salvador en: municipio sin recolección o municipio que deposita sus desechos en alguna de las tres categorías de vertederos (controlado, no controlado profundo o controlado poco profundo).

---

<sup>6</sup> En el caso de la incineración de desechos hospitalarios, aunque algunos hospitales cuentan con incineradores, ninguno de ellos se encuentra en operación. Los hospitales públicos y privados envían sus residuos al relleno sanitario de Nejapa (Cruz, R., 2005, comp. pers)

En la subcategoría de fuente correspondiente a los vertederos controlados, se tomaron en cuenta los desechos depositados en los rellenos sanitarios en operación para ese año los cuales son (según MARN, 2006): MIDES, Atiquizaya, San Francisco Menéndez, Suchitoto, CAPSA Cuisnahuat, Corinto y Perquín.

En general, utilizar datos directos de pesaje permite esperar una mejor calidad en la estimación de las emisiones de gases en comparación con las obtenidas con el método per cápita. Sin embargo, únicamente en el caso de MIDES pudo obtenerse un dato confiable de pesaje de desechos depositados en el año 2005. Este dato fue tomado del Informe Operacional de MIDES (MARN/JICA, 2005).

Para calcular la cantidad de desechos depositados en los restantes vertederos controlados, se utilizó el método per cápita ya que no se tuvo acceso a datos confiables de pesaje de sus desechos. Para implementar el método, se utilizaron datos de las producciones per cápita de desechos y la población urbana a nivel municipal. Para obtener a población urbana por municipio se utilizaron las proyecciones oficiales de población a nivel municipal disponibles a la fecha, las cuales están basadas en el Censo de Población de 1992 (DIGESTYC, 1996) y, se utilizó el porcentaje de población urbana del Censo Nacional de Población del año 2007 (DIGESTYC, 2009). Es importante hacer notar que las proyecciones de población utilizadas introducen un error en las estimaciones ya que sobreestiman el valor real de población para el año 2005.<sup>7</sup>

En la subcategoría vertederos no controlados, se distinguen dos tipos de vertederos: los vertederos profundos y los vertederos poco profundos. La importancia de esta diferenciación radica en que la emisión de metano se correlaciona con la profundidad de los vertederos: a mayor profundidad se espera mayor producción de dicho gas.

La estimación de las cantidades de desechos depositadas en vertederos no controlados se realizó siguiendo el método per cápita ya descrito para el caso de los vertederos controlados.

Para el caso de los vertederos poco profundos, se tomaron en cuenta algunos botaderos a cielo abierto que reciben desechos sólidos provenientes de municipios muy grandes o de varios municipios (ej. Santa Ana, Ahuachapán, etc.), bajo el supuesto que por la cantidad de residuos sólidos que reciben, las características topográficas del terreno (por ej. barrancos) y/o el tiempo de operación hasta el año 2005, alcanzan una profundidad mayor de 5m. En algunos casos se contó también con evidencia fotográfica presentada en MARN (2006) que permitió verificar dicho supuesto. Se asumió que los desechos sólidos recolectados en los municipios restantes son dispuestos en vertederos no controlados poco profundos.

En cuanto a los factores de emisión, estos se calcularon utilizando los factores de corrección por metano (FCM) obtenidos según el IPCC (1996) y la capacidad máxima de producción de metano (Bo) por defecto (IPCC, 1996). Además, se asume que todo el metano generado es liberado a la atmósfera y que no hay oxidación. Para el año 2005, no se tenía ninguna práctica de recuperación de metano en ningún tipo de vertedero.

En cuanto a la fracción de COD en los residuos sólidos, ésta fue calculada a partir de datos de composición incluidos en el Estudio Sobre el Manejo Regional de los Residuos Sólidos para el AMSS (JICA-MARN-OPAMSS, 2000); se encontraron valores muy similares a los utilizados en el INGEI del año 2000, por ello se decidió utilizar el mismo factor promedio (0.17) para los cálculos de este INGEI del 2005.

---

<sup>7</sup> Aunque las proyecciones a nivel departamental basadas en el Censo de 2007 ya son oficiales, no se tienen estimados para años anteriores a nivel municipal. Esto sería un trabajo que requiere la participación de consultores especializados (DIGESTYC). Sería necesario evaluar si el costo de esta información sería justificable en términos de producir una mejora sustancial en la calidad de las estimaciones.

Debido a la falta de datos propios del país, se tomaron valores por defecto para la fracción de COD que se degrada y la fracción del carbono que se degrada a metano.

## **2.6.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Esta categoría de fuente incluye las subcategorías:

- Tratamiento de aguas residuales domésticas
- Tratamiento de aguas residuales industriales

De acuerdo a IPCC (1997), en la subcategoría de fuente correspondiente a las aguas residuales doméstica y comerciales, se estimaron emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O mientras que para el tratamiento de aguas residuales industriales, sólo se calcularon las emisiones de CH<sub>4</sub>.

