

***República Dominicana***

***Inventario Nacional de Emisiones y  
Absorciones de Gases de  
Efecto Invernadero  
Reporte para los Años 1998 y 2000***

**Módulo 1: Energía**  
(versión preliminar)

**Santo Domingo, 17 de Marzo de 2006**

# MODULO 1. ENERGIA

## 1.1. Introducción

En este módulo se aborda la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero directo e indirecto y  $\text{SO}_2$  procedentes de las actividades energéticas. Está subdividido en dos categorías principales, la quema de combustibles y las emisiones fugitivas. Estas dos se subdividen, además, en subcategorías tomando en cuenta otros criterios metodológicos. Además se calculan las emisiones procedentes tanto de las fuentes estacionarias como móviles.

Los gases más significativos, originados en los procesos de combustión, son el Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), los Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}$  y  $\text{NO}_2$  simbolizados conjuntamente como  $\text{NO}_x$ ) y el Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ). También se consideran las emisiones de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) –que se desglosan en los diferentes al Metano (COVDM) y en Metano ( $\text{CH}_4$ )–, de Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ) y de Oxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

Las emisiones fugitivas son liberaciones o escapes de gases, intencionales o no, desde las actividades antropogénicas. Proceden de la producción, procesamiento, transmisión, almacenamiento y uso de los combustibles e incluyen emisiones desde la combustión solamente en el caso donde esta no soporta una actividad productiva por ejemplo, la quema en antorchas del gas natural en instalaciones de producción de petróleo y gas. La emisión más significativa en esta categoría corresponde al Metano ( $\text{CH}_4$ ) aunque también se consideran las emisiones de Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) y Oxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

## 1.2. Quema de Combustibles

### 1.2.1. Emisiones de $\text{CO}_2$ Procedentes de las Fuentes de Combustión

Las emisiones de  $\text{CO}_2$  procedentes de las fuentes de combustión resultan de la expulsión del carbono en los combustibles durante la combustión. Estas emisiones dependen del contenido de carbono del combustible. Cuando los combustibles son quemados, la mayor parte del carbono es emitido inmediatamente como  $\text{CO}_2$  durante el proceso de combustión. Otra parte menor es liberada como  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  o hidrocarburos distintos al Metano los que se oxidan a  $\text{CO}_2$  en la atmósfera dentro de un período desde unos pocos días hasta cerca de 12 años.

#### *Elección del Método*

En las GBP (*IPCC, 2000*) se proporcionan tres métodos para efectuar esta estimación, dos métodos de Nivel 1 (el método de referencia y el método sectorial) y un método Nivel 2/Nivel 3 (un enfoque detallado basado en las tecnologías que se utilizan y que también se denomina “método abajo – arriba”). La elección del método está determinada por el nivel de detalle de los datos de actividad disponibles. El método abajo – arriba, es normalmente el más seguro, pero requiere un elevado volumen y nivel de detalle en los datos necesarios para efectuar los cálculos.

Para la elección del método a utilizar, se analizó el árbol de decisión indicado en la Fig. 2.1 de las GBP (*IPCC, 2000*). Este análisis verificó que se dispuso de datos limitados relativos a los consumos de combustibles a nivel general en el país durante los años 1998 y 2000. Tampoco se dispuso de información sobre los combustibles quemados a nivel de las plantas, por categorías de fuentes o para las grandes fuentes. Aunque esta categoría se considera como clave en el inventario, la información disponible no posibilitó aplicar el método de Nivel 2. Por este motivo, el cálculo de las emisiones fue realizado aplicando los métodos de Nivel 1, tanto de referencia como sectorial, aplicándoles las correcciones establecidas –depósitos internacionales, cambios de las reservas, carbono almacenado y oxidación para el primer método, y oxidación y carbono almacenado para el segundo.

## *Elección de los Factores de Emisión*

Con relación a la elección de los factores de emisión para el CO<sub>2</sub>, hay que decir que en la quema de combustibles fósiles, estos dependen del contenido de carbono de los combustibles que es una propiedad química inherente a los mismos y no dependen de los procesos o condiciones de la combustión. El contenido energético (valor calórico) de los combustibles, es también una propiedad inherente a estos sin embargo, varía más entre y dentro de los tipos de combustibles.

En estos reportes del inventario, se utilizan los factores de emisión por defecto de las GR (*IPCC-OECD-IEA, 1997*) así como los Valores Calóricos Netos (VCNs) que se utilizaron en las estadísticas energéticas del país para los años de referencia. Se utilizan como datos de actividad las estadísticas sobre los balances de energía disponibles en el país, que es el dato que se recomienda como una *buena práctica* y que han sido reportados por la Comisión Nacional de Energía<sup>1</sup>. Ese reporte es una síntesis de los resultados del Balance de Energía Útil (BEU) 2001 y de los Balances Simplificados (BES) para los años 1998, 1999 y 2000.

### **1.2.1.1. Método de Referencia**

En este método, se aborda el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> a partir del contenido de carbono de los combustibles suministrados de forma total al país. En la contabilización de los combustibles suministrados a la economía, se diferencian los combustibles primarios –que son aquellos que se encuentran en estado natural como por ejemplo, el carbón, el petróleo crudo y el gas natural– y los combustibles secundarios o productos combustibles como son la gasolina y los lubricantes que se derivan de los combustibles primarios. La contabilización del carbono se basa principalmente en el suministro de combustibles primarios y en las cantidades netas de combustibles secundarios producidos en el país. El Consumo Aparente es la base para la estimación del suministro de carbono en el país y para su cálculo se procede de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{Consumo Aparente} = & \text{Producción} + \text{Importaciones} - \text{Exportaciones} \\ & - \text{Depósitos Internacionales} - \text{Cambios en las existencias} \end{aligned} \quad (1.1)$$

a) Para el caso de los combustibles primarios se suman la producción más las importaciones y se restan las exportaciones, los cambios en las existencias y el combustible destinado al transporte marítimo y aéreo internacional (bunkers). Para los combustibles secundarios solo se tiene en cuenta las importaciones, menos las exportaciones, los depósitos internacionales y los cambios en las existencias.

b) En el cálculo se ignora la producción de combustibles secundarios ya que el carbono de esos combustibles está contabilizado en el suministro de los combustibles primarios de los que se derivan.

c) No todo el combustible que ingresa al país se quema para obtener energía calorífica. Una parte se utiliza como materia prima para la fabricación de productos como los plásticos o en actividades sin finalidad energética en que no ocurre oxidación de carbono. Este carbono recibe el nombre de “*carbono almacenado o secuestrado*” y se descuenta del cálculo de las emisiones de carbono. Para los años incluidos en este reporte, no pudieron precisarse con calidad todos esos consumos de combustibles para usos no energéticos.

d) Las emisiones procedentes del uso de los combustibles en el transporte marítimo y aéreo internacional se excluyen de los totales nacionales de emisiones. Estas emisiones se asignan a “depósitos internacionales”.

e) En este módulo se da por supuesto que el consumo de biomasa es igual al volumen que se regenera, por lo tanto, las emisiones netas de CO<sub>2</sub> se asumen igual a cero. Por este motivo, las emisiones de CO<sub>2</sub> por la quema de biomasa para energía se calculan sólo para información pero no se incluyen en las emisiones totales nacionales de CO<sub>2</sub>. Cualquier desviación de la hipótesis anterior se contabiliza en el módulo Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura.

El Consumo Aparente se convierte a una unidad común de energía (TJ) al multiplicarlo por el Valor Calórico Neto (VCN) de cada combustible. Los factores de conversión (TJ/10<sup>3</sup> t) están calculados sobre la base

---

<sup>1</sup> Fuente: CNE (Comisión Nacional de Energía) (2003): Informe Sobre Balances 2001. CNE Gerencia de Planificación e Instituto de Economía Energética, Fundación Bariloche, Santo Domingo, República Dominicana, 30 de Mayo de 2003, 305 pp.

de los valores calóricos que son utilizados en las estadísticas oficiales del país. Posteriormente el Consumo Aparente, en unidades de energía, es multiplicado por un “factor de emisión de carbono” para obtener el contenido de carbono.

A este contenido de carbono, se le resta el carbono almacenado para calcular las emisiones netas de carbono, las que se multiplican por la fracción de carbono oxidado para obtener las emisiones reales de carbono –ocurre oxidación incompleta debido a ineficiencias en los procesos de combustión lo que deja parte del carbono no quemado o parcialmente oxidado como hollín o ceniza. Las emisiones reales de carbono se multiplican por 44/12 para obtener el total de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) emitido durante la quema de combustibles.