### **2.6.2.1 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y COMERCIALES**

Para la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes del tratamiento de las aguas residuales domésticas, se utilizó la metodología por defecto propuesta por el IPCC (IPCC, 1997). Se tomaron en cuenta únicamente las aguas residuales domésticas urbanas descargadas al alcantarillado sanitario. Por ello, se utilizó el dato de servicios conectados de alcantarillado urbano para el año 2005 publicado por Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) (2007), el cual fue transformado a dato de población atendida, utilizando un factor de 5 personas por servicio conectado<sup>8</sup>.

Para el cálculo de las emisiones se utilizó la proporción de aguas vertidas directamente a ríos y la proporción de aguas tratadas aeróbica y anaeróbicamente. Estas proporciones fueron obtenidas procesando la información contenida en el estudio: “Análisis del Marco Técnico y Jurídico de las Aguas Residuales” (MARN, 2008) tomando en cuenta el tipo de tratamiento utilizado y el 50% de la población de diseño de cada planta como población servida. Para los FCM se tomó, en el caso de la disposición de ríos, el valor calculado por el grupo consultor para el INGEI de 1994; para sistemas de tratamiento anaeróbico se toma el valor por defecto del IPCC (2008) que es 0.8 y para los sistemas de tratamiento anaerobio un FCM de cero (0.0). El contenido orgánico degradable y capacidad máxima de producción de metano utilizados fueron los valores por defecto propuestos por el IPCC (1997).

No se contabilizan por separado las emisiones provenientes del tratamiento de lodos debido a que la información disponible para las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas administradas por ANDA, que iniciaron operación antes del año 2000, hace referencia al tipo de tratamiento aplicado a las aguas residuales pero no indica las prácticas relacionadas con el manejo y/o tratamiento de los lodos generados (Ruiz, C., 2009, com. pers.). Según MARN (2008), el 79% de 94 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas inventariadas para ese año, no cuentan con ninguna información al respecto. Tomando en cuenta que además se desconoce el estado de funcionamiento de las plantas de tratamiento para el año 2000 y que la población atendida por dichas plantas es pequeña, puede inferirse que las estimaciones de GEI para esta subcategoría de fuente no se ven afectadas de forma significativa al no incluir la contribución del tratamiento de lodos.

Para la estimación de las emisiones indirectas de óxido nitroso procedentes del excremento humano, se utilizó la metodología por defecto propuesta por el IPCC (IPCC, 1997) en la cual se asume que las emisiones de este gas asociadas al tratamiento de aguas residuales domésticas, disposición en tierra y otras fuentes son despreciables y que todo el nitrógeno es dispuesto directamente en los ambientes acuáticos.

---

<sup>8</sup> Este factor coincide con el factor utilizado por esta institución para presentar sus reportes (ANDA, 2004)

Para estimar la cantidad de nitrógeno dispuesto se utilizó un consumo anual per cápita de proteína basado en los datos utilizados por FAO (2002); y una población igual a la población total para el año 2000 (incluida población urbana y rural) estimada por DIGESTYC (2009).

### **2.6.2.2 TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y LODOS INDUSTRIALES**

En IPCC (2000) se sugiere que se aplique una variación del método de arriba hacia abajo de las Directrices del IPCC (1997), por lo que en la elaboración de este inventario al aplicar el diagrama de decisión propuesto por el IPCC se identificaron las cinco industrias cuyos efluentes poseen el mayor potencial de emisión de metano: beneficiado de café, rastros, producción de azúcar, alcohol y lácteos.

El contenido orgánico degradable de los efluentes generados por estas industrias, se determinó a partir del producto de tres factores: volumen de producción de cada industria, cantidad de efluentes producidos por tonelada de producto y contenido orgánico degradable de dichos efluentes. Los volúmenes de producción fueron obtenidos del Consejo Salvadoreño del Café (CSC), la Asociación Azucarera, Destilería Salvadoreña, MAG y de la DIGESTYC. Mientras que los datos utilizados para la cantidad de efluentes producidos por tonelada de producto y el componente orgánico degradable de los efluentes, se tomaron de investigaciones realizadas por la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” sobre la contaminación ambiental proveniente de la industria de proceso (De la Cruz, J. et al., 1998; Colindres et al., 2000), de valores por defecto propuestos por el IPCC (1997) y de valores utilizados en el INGEI de 1994 (MARN, 2000).

Para la determinación de los factores de emisión, se tomaron los valores por defecto propuestos por el IPCC para la capacidad máxima de producción de metano y para los FCM (IPCC, 1997). Para la fracción de efluentes tratados, debido a que no se cuenta con una fuente de datos confiable, se utilizó la fracción utilizada en la realización del INGEI de 1994<sup>9</sup>.

Es importante mencionar que en esta sección se toman en cuenta únicamente las aguas residuales que son tratadas in situ no las que son descargadas al alcantarillado sanitario. En IPCC (2000) se establece que, en caso de poder estimar la fracción de los efluentes industriales descargada en el alcantarillado sanitario, esta fracción debe sumarse al volumen de aguas residuales domésticas y comerciales y contabilizarse en esta subcategoría. En El Salvador, se prevé que parte de esta información esté incluida en los EIA (Estudios de Impacto Ambiental) y DA (Diagnósticos Ambientales); no obstante, a la fecha, no se cuenta con información concreta y sistematizada que permita el cálculo de dicha fracción.

Asimismo, debido a la escasez de datos disponibles, no se contabilizaron por separado las emisiones provenientes del tratamiento de lodos. Al respecto, es importante recalcar que se espera que esto no impacte significativamente las estimaciones de esta subcategoría de fuente, ya que, por ejemplo, en los casos documentados en MARN (2008), para el caso de las industrias que por la naturaleza del tratamiento de sus efluentes generan cantidades considerables de lodos, estos son deshidratados para su posterior disposición final en relleno sanitario, lo cual implica que sus emisiones deberían estar consideradas en la subcategoría de fuente correspondiente a la disposición de residuos en vertederos controlados. En otros casos reportados por MARN (2008), los efluentes son tratados en lagunas de estabilización y los lodos no son extraídos regularmente, es más, se reportan períodos para el dragado de los lodos de hasta 30 años.

Lo anterior resume la metodología, fuentes de información y criterios utilizados para elaborar el inventario de GEI del sector desechos; se utilizó para el cálculo de las emisiones de los diferentes gases, las hojas de

---

<sup>9</sup> Esta fracción es mayor que la propuesta por defecto (0.2) para América Latina y el Caribe en las Directrices del IPCC de 1996, en el Libro de Trabajo, p. 6.21. Se decidió utilizar dicha fracción pues en el año 1994 se determinó a partir de dictámenes de expertos y con base en información del país y además, esto permite poder efectuar la comparación con los datos del INGEI 1994.



cálculo correspondientes al módulo 6 del software proporcionado por el IPCC. Esta información se presenta en el Anexo 5.

### 3. LIMITACIONES Y BARRERAS PARA EL DESARROLLO DEL INGEI 2005

En el desarrollo de este INGEI 2005 se han encontrado las siguientes limitantes:

- Como denominador común a todos los sectores se encontró que es difícil acceder a información generada en el sector privado y en algunos casos, también, a la que genera el sector público, i.e.:
  - En el sector procesos industriales, para estimar la producción nacional de piedra caliza, se contactó a las principales empresas productoras, de las cuales sólo una (PRODMIN, S.A. de C.V.) reportó los datos de su producción mensual.
  - En el sector energía debido a la implementación de la reforma del sector eléctrico durante la década de los años noventa, CEL cesó la elaboración de balances energéticos nacionales en 1996, de manera que actualmente esta fuente de información no se prepara de forma sistemática. Aunque, el MINEC ha realizado una reconstrucción preliminar de los balances energéticos faltantes, la información generada es aún preliminar y no posee carácter oficial.
  - Las poblaciones de las especies de ovejas, cabras, caballos, mulas y asnos, se obtuvieron de la Dirección General de Sanidad Vegetal y Animal (DGSVA), del MAG; las cuales no son del conocimiento público, por lo que se requirió de una autorización Oficial del MAG. Para ello, se elaboró una solicitud por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), en la que se detalla claramente el uso que se hará de dicha información dentro del inventario correspondiente al sector agricultura.
- Existen limitantes legales en cuanto al alcance y tipo de información que las instituciones públicas pueden demandar de los agentes privados, de modo que la información, así como el grado de detalle y calidad de la misma, que las empresas proporcionan queda en muchos aspectos sujeta a la discrecionalidad de ellas.
- La captación de información está enfocada en los aspectos comerciales de regulación de precios, contratos, concesiones, o bien se realiza con finalidades registrales o tributarias y no necesariamente abarcan los datos que se requieren para la elaboración de los INGEI
- Los datos existentes se encuentran dispersos y no se cuenta con procedimientos preestablecidos para la recolección, procesamiento y difusión de datos y cifras ya que distintas instituciones o dependencias de una misma institución, regulan las diversas actividades que se consideran en los inventarios.
- Utilización de métodos, sistemas de recolección de información y medios de soporte informático no estandarizados, lo que obstaculiza el intercambio interinstitucional de la información generada.
- El nivel de agregación de la información es variable y las definiciones de los criterios de desagregación son ambiguos, lo que puede generar duplicación de datos y ubicaciones inadecuadas
- La información necesaria para el INGEI, en la mayoría de los sectores, no se genera periódicamente sino que muchas veces responde a las necesidades puntuales de cada institución o de un proyecto específico por lo que difícilmente tienen continuidad metodológica.
- Las instituciones que poseen planes para la actualización periódica de los datos no lo ejecutan en el marco de una coordinación interinstitucional de modo que, los datos se actualizan de forma independiente, para diferentes años y con frecuencias heterogéneas.
- La recolección de información no cuenta con mecanismos de control de calidad adecuados, que hayan podido ser detectados durante la realización del presente INGEI.
- En el sector UTCUTS sigue necesitándose información cartográfica referente a la cobertura forestal del país, comparable en el tiempo y que muestre los diferentes usos de la tierra. Poseer tal información permitiría estimar las áreas de los diferentes tipos de bosque y las tasas de deforestación con lo que sería posible estimar con menor incertidumbre las emisiones de GEI en dicho sector.