En la Fig. 1.1 aparecen las emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) procedentes de la quema de combustibles fósiles para energía. Estas emisiones obtenidas por el método de referencia (enfoque arriba-abajo) corresponden totalmente a la quema de combustibles fósiles líquidos pues para esos años no se reportaron consumos de combustibles fósiles sólidos o gas natural. Estas emisiones importan un total de 16946,64 Gg para el año 1998 y 17648,18 Gg para el año 2000. En la figura se han adicionado, solamente con fines de información, las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de biomasa con fines energéticos, y también las emisiones de este gas de invernadero procedentes del transporte aéreo en vuelos internacionales. Esta última categoría no se incluye en el total de emisiones del país, mientras que las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de biomasa con fines energéticos no se incluyen en los totales de Módulo 1 Energía. Solamente se incluye como información, pues estas emisiones se abordan con mayor profundidad en el Módulo 5 correspondiente a Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura.

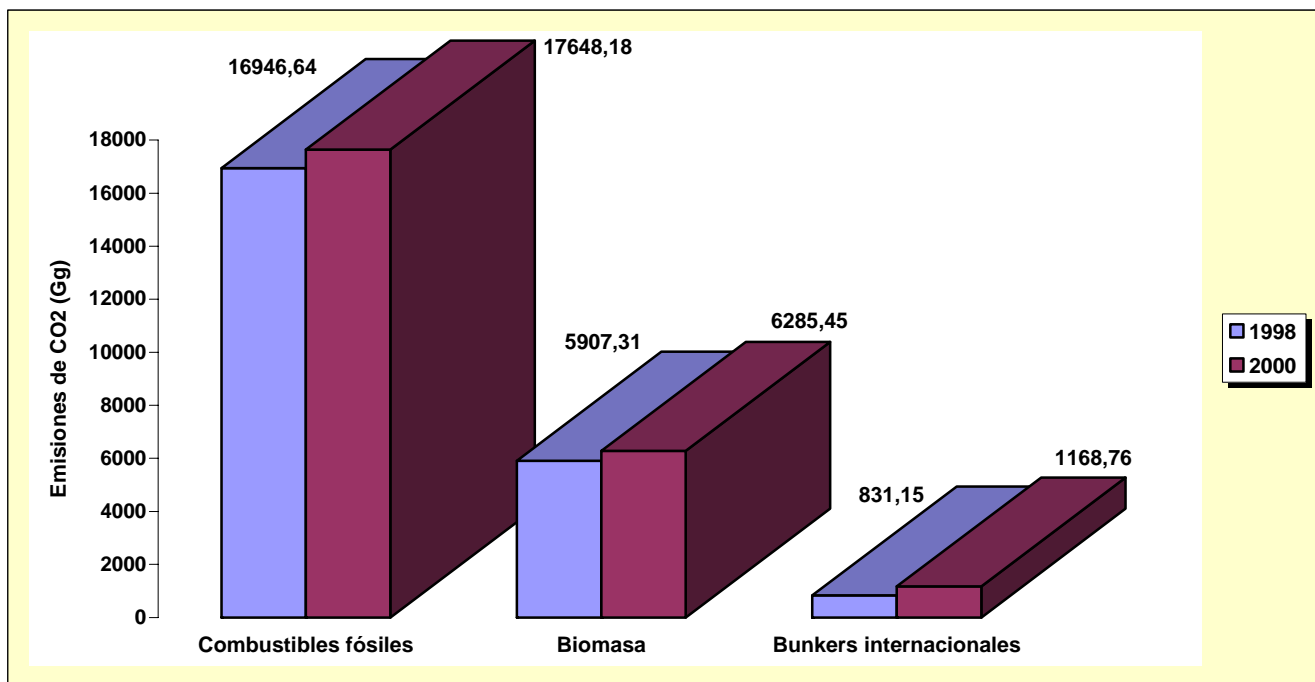


Figura 1.1. Emisiones de CO<sub>2</sub> por la quema de combustibles en el sector de la energía. Método de Referencia. República Dominicana, años 1998 y 2000.

Nota: Las emisiones de la biomasa y los bunkers internacionales no se incluyen en el total de emisiones del sector.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> por la quema de biomasa para producir energía (5907,31 Gg en 1998 y 6285,45 Gg en el año 2000) en buena medida proceden de la utilización de productos de la caña de azúcar y la leña y aportes menores del carbón vegetal y otras biomásas.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de las aeronaves en vuelos internacionales y reportadas en depósitos internacionales no se contabilizan en las emisiones totales del país. Estas emisiones, estimadas a partir del método de referencia, correspondieron a un total de 831,15 Gg de CO<sub>2</sub> en el año 1998 y 1168,76 Gg en el año 2000. De la información captada no resultó posible desagregar los consumos de combustibles en vuelos nacionales e internacionales. Por criterio de expertos se asumió que el 80% del turbocombustible reportado se

consumió en vuelos internacionales y el 20% restante en vuelos nacionales. Este aspecto introduce mayor incertidumbre al resultado obtenido.

En la información captada no resultó posible tampoco obtener los consumos de embarcaciones tanto en los viajes domésticos como internacionales. Estas emisiones se reportan como no estimadas en el inventario.

### ***1.2.1.2. Método Sectorial***

En este método se aborda el cálculo de las emisiones a partir del contenido de carbono de los combustibles suministrados a las principales actividades de combustión (categorías de fuente o subsectores). El procedimiento a seguir para los cálculos es en esencia similar, en contenido, al descrito en el epígrafe anterior para el Método de Referencia. Se calculan aquí las emisiones para los diferentes combustibles y para cada una de las principales categorías de fuente del IPCC. Se parte, para el cálculo, del consumo de cada combustible en las siguientes categorías de fuentes:

- Industrias de la Energía.
- Industrias Manufactureras y Construcción.
- Transporte.
- Depósitos (Bunkers) Internacionales (sólo para información).
- Sector Comercial/Institucional.
- Sector Residencial.
- Agricultura/Silvicultura/Pesca.
- Otras.

De la información captada no resultó posible desagregar los consumos de la Agricultura, Silvicultura y Pesca por lo que en la categoría ‘Otras’ aparecen los consumos que no se pudieron identificar con las otras categorías del IPCC. El dato de actividad del transporte, disponible para realizar los cálculos, no cubre todas las fuentes móviles entre estas la actividad ferroviaria y la actividad marítima. Por este motivo el estimado solamente se realiza para los vehículos automotores de carretera y la aviación.

En la Fig. 1.2 se muestra un resumen de las emisiones de CO<sub>2</sub> obtenidas por este método (sectorial o por categorías de fuentes) y que totalizan 15370,06 Gg en 1998 y 17596,74 Gg en el año 2000 (sin incluir en ambos resultados las emisiones de CO<sub>2</sub> procedente de la quema de biomasa con fines energéticos). Como se aprecia, para el año 1998 existe una diferencia (1576,58 Gg) entre los dos métodos (referencia y sectorial) en el estimado de las emisiones de CO<sub>2</sub> para el sector de la energía. Esta diferencia (9,3%) se considera ligeramente alta. Para el año 2000 sin embargo los resultados en ambos métodos son muy cercanos (0,5% de diferencia). Diferencias menores al 5% entre los dos métodos reflejan estimaciones en las emisiones que pueden considerarse buenas.

En la Tabla 1.1 aparece la contribución de las diferentes categorías de fuentes a las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de biomasa con fines energéticos. Estas emisiones resultaron 4841,49 Gg en el año 1998 y 5157,7 Gg en el año 2000. Como se aclaró anteriormente, estas emisiones se presentan solamente para información y no se incluyen en los totales de este módulo. Por otra parte, las emisiones de los buques internacionales resultaron 829,25 Gg CO<sub>2</sub> en 1998 y 1013,05 Gg CO<sub>2</sub> en el año 2000.