## 4. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Para mejorar y flexibilizar el acceso a la información se recomienda:

- Uniformizar el formato de recepción de datos y la incorporación de cifras que en la actualidad no se recogen.
- Crear o mejorar los arreglos institucionales e interinstitucionales a través de mecanismos sencillos y viables para obtener la información necesaria para la elaboración de todos los sectores agrupados en los INGEI.
- El establecimiento de arreglos con las entidades claves para la generación de información. Y además, construir vínculos con instituciones que cuenten con información adicional. Esto con la finalidad de realizar cruces de datos que garanticen una mejor representación de la realidad nacional.
- Los DA y EIA tienen la potencialidad para recolectar datos que sean insumos para la elaboración de los INGEI de El Salvador.
- La creación de una entidad que se convierta en el centro que recopile la información para la elaboración del INGEI, de esta forma se asegura la replicabilidad de las estimaciones y se aumenta la transparencia del proceso de estimación de emisiones para los inventarios.
- Fortalecer las oficinas de información geográfica y cartográfica que permitan elaborar la información requerida para la elaboración adecuada de los sectores UTCUTS y Agricultura.

Finalmente las conclusiones generales obtenidas a partir de la elaboración del presente INGEI son:

- Para mejorar la calidad de los INGEI mediante la implementación de métodos de niveles dos y tres es prioritaria la recolección completa de datos y disponer de ellos para varios años. Si esto no es posible, lo más adecuado será continuar realizando evaluaciones con los métodos de nivel uno considerando criterios cualitativos.
- En El Salvador, con el objetivo de generar información propia que pueda usarse en la implementación de métodos de estimación de emisiones de mayor nivel, se requiere un mayor impulso a la investigación destinándole la mayor cantidad posible de recursos.
- Para lograr el objetivo de comparabilidad, propuesto por el IPCC, en El Salvador se presenta la necesidad de contar con un sistema estandarizado para la recolección y procesamiento adecuado de datos; esta tarea se asignará al Sistema Nacional de Inventario de Gases de Efecto Invernadero (SINGEI) que está en desarrollo.
- La búsqueda de la exhaustividad es una tarea continua en la elaboración del INGEI, una forma de fortalecer esta capacidad es la realización periódica (de preferencia anual) de los inventarios de GEI.
- En el sector Procesos Industriales, la categoría de fuente más importante es la producción de cemento, por esto es que debe procurarse continuar con la utilización del método de nivel 2 implementado en los INGEI 2000 y 2005, mediante el establecimiento de mecanismos de transferencia de información entre el MARN y CESSA.
- Tanto los mecanismos de verificación propios de los enfoques de estimación de las emisiones de GEI, como el análisis histórico de los resultados, muestran que en conjunto se ha logrado generar inventarios de gases de efecto invernadero que reflejan, razonablemente, los flujos energéticos y las emisiones de gases de invernadero asociadas con ellos. Las discrepancias tendencias observadas son explicables y consistentes con el desarrollo del sistema energético nacional.
- Pese a lo anterior las deficiencias en la recolección sistemática de la información y más específicamente las asociadas con la desagregación de los consumos sectoriales de energía, deben ser abordadas en el futuro próximo, a fin de alcanzar una identificación más exhaustiva y precisa de la preeminencia de las principales categorías de fuente en el sector.
- La categoría de fuentes que concentra la mayor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector Procesos Industriales es la producción de cemento. Por ello, debe procurarse continuar con la utilización del

método de nivel 2, implementado en el INGEI del año 2000, a través del establecimiento de mecanismos de transferencia de información entre el MARN y CESSA.

- El hecho que los datos se encuentren dispersos y que no se cuenta con procedimientos establecidos para la recolección, manejo y difusión de los mismos, dificulta una estimación precisa de las emisiones de los GEI.
- Para mejorar la exhaustividad se propone investigar sobre el uso de fuentes de CaO diferentes del carbonato de calcio o caliza.
- Se propone la firma de una “Carta de Entendimiento” entre la UCC y la empresa productora de cemento (CESSA), de forma que se asegure la obtención de la información necesaria para implementar este método ó algún método de mayor nivel.
- En el caso de la producción de cal, se plantea la necesidad de ubicar un directorio de productores de cal y establecer contactos con las asociaciones relacionadas con la actividad para así poder obtener información directa de las fuentes generadoras y poder implementar un enfoque de abajo a arriba con mejores aproximaciones.
- Para mejorar la exactitud de las estimaciones para la producción de piedra caliza y piedra dolomita y evitar contabilización doble (ya sea con el sector Agricultura o con la categoría de Producción de Cemento), es necesario estudiar los usos que se les da a estas sustancias en el país. Para ello, se pueden establecer contactos con los productores y verificar los principales tipos de clientes que abastecen. Además es importante contar con un directorio de productores de caliza y establecer contactos con asociaciones del gremio para poder establecer estimados más precisos de la cantidad de caliza y dolomita producida y utilizada en el país.
- En el caso del Sector Desechos, la categoría de fuentes que concentra la mayor cantidad de emisiones de CH<sub>4</sub> (92% del total estimado) es la Disposición de Desechos Sólidos Municipales, en especial provenientes de la descomposición de desechos en sitios controlados (más del 67% de las emisiones de metano). Por esta razón, es importante ir recopilando la información necesaria para la implementación futura del método de nivel superior y mejorar la calidad de los estimados
- Se puede observar que la mayoría de los residuos sólidos son depositados en rellenos sanitarios, en especial en el relleno de MIDES, con más de 45% de todos los desechos de El Salvador, por lo que tomar directamente el dato de actividad proporcionado por el MARN disminuye la incertidumbre.
- Se observa que la proporción de las emisiones del sector desechos para las aguas residuales, tanto domésticas como industriales, tienen un porcentaje muy pequeño debido a que muy poco de las aguas es tratada en este país y la mayoría es vertida a los ríos, lagos o mares; por lo que se concluye que a pesar que no se tuvieron datos tan precisos acerca de ambos tipos de aguas tratadas, el error que esto podría conllevar no sería tan representativo a comparación de todo el sector.
- Una de las mejoras más importantes está en utilizar, una vez estén disponibles, proyecciones de población oficiales actualizadas en base a la información proporcionada por el Censo de Población de 2007.
- Asimismo, pueden obtenerse mejoras en las estimaciones al incluir en futuros censos de desechos sólidos parámetros que permitan determinar de forma más precisa las características de los vertederos en el país (prácticas de gestión, tipo de tecnología, etc.)
- Además de esto, es importante promover estudios relacionados con la caracterización de los desechos sólidos generados en las diferentes regiones.
- Para mejorar la exhaustividad es conveniente investigar acerca de los residuos industriales depositados en los rellenos sanitarios existentes. Para ello, es importante establecer contactos con los administradores de los rellenos para obtener datos sobre cantidades, composición y procedencia de los residuos allí depositados.
- Es importante crear mecanismos para la actualización de los inventarios de plantas de tratamiento existentes y hacer los arreglos institucionales para que la información de la operación de las plantas de tratamiento pueda ser sistematizada en el MARN.

- En el caso de las emisiones de N<sub>2</sub>O, es importante corregir las estimaciones en el futuro, utilizando cifras de población actualizadas en base a los resultados del Censo de Población del 2007.
- En un futuro, podrían identificarse a las empresas que posean plantas de tratamiento anaeróbico de sus vertidos tomando como base los DA y los informes operacionales recibidos por el MARN, de forma tal que pueda estimarse de forma más precisa la fracción de efluentes industriales que reciben tratamiento in situ.