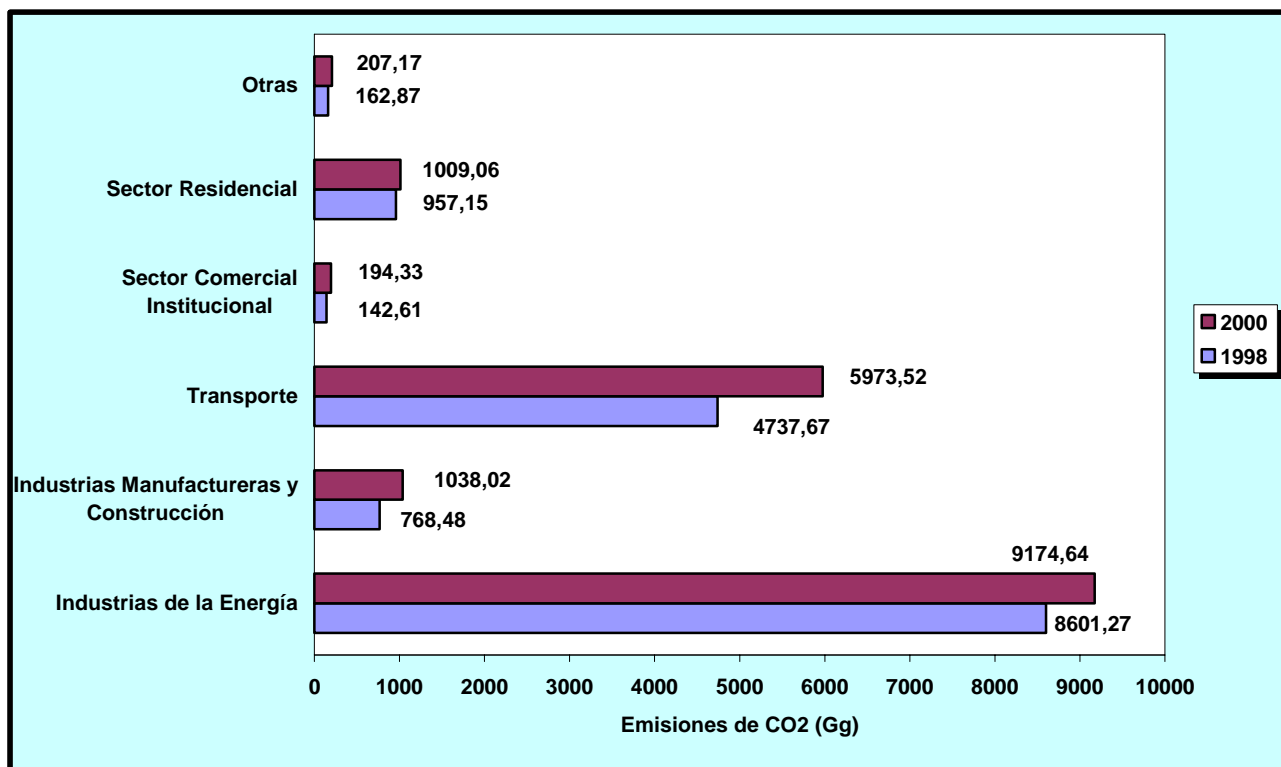


Figura 1.2. Emisiones de CO<sub>2</sub> por categorías de fuentes a partir de la quema de combustibles fósiles (Gg). República Dominicana, años 1998 y 2000.

Tabla 1.1. Aporte de cada categoría de fuente a las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de biomasa con fines energéticos (Gg). República Dominicana, años 1998 y 2000.

| Categoría                                | Años           |               |
|--|----------------|---------------|
|  | 1998           | 2000          |
| Industrias de la energía                 | 186,47         | 644,42        |
| Industrias manufactureras y construcción | 2201,23        | 2381,62       |
| Transporte                               | 0,0            | 0,0           |
| Sector comercial/institucional           | 8,75           | 8,75          |
| Sector residencial                       | 2445,04        | 2122,91       |
| Otras                                    | 0,0            | 0,0           |
| <b>Total</b>                             | <b>4841,49</b> | <b>5157,7</b> |

Nota: Estas emisiones de CO<sub>2</sub> de la quema de biomasa con fines energéticos no se incluyen en el total de las emisiones del Módulo Energía

### *Exhaustividad*

La información utilizada cubre prácticamente la totalidad de los consumos de combustibles vinculados a la energía en el país. No obstante en algunas categorías de fuentes no pudieron desagregarse adecuadamente los consumos especialmente en el sector Agricultura, Silvicultura y Pesca y para algunas subcategorías de las fuentes móviles (ferrocarriles, embarcaciones).

## ***Evaluación de Incertidumbre***

La incertidumbre general en los datos de actividad es una combinación tanto de errores sistemáticos como aleatorios. Dado que en la República Dominicana para los años que cubre este reporte se realizó una buena colección de datos relacionados con la energía, es probable que la incertidumbre general sea muy baja (factor de incertidumbre 1,05 e incertidumbre  $\pm 5\%$ ).

Para el caso del uso de la biomasa para generar energía en pequeñas fuentes, la incertidumbre podría elevarse hasta 10-30% de acuerdo a las GBP (*IPCC, 2000*). De acuerdo a criterios de expertos, en el inventario esa incertidumbre, se evaluó como media (factor de incertidumbre 1,25 e incertidumbre  $\pm 25\%$ ).

En las mediciones de los factores de emisión y los valores caloríficos netos, los errores pueden considerarse principalmente aleatorios. Para los combustibles comercializados, la incertidumbre es probable que sea muy pequeña  $\pm 5\%$  y menos. Para los combustibles no comerciales, la incertidumbre puede ser mayor y puede provenir mayormente de la variabilidad en la composición del combustible.

### **1.2.2. Emisiones de Gases Distintos del CO<sub>2</sub> Procedentes de las Fuentes de Combustión**

En las fuentes de combustión estacionaria y móvil, se producen emisiones de diferentes gases, además del CO<sub>2</sub>. Algunas de estas provienen de la combustión incompleta de los combustibles. Las GBP (*IPCC, 2000*), abordan solamente las emisiones de los GEI de efecto directo CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Por este motivo, en el inventario, para el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O, se siguen las recomendaciones de las GBP (*IPCC, 2000*), mientras que para el resto de los gases se siguen las GR (*IPCC-OECD-IEA, 1997*).

#### ***Elección del Método y los Factores de Emisión***

Del análisis del árbol de decisión correspondiente (Fig. 2.3 en las GBP: *IPCC, 2000*), se verificó que en el país no se dispone de mediciones directas de emisiones para los años que cubre el reporte. Tampoco se dispuso de datos de consumo de combustibles por tipos de tecnologías. Esta categoría no se considera clave en el inventario y por este motivo, las emisiones se calcularon con una desagregación sectorial y utilizando los factores de emisión por defecto de Nivel 1 propuestos en las GR (*IPCC-OECD-IEA, 1997*).

En el uso de la energía en la agricultura, es una *buena práctica* separar el combustible utilizado en los equipos estacionarios, del combustible utilizado en la maquinaria móvil. Esas dos categorías de fuentes, tienen diferentes factores de emisión. De la información captada no resultó posible realizar esta desagregación.

Para la estimación, los combustibles fueron agrupados en los siguientes tipos principales:

- Carbón.
- Gas natural.
- Petróleo (gasolina para el transporte, gas oil para el transporte, otros productos del petróleo).
- Biomasa (madera/desperdicios de madera, carbón vegetal, otras biomásas y residuos).

El consumo de combustibles se desglosó en las mismas actividades principales descritas en el epígrafe anterior –los depósitos internacionales no se incluyen en los totales:

- Industrias de la Energía.
- Industrias Manufactureras y Construcción.
- Transporte
- Sector Comercial/Institucional.
- Sector Residencial.
- Otras Fuentes

Se calculan también las emisiones de SO<sub>2</sub> sobre la base de hipótesis adicionales sobre el contenido de azufre de los combustibles. Estas emisiones guardan relación con la composición de los combustibles y no con

las tecnologías de combustión. El factor de emisión de SO<sub>2</sub> se estima de acuerdo a la siguiente expresión (SO<sub>2</sub> + SO<sub>3</sub> expresado como masa equivalente de SO<sub>2</sub>):

$$FE[kg / Tj] = 2 \times \left(\frac{s}{100}\right) \times \frac{1}{Q} \times 10^6 \times \left(\frac{100-r}{100}\right) \times \left(\frac{100-n}{100}\right) \quad (1.2)$$

Donde:

FE = Factor de emisión para el SO<sub>2</sub>.

2 = SO<sub>2</sub>/S [kg/kg].

s = Contenido de azufre en el combustible.

r = retención de azufre en la ceniza [%].

Q = Valor calorífico neto [Tj/kt].

10<sup>6</sup> = Factor de conversión.

n = Eficiencia de la tecnología de depuración y/o eficiencia de reducción [%].

Durante la combustión, parte del azufre es retenido en la ceniza, aunque para los combustibles líquidos y la biomasa su valor es mínimo y puede despreciarse.

En la Tabla 1.2 se ofrece un resumen de las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles por categorías de fuentes en los años 1998, y 2000 y 2002.

Tabla 1.2. Emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> por categorías de fuentes (Gg). República Dominicana, años 1998, y 2000.

| Categorías de fuentes                           | CH <sub>4</sub> |              | N <sub>2</sub> O |             | NO <sub>x</sub> |              | CO           |              | COVDM       |              | SO <sub>2</sub> |              |
|---|-----------------|--------------|------------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-----------------|--------------|
|   | 1998            | 2000         | 1998             | 2000        | 1998            | 2000         | 1998         | 2000         | 1998        | 2000         | 1998            | 2000         |
| <b>Industrias de la energía</b>                 | 0,40            | 0,71         | 0,08             | 0,12        | 23,12           | 25,58        | 3,65         | 13,15        | 0,67        | 1,18         | 34,28           | 86,41        |
| <b>Industrias manufactureras y construcción</b> | 0,71            | 0,77         | 0,10             | 0,11        | 4,36            | 5,28         | 91,37        | 98,88        | 1,19        | 1,30         | 6,62            | 9,97         |
| <b>Transporte</b>                               | 1,19            | 1,54         | 0,05             | 0,06        | 43,71           | 55,1         | 352,7        | 443,3        | 66,08       | 82,98        | 7,83            | 5,02         |
| <b>Sector comercial e institucional</b>         | 0,08            | 0,07         | 0,002            | 0,002       | 0,23            | 0,31         | 0,95         | 1,15         | 0,12        | 0,08         | 6,56            | 5,4          |
| <b>Sector residencial</b>                       | 15,03           | 13,16        | 0,2              | 0,18        | 6,58            | 6,03         | 258,3        | 226,7        | 29,0        | 25,27        |                 |              |
| <b>Otras</b>                                    | 0,02            | 0,03         | 0,001            | 0,002       | 0,23            | 0,3          | 0,05         | 0,06         | 0,12        | 0,01         | 0,24            | 1,12         |
| <b>Total</b>                                    | <b>17,42</b>    | <b>16,28</b> | <b>0,42</b>      | <b>0,46</b> | <b>78,23</b>    | <b>92,61</b> | <b>707,0</b> | <b>783,2</b> | <b>97,2</b> | <b>110,8</b> | <b>55,53</b>    | <b>107,9</b> |
| Bunkers marinos (1)                             | NE              | NE           | NE               | NE          | NE              | NE           | NE           | NE           | NE          | NE           | NE              | NE           |
| Bunkers aéreos (1)                              | 0,01            | 0,01         | 0,02             | 0,03        | 3,51            | 4,29         | 11,71        | 14,31        | 0,59        | 0,72         | NE              | NE           |
| <b>Total (1)</b>                                | <b>0,01</b>     | <b>0,01</b>  | <b>0,02</b>      | <b>0,03</b> | <b>3,51</b>     | <b>4,29</b>  | <b>11,71</b> | <b>14,31</b> | <b>0,59</b> | <b>0,72</b>  | NE              | NE           |

1-No se incluyen en los totales nacionales. No resultó posible por falta de información estimar las emisiones procedentes de las embarcaciones y se reportan como NE –No estimadas.

Como se observa en los datos presentados en la tabla anterior, a diferencia de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el SO<sub>2</sub> en las que predominan las emisiones de las Industrias de la Energía (también con altas emisiones de NO<sub>x</sub>), en los gases diferentes del CO<sub>2</sub> resaltan las emisiones en varios sectores de acuerdo al tipo de gas.

Por ejemplo, para el CH<sub>4</sub>, el CO y los COVDM son importantes las emisiones del Sector Residencial. Esas relativamente altas emisiones tienen como causa principal los altos niveles de quema de biomasa en ese sector y los altos factores de emisión que tiene ese proceso en el sector. Por otra parte, para el CO, los NO<sub>x</sub> y los COVDM predominan las emisiones procedentes del transporte.

## ***Exhaustividad***

La información utilizada cubre prácticamente el consumo de combustibles para energía a nivel nacional, desglosado en los sectores establecidos en las GR (*IPCC-OECD-IEA, 1997*). No obstante en algunas categorías de fuentes no pudieron desagregarse adecuadamente los consumos especialmente en el sector Agricultura, Silvicultura y Pesca y para algunas subcategorías de las fuentes móviles (ferrocarriles, embarcaciones).

## ***Evaluación de Incertidumbre***

En las GR (*IPCC-OECD-IEA, 1997*) no se proporcionan rangos de incertidumbre para las emisiones de gases diferentes del CO<sub>2</sub> procedentes de la combustión estacionaria. Es una *buena práctica* cuantificar las incertidumbres asociadas con los resultados del inventario, independientemente del nivel adoptado. En las Guías *EMEP/CORINAIR, (2001)* se proporcionan estimados de incertidumbre por defecto para los sectores señalados con anterioridad –excepto para agricultura/pesca/silvicultura– y que varían entre el 50 y el 150% para el CH<sub>4</sub> y un orden de magnitud para el N<sub>2</sub>O –para este último, un rango de incertidumbre desde una décima del valor medio hasta diez veces el valor medio. No obstante, es una *buena práctica* obtener estimados de esas incertidumbres a partir de los criterios de expertos nacionales. Este estimado es el siguiente: para los factores de emisión de CO y SO<sub>2</sub> incertidumbre baja (factor de incertidumbre 1,1 e incertidumbre ±10%), para los factores de emisión de NO<sub>x</sub> y COVDM incertidumbre media (factor de incertidumbre 1,25 e incertidumbre ±25%). Para el factor de emisión de CH<sub>4</sub> incertidumbre alta (factor de incertidumbre 1,5 e incertidumbre ±50%) y para el factor de emisión de N<sub>2</sub>O incertidumbre muy alta (factor de incertidumbre 2 e incertidumbre ±100%).

Por otra parte, los datos agregados relativos al consumo de combustibles, por tipos, fueron estimados con seguridad para los años que cubre el reporte. En este caso, las incertidumbres se consideraron muy bajas (factor de incertidumbre 1,05 e incertidumbre ±5%) para la mayoría de los sectores con la excepción de la quema de biomasa, en pequeñas fuentes, donde esta se incrementa hasta media (factor de incertidumbre 1,25 e incertidumbre ±25%).

## **1.3. Fuentes Móviles. Emisiones Detalladas por Categorías y Tipos de Fuentes Móviles**

NOTA: ESTA SECCION QUEDA PENDIENTE DE TERMINACION POR LIMITACIONES CON LA INFORMACION DISPONIBLE. SE PREPARARÁ EN DEPENDENCIA DE LA INFORMACION QUE PUEDA CAPTARSE

Por su importancia para las emisiones del Módulo Energía, en esta sección se analizan con mayor detalle las emisiones de Gases de Invernadero provenientes de las fuentes móviles. Las fuentes móviles constituidas por vehículos automotores de carretera, equipos ferroviarios, naves aéreas y marítimas, y equipos agrícolas y de construcción, son emisoras de una gran parte de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que actualmente afectan al medio ambiente. Estas emisiones están compuestas, fundamentalmente, por Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) y Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) como gases de efecto invernadero directo y por óxidos de nitrógenos (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos diferentes del Metano (NMVOC) como indirectos.

## ***Elección del Método***

Para la estimación de las emisiones de GEI procedentes de las fuentes móviles, se necesita valorar varios factores, los que, entre otros, pueden clasificarse tomando como base los tipos de fuentes móviles, características del combustible consumido, condiciones de operación, edad y tecnología de las flotas y características del servicio técnico empleado.

La consideración de los aspectos anteriores es una tarea compleja y, en la mayoría de los casos, de difícil precisión, por lo que las experiencias y resultados obtenidos en un país o región no son aplicables en otros; siendo necesaria la elaboración de metodologías de cálculo propias para cada área o región. No obstante debido a la necesidad de conocer, al menos de forma aproximada, el volumen de GEI que se emiten a la atmósfera y

debido a la carencia de metodologías específicas para cada lugar, en las GR (*IPCC-OECD-IEA, 1997*) y las GBP (*IPCC, 2000*) se incluyen metodologías reconocidas (básicamente de EE.UU. y Europa) para su uso en otras regiones que no las posean. En la estimación de las emisiones se utiliza la expresión conocida del método simplificado:

$$E = \sum FE_{abc} \times A_{abc} \quad (1.3)$$

Donde:

- E = Volumen de emisiones
- FE = Factores de emisión por tipo de fuentes, combustibles y tecnología de control de emisiones
- A = Cantidad de combustible consumida por tipo de fuente móvil y tecnología de control de emisiones
- a = Tipo de combustible (diesel, gasolina, GPL, bunker etc.)
- b = Tipo de vehículo (Ej. pasajero, ligero, pesado etc.)
- c = Control de emisiones

Este método implica determinar la cantidad de combustible consumido de cada tipo para las categorías principales de fuentes móviles y para cada tipo de combustible, determinar la cantidad que es consumida por cada tipo de vehículo.