## REFERENCIAS

- Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). 2004. Boletín Estadístico No. 26. Dirección Planificación. San Salvador. El Salvador.
- Alberto, D.M. y Elvir, J.A. 2008. Acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de *Pinus oocarpa* en Bosques Naturales en Honduras. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Honduras. 12 p.
- Alpizar, E. 2008. Carbono fijado en los bosques tropicales de Costa Rica. Propuesta hipotética. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. 6 p.
- Alpizar, E. 2010. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de la República de El Salvador para el año 2000. En el tema de Uso de la Tierra y Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS). Archivo electrónico en formato Word. Departamento de Ciencias y Energías Fluídicas. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. San Salvador, El Salvador.
- Alpizar, E. y Soto, X. 2006. Definición de bosque para la República de El Salvador. Para actividades forestales elegibles en el Mecanismo para un Desarrollo Limpio; Protocolo de Kyoto. CEDARENA. San José: Costa Rica. 55 p.
- Alpizar, E., Guardado, J. y Soto, X. 2003. Evaluación del potencial de mitigación del sector forestal en la República de El Salvador, ante el cambio climático, mediante prácticas de reforestación y forestación. FAO. San Salvador, El Salvador. 45 p.
- Banco Central de Reserva (BCR). Producción y consumo de cemento por mes desde el año 1990, en formato XLS (Excel) [http://www.bcr.gob.sv/estadisticas/series\\_estadisticas.html](http://www.bcr.gob.sv/estadisticas/series_estadisticas.html).
- Banco Central de Reserva de El Salvador, Revista Económica Trimestral, San Salvador, El Salvador.
- Blackman, A. Ávalos-Sartorio, B. Chow, J., Aguilar, F. 2006. Pérdida de bosque en las áreas del cultivo de café de sombra en El Salvador. *Resources for the Future*. 109 p.
- Carpio, I. 1992. Maderas de Costa Rica. 150 especies forestales. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 334 p.
- CATIE. Sin fecha. Teca (*Tectona grandis*). Especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Colección de Guías Silviculturales N°11. Turrialba, Costa Rica. Cuadro 5. 48 p.
- Censos Económicos de 2005, 2005, Tomo I, cuadro 17A, Pág. 51.
- Centro de Trámites de Exportación (CENTREX) información de exportaciones e importaciones <http://www.elsalvadortrade.com.sv/estadisticas/index.html>.
- Chaves, E. y Fonseca, W. 1991. Ciprés (*Cupressus lusitanica*). Especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Colección de Guías Silviculturales N°7. Turrialba, Costa Rica. Cuadro 8. 66 p.
- Colindres, E. et al. 2000. Diagnóstico de las tecnologías utilizadas para prevención y control de la contaminación por la industria de proceso en El Salvador. Trabajo de graduación preparado para obtener el grado de Ingeniero Químico. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. San Salvador, El Salvador.
- Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) (1995), El Balance Energético Nacional 1994, Gerencia de Planificación y Estudios, El Salvador.

- Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) (1997), Balance Energético Nacional 1996, Gerencia de Planificación y Estudios, El Salvador.
- Comunicación personal con Guerrero, L. (2008), experto en arroz del Centro Nacional de Tecnología Apropiada (CENTA),
- Comunicación personal con Herrera, L. (2005), experto en producción de cal de Cemento de El Salvador, S.A. (CESSA)
- Consejo Salvadoreño del Café (CSC). Producción total de café por cosecha. <http://www.consejocafe.org.sv/estadisticas.html>
- CORINE Land Cover. 2005.* Mapa digital sobre uso de la tierra en la República de El Salvador.
- COSTA RICA, MINAE. 1999. Estimación preliminar del carbono almacenado en los bosques de Costa Rica. Proyecto Estudios de Cambio Climático en Costa Rica, componente 3: Vulnerabilidad de los bosques ante el cambio climático. San José, Costa Rica: Instituto Meteorológico Nacional.
- Cruz, R. 2005. MSPAS (Ministerio de Salud y Asistencia Social), San Salvador, El Salvador, (comunicación personal).
- Cuéllar, N. 2001. La contaminación del agua en El Salvador: Desafíos y respuestas institucionales. PRISMA No. 43. San Salvador (En línea) Consultado mayo 2009. Disponible en [http://www.prisma2.org.sv/web/publicacion\\_detalle.php?id=203](http://www.prisma2.org.sv/web/publicacion_detalle.php?id=203), p. 4. Fuente original: OPS (Organización Panamericana de la Salud)/UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia). 2000. El Salvador. Evaluación global de los servicios de agua y saneamiento. Informe analítico. San Salvador, El Salvador.
- Current y Juárez, (1992), El Estado Presente y Futuro de la Producción y Consumo de Leña en El Salvador, Informe preparado para USAID, El Salvador.
- De la Cruz, J. et al. 1998. Prevención, disminución y tratamiento de desechos líquidos industriales en El Salvador. Trabajo de graduación preparado para obtener el grado de Ingeniero Químico. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. San Salvador, El Salvador.
- Dirección General de Estadística y Censos (1995), Quinto Censo Nacional de Población y Cuarto de Vivienda de 1992, Ministerio de Economía, San Salvador, El Salvador.
- Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC) Serie de Población (1995-2010) Proyecciones de población total, rural y urbana por sexo <http://www.digestyc.gob.sv/>
- Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC). 1996. Serie de proyecciones de población por municipio 1995-2010, p. 398-409.
- Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC). 2009. República de El Salvador. Estimaciones y Proyecciones de la población 1950-2050. (En línea). Consultado enero 2010. Disponible en <http://www.digestyc.gob.sv/BoletinIPC/El%20Salvador%20Estimaciones%20y%20proyecciones%20de%20poblacion%2015-07-09.pdf>
- Dirección General de Estadística y Censos, Encuesta de hogares de propósitos Múltiples, años 1997 a 2006, Ciudad Delgado, El Salvador, 2005.
- Dirección General de Estadística y Censos, Proyección de la Población de El Salvador, 1995-2025, Ciudad Delgado, El Salvador, 1996.
- Dirección General de Estadística y Censos, VI Censos Económicos, 1993, Tomos IV, Ciudad Delgado, El Salvador, 2005.

- Dirección General de Estadística y Censos, VI Censos económicos, 2005, tomos I y II, Ciudad Delgado, El Salvador, 2005.
- Dirección General de Estadísticas Agropecuarias (DGEA) / Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) Anuario de Estadísticas Agropecuarias Volumen 40, 2001 información correspondiente al período 1990/91-2000/2001.
- Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sin fecha. Estadísticas de plantaciones forestales.
- Fonseca, A., Cortés, J. Zamora, P. 2006. Monitoreo del manglar Gandoca, Costa Rica. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR). San José, Costa Rica. 10 p.
- Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), National GHG Inventories of Non-Annex I Parties from Latin America and the Caribbean: Preliminary Synthesis. Methodological Issues, Regional Workshop Latin America and the Caribbean Consultative Group of Experts on National Communications of Non-Annex I Parties, Working paper No. 8, Mexico City, 8-12 May 2000.*
- Fuentes W. 2008. Documento técnico sobre la determinación de la cobertura arbórea para El Salvador, utilizando imágenes de satélite ASTER. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 6 p.
- Gerencia de Electricidad (2000), Boletín de Estadísticas Eléctricas No. 1, 1999, SIGET, Nueva San Salvador, El Salvador.
- Gómez, O., Ventura, H., Hernández, M. Y Pérez, D. 2000. Medición de la capacidad de captura de carbono por los diferentes agroecosistemas cafetaleros de la región occidental de El Salvador. San Salvador, El Salvador: PROCAFÉ.
- Grupo Consultivo de Expertos sobre las comunicaciones nacionales de las Partes no incluidas en el anexo I de la Convención (GCE) (s.f.) Paquete de capacitación sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Manual de Inventarios. (En línea). Disponible en [http://unfccc.int/resource/cd\\_roms/na1/ghg\\_inventories/spanish/index.htm](http://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/ghg_inventories/spanish/index.htm)
- Guardado, J. 1998. Información forestal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Dirección Forestal y de Fauna. El Salvador: San Salvador. 25 p.
- Guerrero, L. (2008), Comunicación personal con L. Guerrero experto en arroz del Centro Nacional de Tecnología Apropiada (CENTA),
- Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, Costa Rica.
- Hudgell, D. Modelos para la predicción del crecimiento y rendimiento de: *Eucaliptus camaldulensis*, *Glicidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala* en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica. 50 p. Cuadro 4, índice sitio 14, densidad de árboles 1111.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1997), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reporting Instructions, Volume 1, J.T. Houghton et al., IPCC/Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)/ International Energy Agency (IEA), Bracknell, United Kingdom.*
- IPCC (1997), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook, Volume 2, J.T. Houghton et al., IPCC/OECD/IEA, Bracknell, United Kingdom.*
- IPCC (1997), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, Volume 3, J.T. Houghton et al., IPCC/OECD/IEA, Bracknell, United Kingdom.*



IPCC (2000), *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, Jim Penman et al., Institute for Global Environmental Strategies, Kanagawa, Japan.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 1996.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático).2000. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. (En línea) Consultado enero 2009. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/>

IPCC, *Greenhouse Gas Inventory Software for the Workbook Instruction Manual*, Lim, B., et al., UNEP, WHO, OECD, IEA, IPCC WGI Technical Support Unit, Hadley Center, Meteorological Office, London Road, Brecknell, United Kingdom.

IPCC, *Managing Uncertainty in National Greenhouse Gas Inventories, Meeting Report, IPCC/OECD/IEA Programme on National Greenhouse Gas Inventories, Paris, France, 13-15 October 1998*.

IPCC. 1996. Libro de trabajo para el inventario de gases de efecto invernadero. Volumen 2. Modulo 5: Cambio del uso de la Tierra y Silvicultura. PNUMA/OMM.

IPCC. 2005. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. IPCC. 628 p.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2000. Primera Comunicación Nacional República de El Salvador. (En línea) Consultado mayo 2009. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/natc/elsnc1.pdf>.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2001. Primer Censo Nacional de Manejo de Desechos Sólidos (En línea). San Salvador, El Salvador. Consultado enero 2009. Disponible en línea en [www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv)

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2001a. Primer Censo Nacional de Desechos Sólidos. Informes por Municipio.San Salvador, El Salvador.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2005. Informe operacional del año 2005 de MIDES-CINTEC. Cuadro 2. San Salvador, El Salvador.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2008. Informe final de la Consultoría “Análisis del marco técnico y jurídico de las aguas residuales (manejo, reuso de aguas, con caracterización y disposición de lodos; y propuesta de normas técnicas)”. San Salvador, El Salvador.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales,)/JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón). 2005. Análisis de los rellenos sanitarios existentes en El Salvador. San Salvador, El Salvador.