### ***Elección de los Factores de Emisión***

Fundamentalmente, se utilizan factores de emisión por defecto incluidos en las GR (*IPCC-OECD-IEA, 1997*) sobre la base de características de las fuentes móviles (edad, tecnología y tipo de combustible consumido).

#### **1.3.1. Vehículos Automotores de Carretera**

El transporte por carretera emite significativas cantidades de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O al igual que otros muchos contaminantes de la atmósfera. Las emisiones de CO<sub>2</sub> se calculan mejor sobre la base de la cantidad y tipo de combustible utilizado y su contenido de carbono. Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O son más complicadas de estimar, con seguridad, debido a que los factores de emisión dependen de la tecnología de los vehículos, los combustibles, y las características de operación (*GBP: IPCC, 2000*).

Tanto los datos de actividad basados en la distancia recorrida como los consumos desagregados de combustibles, pueden ser considerados con mayor incertidumbre que el consumo general de combustibles.

### ***Elección del Método***

Las GBP (*IPCC, 2000*) proporcionan dos métodos para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>, el de Nivel 1 (o arriba – abajo) que parte del consumo de combustible el que es multiplicado por un factor de emisión para calcular el contenido de carbono, calculando el carbono almacenado, corregido para el carbono no oxidado y finalmente convirtiendo el carbono oxidado a emisiones de CO<sub>2</sub>. Alternativamente, un método de Nivel 2 (o abajo – arriba) estima las emisiones a partir del combustible consumido por tipo de vehículo y combustible, el que es multiplicado por un factor de emisión apropiado para el tipo de combustible y el tipo de vehículo.

Es una “buena práctica” calcular las emisiones por el método de Nivel 1 y también utilizar de forma paralela el método de Nivel 2 pues esto proporciona una forma eficiente de chequeo. Es además una “buena práctica” desarrollar los estimados “abajo – arriba” de forma independiente del enfoque “arriba - abajo”. Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O dependen fundamentalmente de la existencia y distribución de controles de emisión en la flota de vehículos. Una “buena práctica” es utilizar un enfoque abajo – arriba tomando en cuenta diferentes factores de emisión para los distintos tipos de tecnologías de control de emisiones existentes.

El análisis del árbol de decisión correspondiente (Fig. 2.4 en las GBP, 2000) verificó la existencia de datos limitados sobre el consumo de combustibles en los vehículos automotores de carretera y su desagregación por tipos de vehículos. Tampoco se dispone de factores de emisión específicos para el país ni de información

detallada sobre los sistemas de control de las emisiones aplicados. Por este motivo, las emisiones se calculan utilizando factores de emisión por defecto proporcionados en las IPCC GR 1996 (*IPCC, OECD, IEA, 1997*) y las GBP (*IPCC, 2000*).

Para la estimación de las emisiones producidas, por estas categorías de fuentes, se partió de la distribución por edades de los vehículos en explotación, lo que se realizó tomando como base el año de fabricación de estos. Esto permitió correlacionar el consumo de combustible estimado para los diferentes estratos de edades, con los factores de emisión establecidos para las tecnologías de control de emisiones contempladas en las IPCC GR, 1996 (*IPCC, OECD, IEA, 1997*) y las GBP (*IPCC, 2000*). En la Tabla 1.3 se muestra el parque de vehículos automotores existente en el país para los años que cubre este reporte.

Tabla 1.3 Parque de vehículos automotores de carretera. República Dominicana, años 1998 y 2002.

| Tipos de vehículos                   | Tipo de combustible | Cantidades existentes |      |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|------|
|                                      |                     | 1998                  | 2000 |
| Motocicletas ≤ 50cc                  | Gasolina            |                       |      |
| Motocicletas > 50cc                  | Gasolina            |                       |      |
| Autos y vehículos ligeros >10 años.  | Gasolina            |                       |      |
|                                      | Diesel              |                       |      |
| Autos y vehículos ligeros 6-10 años. | Gasolina            |                       |      |
|                                      | Diesel              |                       |      |
| Autos y vehículos ligeros ≤ 5 años   | Gasolina            |                       |      |
|                                      | Diesel              |                       |      |
| Vehículos pesados                    | Gasolina            |                       |      |
|                                      | Diesel              |                       |      |

### ***Elección de los Factores de Emisión***

Dadas las características del parque automotor en circulación en la República Dominicana en la elección de los factores de emisión se tomó referencia de los valores propuestos en las GBP (*IPCC, 2000*) y las IPCC GR 1996 (*IPCC, OECD, IEA, 1997*) para vehículos de procedencia europea y de Estados Unidos de América (EE. UU.). En las guías no se dispone de factores para los vehículos de procedencia asiática. A falta de información se utilizan para estos últimos los recomendados para los vehículos fabricados en EE. UU.

La metodología establece factores de emisión tomando como base la tecnología de tratamientos de gases de combustión, la potencia y uso de los vehículos, y el tipo de combustible consumido. Para la estimación de los correspondientes a las condiciones y circunstancias del país, los vehículos se agruparon según el combustible consumido –gasolina y Diesel–, la potencia de los vehículos –motocicletas, autos / vehículos ligeros, y vehículos pesados - y los tiempos de explotación –menores de 5, de 6 a 10 y mayores de 10 años.

El establecimiento de la correspondencia entre los estratos de edades de los vehículos y las tecnologías de tratamiento de gases de combustión se realizó según lo siguiente:

- Motocicletas: Similar al de las europeas menores y mayores de 50 cc sin control de gases de combustión –Tabla I-42 del Manual de Referencia de las GR (*IPCC-OECD,-EA, 1997*). A estos vehículos no se les consideró factor de corrección
- Autos y vehículos ligeros de más de 10 años: Se asumieron en los de gasolina los correspondientes a los autos no controlados –Tabla I – 36 del Manual de Referencia de las GR (*IPCC-OECD-IEA, 1997*), mientras que para los Diesel se tomaron los correspondientes a los autos con control moderado –Tabla I – 37 del Manual de Referencia de las GR (*IPCC, OECD, IEA, 1997*).
- Autos y vehículos ligeros entre 6 y 10 años: Se seleccionaron en los de gasolina los de autos con control elemental de emisiones (Tabla I-36 del Manual de Referencia de las GR (*IPCC-OECD- IEA, 1997*) y en los Diesel los automóviles con control moderado

- Autos y vehículos ligeros menores de 5 años: Se asumieron para la gasolina –Tabla I-36 del Manual de Referencia–, los correspondientes a autos sin control catalítico, mientras que en los diesel se escogieron los automóviles con control moderado
- Vehículos pesados: Se consideraron para la gasolina los vehículos de alta potencia no controlados (Tabla I-41 del Manual de Referencia) y en los Diesel, los de control moderado (Tabla I-39 del Manual de Referencia)

Los factores de emisión resultantes de este análisis y selección se exponen en la Tabla 1.4. La distribución del consumo de combustible, en los estratos de vehículos, se realizó considerando una división equitativa entre el consumo de combustible anual, por estrato, y el inventario del parque de equipos existente en cada uno de ellos. El consumo de combustible por estrato de edades y potencia de los vehículos resultante, se muestra en la Tabla 1.5 a, b.

Tabla 1.4. Factores de emisión estimados para los vehículos automotores de carretera.

| Tipo de vehículos                    | Tipo de combustible | Factores de emisión estimados (g/kg) |                 |                  |                 |    |       |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|----|-------|
|                                      |                     | CO <sub>2</sub>                      | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | NO <sub>x</sub> | CO | COVDM |
| Motocicletas ≤ 50cc                  | Gasolina            |                                      |                 |                  |                 |    |       |
| Motocicletas > 50cc                  | Gasolina            |                                      |                 |                  |                 |    |       |
| Autos y vehículos ligeros >10 años.  | Gasolina            |                                      |                 |                  |                 |    |       |
|                                      | Diesel              |                                      |                 |                  |                 |    |       |
| Autos y vehículos ligeros 6-10 años. | Gasolina            |                                      |                 |                  |                 |    |       |
|                                      | Diesel              |                                      |                 |                  |                 |    |       |
| Autos y vehículos ligeros ≤ 5 años.  | Gasolina            |                                      |                 |                  |                 |    |       |
|                                      | Diesel              |                                      |                 |                  |                 |    |       |
| Vehículos pesados                    | Gasolina            |                                      |                 |                  |                 |    |       |
|                                      | Diesel              |                                      |                 |                  |                 |    |       |

Tabla 1.5 a. Distribución del consumo de combustible por estrato de vehículos en el año 1998.

| Vehículos                       | Combustible | Consumo de combustible (kt) |           |           |       |
|---------------------------------|-------------|-----------------------------|-----------|-----------|-------|
|                                 |             | 0-5 años                    | 6-10 años | > 10 años | Total |
| Motocicletas ≤ 50cc             | Gasolina    |                             |           |           |       |
| Motocicletas > 50cc             | Gasolina    |                             |           |           |       |
| Automóviles y vehículos ligeros | Gasolina    |                             |           |           |       |
|                                 | Diesel      |                             |           |           |       |
| Vehículos pesados               | Gasolina    |                             |           |           |       |
|                                 | Diesel      |                             |           |           |       |

Tabla 1.5 b. Distribución del consumo de combustible por estrato de vehículos en el año 2000.

| Vehículos                       | Combustible | Consumo de combustible (kt) |           |           |       |
|---------------------------------|-------------|-----------------------------|-----------|-----------|-------|
|                                 |             | 0-5 años                    | 6-10 años | > 10 años | Total |
| Motocicletas ≤ 50cc             | Gasolina    |                             |           |           |       |
| Motocicletas > 50cc             | Gasolina    |                             |           |           |       |
| Automóviles y vehículos ligeros | Gasolina    |                             |           |           |       |
|                                 | Diesel      |                             |           |           |       |
| Vehículos pesados               | Gasolina    |                             |           |           |       |
|                                 | Diesel      |                             |           |           |       |

La estimación de los volúmenes de emisión de GEI en los años 1998 y 2000, provenientes de los vehículos automotores de carretera, tomando como referencia los FE adoptados y los volúmenes de consumo de combustible por este tipo de vehículos se reflejan en la Tabla 1.6.

Tabla 1.6. Emisiones de GEI por vehículos automotores de carretera (Gg). República Dominicana, años 1998 y 2000.

| Tipo de vehículos                    | Tipo de combustible | Emisiones (Gg)  |                 |                  |                 |    |       |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|----|-------|
|                                      |                     | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | NO <sub>x</sub> | CO | COVDM |
| Motocicletas ≤ 50cc                  | Gasolina            |                 |                 |                  |                 |    |       |
| Motocicletas > 50cc                  | Gasolina            |                 |                 |                  |                 |    |       |
| Autos y vehículos ligeros >10 años.  | Gasolina            |                 |                 |                  |                 |    |       |
|                                      | Diesel              |                 |                 |                  |                 |    |       |
| Autos y vehículos ligeros 6-10 años. | Gasolina            |                 |                 |                  |                 |    |       |
|                                      | Diesel              |                 |                 |                  |                 |    |       |
| Autos y vehículos ligeros ≤ 5 años.  | Gasolina            |                 |                 |                  |                 |    |       |
|                                      | Diesel              |                 |                 |                  |                 |    |       |
| Vehículos pesados                    | Gasolina            |                 |                 |                  |                 |    |       |
|                                      | Diesel              |                 |                 |                  |                 |    |       |

### 1.3.2. Equipos Ferroviarios, Agrícolas y de Construcción

Por carecerse de estudios realizados en el país, que caractericen las emisiones procedentes de estas fuentes móviles, se adoptaron los criterios indicados en el Manual de Referencia de las GR (IPCC, OECD, IEA, 1997).

#### *Elección del Método y los Factores de Emisión*

De las metodologías disponibles para la estimación de las emisiones, se seleccionaron factores de emisión obtenidos tanto en EE. UU., como en países de la Comunidad Económica Europea (CEE.) por constituir las regiones de procedencia de la mayoría de los equipos ferroviarios, agrícolas y de construcción que existen actualmente en el país. Los factores de emisión seleccionados se muestran en la Tabla 1.7.

Tabla 1.7. Factores de emisión para otras fuentes móviles terrestres.

| Equipos      | Combustible | Factores de emisión estimados (g/kg) |                 |       |    |                  |                 |
|--------------|-------------|--------------------------------------|-----------------|-------|----|------------------|-----------------|
|              |             | NO <sub>x</sub>                      | CH <sub>4</sub> | COVDM | CO | N <sub>2</sub> O | CO <sub>2</sub> |
| Ferrovianos  | Diesel      |                                      |                 |       |    |                  |                 |
| Agrícolas    | Diesel      |                                      |                 |       |    |                  |                 |
|              | Gasolina    |                                      |                 |       |    |                  |                 |
| Construcción | Diesel      |                                      |                 |       |    |                  |                 |
|              | Gasolina    |                                      |                 |       |    |                  |                 |

Los resultados obtenidos en el cálculo de las emisiones provenientes de esta categoría de fuentes móviles terrestres, tomando como base los FE estimados, se exponen de manera resumida en la Fig. 1.3.

Figura 1.3. Emisiones de GEI procedentes de las otras fuentes móviles terrestres (Gg).  
República Dominicana, años 1998 y 2000.

### **1.3.3. Equipos de Navegación Marítima**

Esta categoría de fuente incluye todas las emisiones procedentes de los combustibles utilizados para propulsar los diferentes tipos de embarcaciones. Resaltan aquí las emisiones de los GEI directos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ) así como los GEI indirectos. En esta categoría de fuente, las emisiones de los combustibles utilizados en bunkers internacionales marítimos, son calculadas, pero excluidas de los totales nacionales de emisiones y reportadas de forma separada. No resultó posible estimar las emisiones desde esta subcategoría de fuente por no disponerse de información sobre los consumos de combustibles en las diferentes categorías de embarcaciones y para los viajes nacionales e internacionales.

### **1.3.4. Equipos de Navegación Aérea en la Aviación Civil**

La categoría de fuente del IPCC “aviación civil” incluye a las naves aéreas destinadas a las transportaciones de pasajeros y mercancías – nacionales e internacionales- al transporte privado y a la aviación agrícola. Las emisiones de la aviación civil, se producen por la quema del keroseno de aviación en los aviones de reacción y de la gasolina de aviación en otros tipos de naves. Las emisiones varían de acuerdo al tipo de combustible, la localización de los gases de escape (altura), tipo y eficiencia de los motores, y la longitud de los viajes. Las aeronaves, emiten Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), Metano ( $\text{CH}_4$ ), y Oxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), al igual que Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ), Compuestos Orgánicos Diferentes del Metano (COVDM), Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), Partículas de Materia (PM) y Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ )

#### ***Elección del Método y los Factores de Emisión***

En las GR (*IPCC-OECD-IEA, 1997*) se dispone, para la estimación de las emisiones, de un método de Nivel 1 y dos métodos de Nivel 2 (designados como Nivel 2a y Nivel 2b). En todos estos métodos, se analiza por separado el consumo de los combustibles en vuelos domésticos e internacionales. El método de Nivel 1, está basado en el consumo de los combustibles, mientras que los métodos de Nivel 2 se basan en el número de ciclos de aterrizaje despegue (ciclos CAD) y el uso de los combustibles (GBP, *IPCC, 2000*). La elección del método de cálculo, dependen de las circunstancias nacionales, especialmente la disponibilidad de datos.

El método simple de Nivel 1 utiliza el consumo agregado de combustible en la aviación civil, multiplicado por factores de emisión promedios. Estos factores de emisión, han sido promediados sobre todas las

fases de vuelo asumiendo que el 10% del combustible, consumido, es utilizado en la fase CAD de los vuelos (Oliver, 1995). Las emisiones son calculadas de acuerdo a la ecuación:

$$Emisiones = Consumo\ de\ combustibles \times Factor\ de\ Emisión \quad (1.4)$$

El método de Nivel 2, es solo aplicable al turbocombustible (keroseno de aviación) utilizado en los aviones de reacción. En la actualidad, los equipos que emplean la gasolina de aviación se circunscriben a naves pequeñas que representan, solamente, alrededor del 1% del consumo de combustible de aviación, mientras que los aviones que utilizan el turbocombustible presentan una amplia gama de características y consumen la inmensa mayoría de estos combustibles

En el método de Nivel 2, se proponen factores de emisión en función del tipo de actividad (aviación doméstica e internacional), tipo de operación (ciclos de aterrizaje y despegue (CAD) y crucero), y el grado de envejecimiento tecnológico de las flotas (flotas envejecidas o modernas).

La actividad domestica contempla las emisiones producidas por las aeronaves (independientemente de la nacionalidad del transportista) durante la realización de las transportaciones de carga y pasajeros en el territorio de cada país, mientras que la internacional abarca, en general, las que realizan los aviones al partir del país donde se realiza el inventario y arribar a otro país.