Martínez, H., E. 1990. *Camaldulensis (Eucaliptus camaldulensis)*. Especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Colección de Guías Silviculturales N°1. Turrialba, Costa Rica. Cuadro 9, índice de sitio 14, N=1111.

Mártir, Luis Mario, Andrade, Ricardo (2001), Información para elaboración del Balance Energético Nacional, Dirección de Hidrocarburos y Minas, Ministerio de Economía, San Salvador, El Salvador.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (DGSVA), 2003, Diagnóstico de los Recursos Zoogenéticos en El Salvador.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Noviembre 2006, Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2005-2006, volumen 46

- Ministerio de Economía de El Salvador. Información de importaciones y exportaciones en base al BCR <http://www.minec.gob.sv/default.asp?id=57&mnu=57>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (2000), Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático República El Salvador, Proyecto Comunicación Nacional de Cambio Climático PNUD/GEF/MARN/ELS/97/G32, MARN, El Salvador.
- OFI-CATIE. Pino Ocote.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) 2006. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005. Hacia la ordenación forestal sostenible, Estudio FAO: Montes Nº 147. Roma, Italia. 351 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2002. Perfiles Nutricionales por Países – El Salvador. (En línea) Consultado febrero 2009. Disponible en <http://www.bvsde.ops-oms.org/texcom/nutricion/els.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2006. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005. Hacia la ordenación forestal sostenible, Estudio FAO: Montes Nº 147. Roma, Italia. 351 p.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS) / Organización Mundial de la Salud (OMS). 2003. Evaluación regional de los servicios de manejos de residuos sólidos municipales, EVAL 2002 (En línea). Consultado febrero 2009. Disponible en <http://www.cepis.ops-oms.org/residuossolidos/evaluacion//países/elsalvador /index.html>
- PROCAFÉ. 2008. El Salvador, Tierra de café. Presentación en formato pdf. 17 láminas. <http://www.procafe.com.sv/>
- Project Concern International (PCI)/ Programa Ambiental Regional para Centroamérica (PROARCA)/ Red Regional de Agua y Saneamiento de Centroamérica (RRASCA). 2004. Inventario de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en El Salvador. San Salvador, El Salvador.*
- Proyecto NASA. Sin publicar. Información digital del mapa de cobertura forestal para el año 2000 para El Salvador. NASA.
- Ruiz, C. 2009. Plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario administradas por ANDA. ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados), Unidad de Gestión Ambiental, San Salvador, El Salvador. (Comunicación Personal)..
- Sánchez, I. A., et al, (1998), Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero El Salvador 1994, Reporte Final, Proyecto Comunicación Nacional de Cambio Climático PNUD/GEF/MARN/ELS/97/G32, Reporte Técnico, San Salvador, El Salvador.
- Sánchez, I. A., et al, (1999), Estudio de Opciones de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero en El Sistema Energético de El Salvador, Reporte Final, Proyecto Comunicación Nacional de Cambio Climático PNUD/GEF/MARN/ELS/97/G32, San Salvador, El Salvador.
- Schneider, H. 2006 Caracterización del consumo de leña en el sector residencial de El Salvador. Departamento de Ciencias y Energías Fluídicas. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. San Salvador, El Salvador. 59 p.
- Schneider, H. 2010. Estimación consumo leña def. Archivo electrónico en formato Excel. Departamento de Ciencias y Energías Fluídicas. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. San Salvador, El Salvador.

- Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) Sistema de Estadísticas de Comercio de Centroamérica (SEC) Datos por producto, por país y por año. <http://www.sieca.org.gt/>
- Servicio de Administración Forestal. 2000. Guía Técnica para la reforestación en Panamá. ANAM. Panamá, Panamá. 81 p.
- Tosi, J. y Hartshorn, G. 1978. Mapa Ecológico de la República de El Salvador, basado en zonas de vida.
- Ugalde. L. Resultado de 10 años de investigación silvicultural del Proyecto Madeleña en El Salvador. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Cuadro 2. Promedio de crecimiento medio para Flor Amarilla. 1929 árboles. H=6.5 D= 8.53. 55,1 m<sup>3</sup>/ha, 4 años, 13,8 m<sup>3</sup>/ha/año. Cuadro 1. Promedio de crecimiento para Madrecacaco. 217 árboles. H=4,6 D= 7,06, 3,39 años, 7,75 m<sup>3</sup>/ha/año
- Ventura, N. E., Villacorta, R.F. Slood, P., Delgado, F.J., Vreugdenhil, D. Y Graham, D. 2000. Mapeo de la Vegetación Natural de los Ecosistemas Terrestres y Acuáticos de Centro América, Capítulo El Salvador. San Salvador, El Salvador: Banco Mundial, Gobierno de Holanda, CCAD y MARN. 52 p.