En el método de Nivel 2, se hace la distinción entre las emisiones que ocurren por debajo y por encima de los 914 m para aumentar la seguridad de los estimados de factores de emisión y los usos de combustibles, pues estos varían en las fases CAD y las fases de crucero de los vuelos. El envejecimiento de las aeronaves, se establece en dependencia del año de fabricación y de la marca de los equipos, aunque también puede realizarse en función del estado técnico y tiempo de trabajo de los aviones.

A los efectos de realizar los reportes del inventario correspondientes a los años 1998 y 2000 de acuerdo a las circunstancias del país para el cálculo de las emisiones se utiliza el método de Nivel 2 en los aviones de reacción (Tabla 1.8) dado que no resultó posible estimar las emisiones por las aeronaves que utilizan gasolina (se consideran de un aporte poco significativo en el país).

Tabla 1.8. Factores de emisión y consumo de combustible específico para aviones de reacción.

|                                    | Consumo de combustible | <i>Factores de emisión</i> |                 |       |       |                  |                 |                 |
|------------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------|-------|-------|------------------|-----------------|-----------------|
|                                    |                        | Actividad doméstica        |                 |       |       |                  |                 |                 |
|                                    |                        | NO <sub>x</sub>            | CH <sub>4</sub> | COVDM | CO    | N <sub>2</sub> O | CO <sub>2</sub> | SO <sub>2</sub> |
| CAD en flotas modernas(kg/CAD)     | 850                    | 10.2                       | 0.3             | 2.6   | 8.1   | 0.1              | 2680            | 0.8             |
| CAD en flotas envejecidas (kg/CAD) | 1000                   | 9.0                        | 0.4             | 3.7   | 17.0  | 0.1              | 3150            | 1.0             |
| Crucero (kg/ton)                   | -                      | 11.0                       | 0.0             | 0.7   | 7.0   | 0.1              | 3150            | 1.0             |
|                                    |                        | Actividad internacional    |                 |       |       |                  |                 |                 |
| CAD en flotas modernas (kg/CAD)    | 2500                   | 41                         | 1.5             | 15.0  | 50.0  | 0.2              | 7900            | 2.5             |
| CAD en flotas envejecidas (kg/CAD) | 2400                   | 23.6                       | 7.0             | 66.0  | 101.0 | 0.2              | 7560            | 2.4             |
| Crucero (kg/ton)                   | -                      | 17.0                       | 0.0             | 2.7   | 5.0   | 0.1              | 3150            | 1.0             |

La metodología para el cálculo de las emisiones de los aviones a reacción, permite realizar estimaciones de mayor precisión mediante el empleo de FE específicos por marca y tipo de avión, tipo de actividad y por CAD, así como efectuarlas utilizando factores de emisión promedio para los casos de flota integradas para naves cuyos FE no hayan sido determinados de forma particular.

El árbol de decisión correspondiente (Fig. 2.7 de las GBP, IPCC, 2000), para la elección del método de estimación de las emisiones procedentes de los aviones a reacción, recomienda que de existir datos acerca de los ciclos CAD, específicos para los aviones que operan en el país, se considere utilizar el método de Nivel 2 basado en los movimientos individuales de cada avión. Si no se disponen estos datos por tipos de avión, y se cuenta con información agregada acerca del total de ciclos CAD que ocurrieron en el año, se recomienda utilizar el método de Nivel 2a, basado en los movimientos agregados de los aviones. Si no se dispone de información acerca de los

ciclos CAD, se pueden estimar las emisiones a partir del método de Nivel 1. Un análisis parecido al descrito anteriormente, se realiza para los datos de actividad, en dependencia de la información estadística disponible acerca del consumo de combustibles en esta actividad. Ambos enfoques de Nivel 2 utilizan las siguientes ecuaciones para estimar las emisiones:

Para el método de Nivel 2a, se incluyen todos los aviones y las GR (*IPCC-OECD-IEA, 1997*) proporcionan factores de emisión agregados para los CAD. Considerando que en las GR (*IPCC-OECD-IEA, 1997*) no se recogen los FE específicos para una parte de las naves aéreas que operaban en la República Dominicana en los años 1998 y 2000, se estimó realizar el cálculo de las emisiones utilizando los FE agregados por defecto que aparecen en la Tabla I-52 de Manual de Referencia de las GR (*IPCC, OECD, IEA, 1997*), considerando como flotas modernas a aquellas que tienen menos de 20 años de explotación.

Es una “buena práctica” utilizar los factores de emisión de las GR (*IPCC, OECD, IEA, 1997*). Los factores de emisión nacionales para el CO<sub>2</sub> no deben desviarse mucho de los valores por defecto, debido a que la calidad del turbocombustible está bien definida. Sin embargo, existe poca información acerca de los factores de emisión para el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O procedentes de los aviones y los valores por defecto del IPCC son similares a los valores encontrados en la literatura.

El consumo de combustible y los CAD por tipo de flota y de actividad se obtuvo mediante la información brindada por el (Tabla 1.9).

Tabla 1.9. Cantidad de combustible consumido (t) y CAD por naves aéreas. República Dominicana, años 1998 y 2000.

| Combustible          | Actividad     | Flota      | CAD (u) |      | Consumo de Combustibles en la Fase CAD (t) |      | Consumo de Combustible en la Fase Crucero (t) |      |
|----------------------|---------------|------------|---------|------|--|------|---|------|
|                      |               |            | 1998    | 2000 | 1998                                       | 2000 | 1998  | 2000 |
| Keroseno de Aviación | Doméstica     | Moderna    |         |      |  |      |   |      |
|                      |               | Envejecida |         |      |  |      |   |      |
|                      | Internacional | Moderna    |         |      |  |      |   |      |
|                      |               | Envejecida |         |      |  |      |   |      |

Las emisiones totales estimadas, por tipo de actividad, integrando las fases CAD y crucero, aparecen en la Fig. 1.4.

Figura 1.4. Emisiones de GEI (Gg) provenientes de los vuelos domésticos e internacionales de la aviación civil. República Dominicana, años 1998 y 2000 (Gg).

Nota: Las emisiones de los vuelos internacionales no se incluyen en el total de emisiones del país.

## *Exhaustividad*

### *Evaluación de Incertidumbre*

El Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), es usualmente responsable de más del 97% de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en el sector de transporte. Criterios de expertos sugieren que las incertidumbres de los estimados de emisiones de ese gas son aproximadamente  $\pm 5\%$  (GBP, IPCC, 2000). La principal fuente de incertidumbre son los datos de actividad, y no los factores de emisión.

El Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), usualmente contribuye aproximadamente con el 3% de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente procedentes del sector de transportación. Criterios de expertos, sugieren que las incertidumbres, para este gas, pueden ser superiores a  $\pm 50\%$  (GBP, IPCC, 2000). En este caso, la mayor fuente de incertidumbre está relacionada con los factores de emisión. El Metano (CH<sub>4</sub>), por otra parte, contribuye usualmente con menos del 1% de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en este sector. Criterios de expertos consideran que las incertidumbres para los estimados de emisiones de este gas están en el orden de  $\pm 40\%$  (GBP, IPCC, 2000). Al igual que para el N<sub>2</sub>O, la mayor fuente de incertidumbre proviene de los factores de emisión.

En el caso de las emisiones procedentes de las aeronaves, con relación a los datos de actividad el reporte estará fuertemente influido por la calidad de los datos colectados y el grado en que se pudo separar el consumo de combustibles de la aviación doméstica y la aviación internacional. Con datos completos, la incertidumbre puede ser muy baja (menos que el 5%) mientras que para el caso de datos incompletos, las incertidumbres pueden ser grandes –quizá un factor de dos para los vuelos domésticos. Con respecto a los FE del CO<sub>2</sub> se considera están dentro del rango de  $\pm 5\%$ , pues estos dependen solamente del contenido de carbono de los combustibles y la fracción oxidada. Con datos completos, incluso la incertidumbre puede ser menor que ese valor. Para el CH<sub>4</sub>, la incertidumbre puede ser tan alta como un factor de dos y para el N<sub>2</sub>O de varios órdenes de magnitud (un factor de 10 o más).

## **1.4. Emisiones Fugitivas**

### **1.4.1. Emisiones de GEI Provenientes de las Actividades de Petróleo y Gas Natural**

En esta categoría se incluyen todas las emisiones de GEI provenientes de la producción, procesamiento, transporte y usos del petróleo y el gas natural así como de la combustión no productiva. Se excluye el uso del petróleo y el gas, o de los productos derivados de los combustibles, para proporcionar energía para uso interno en el procesamiento y transporte de la producción del petróleo y el gas natural –se consideran quema de combustibles y ya fueron incluidas en un epígrafe anterior.

Las GR (IPCC-OECD-IEA, 1997) describen dos métodos para calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> tanto de la industria del petróleo como del gas natural (denominados Nivel 1 y Nivel 3) y un método adicional (denominado Nivel 2) solo para calcular las emisiones desde los sistemas del petróleo. El método de Nivel 3 es una evaluación rigurosa por fuentes que requiere inventarios detallados de la infraestructura existente y factores de emisión abajo – arriba detallados.

El método de Nivel 2 para la industria del petróleo, está basado en una estimación mediante balance de masa de la máxima cantidad de CH<sub>4</sub> que puede ser emitido. El método de Nivel 1 utiliza factores de emisión agregados y datos nacionales de producción. Una *buena práctica*, es desagregar la industria en segmentos y subcategorías y evaluar las emisiones de forma separada para cada una de ellas. Para la elección del método, se siguen además las recomendaciones de los árboles de decisión representados en las Figs. 2.12-2.14 de las GBP (IPCC, 2000).

Para el caso de las emisiones procedentes del transporte, refinación y almacenamiento de petróleo crudo se tomó en cuenta que las emisiones desde estas actividades no se consideran categorías claves en el inventario por lo que las emisiones fueron estimadas utilizando el método de Nivel 1.

Para la ejecución de los cálculos, se utilizaron los factores de emisión de Nivel 1 presentados en las IPCC GR (IPCC, OECD, IEA, 1997) dado que las unidades en que se captó la información no facilitaban el uso de los nuevos factores propuestos en las GBP (IPCC, 2000). Estos factores de emisión fueron aplicados a datos

de actividad locales. Las emisiones desde esta categoría de fuente, importaron un total nacional, para el año 1998 de 0,13 Gg de CH<sub>4</sub>, y para el año 2000 de 0,12 Gg CH<sub>4</sub> (Tabla 1.10).

Tabla 1.10. Emisiones (Gg) de CH<sub>4</sub>, procedentes de las actividades de petróleo y gas natural. República Dominicana, años 1998 y 2000.

| Actividad      | Año         |             |
|----------------|-------------|-------------|
|                | 1998        | 2000        |
| Transporte     | 0,058       | 0,056       |
| Refinación     | 0,058       | 0,056       |
| Almacenamiento | 0,011       | 0,01        |
| <b>Total</b>   | <b>0,13</b> | <b>0,12</b> |

### *Exhaustividad*

Los datos e informaciones utilizados cubren totalmente las actividades del petróleo desarrolladas en el país durante los años 1998 y 2000.

### *Evaluación de Incertidumbre*

Debido a la complejidad de la industria del petróleo y el gas, resulta difícil cuantificar las incertidumbres netas en el inventario general, los factores de emisión y los datos de actividad. Los factores de emisión sobre la base de la producción pueden alcanzar un error de un orden de magnitud. Sobre la base de criterios de expertos, se le asigna a los datos de actividad una incertidumbre baja (factor de incertidumbre 1,1 e incertidumbre  $\pm 10\%$ ) y a los factores de emisión utilizados una incertidumbre alta (factor de incertidumbre 2 e incertidumbre  $\pm 100\%$ ) dado que puede que no representen adecuadamente las circunstancias del país.

## **1.4.2. Emisiones de Precursores del Ozono y de SO<sub>2</sub> Procedentes de la Refinación de Petróleo**

En esta categoría se estiman las emisiones de Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano (COVDM) y el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) procedentes de las actividades de refinación de petróleo. No incluye la síntesis de productos petroquímicos pues la fabricación de productos petroquímicos forma parte del Módulo 2 (Procesos Industriales).

Para la estimación de las emisiones (Fig. 1.5) se utilizó un método de Nivel 1 basado en el volumen de petróleo crudo procesado por las refinerías del país. Se emplean los factores de emisión por defecto al no disponerse de factores locales. Este uso de los factores por defecto puede introducir grandes incertidumbres en los estimados especialmente para el caso de los COVDM.

### *Exhaustividad*

Los datos e informaciones utilizados cubren totalmente las actividades de refinación de petróleo desarrolladas en el país durante el año 2002.

### *Evaluación de Incertidumbre*

Debido a la complejidad de la industria del petróleo y el gas, resulta difícil cuantificar las incertidumbres netas en el inventario general, los factores de emisión y los datos de actividad. Los factores de emisión sobre la base de la producción pueden alcanzar un error de un orden de magnitud. Sobre la base de criterios de expertos, se le asigna a los datos de actividad una incertidumbre baja (factor de incertidumbre 1,1 e incertidumbre  $\pm 10\%$ ) y a los factores de emisión una incertidumbre alta (factor de incertidumbre 2 e incertidumbre  $\pm 100\%$ ).

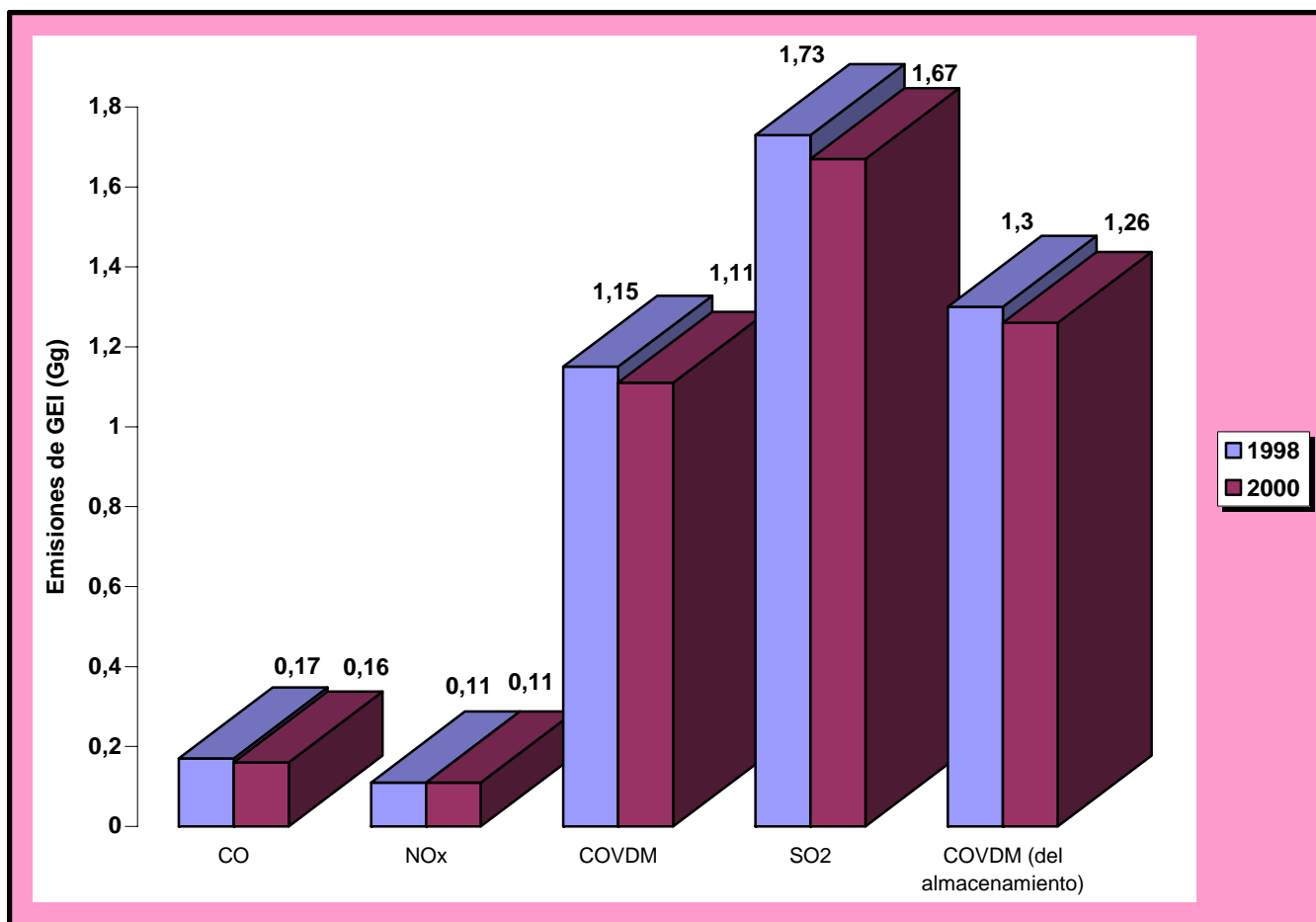


Figura 1.5. Emisiones de precursores del ozono y de SO<sub>2</sub> procedentes de la refinación del petróleo (Gg) República Dominicana, años 1998 y 2000.

En la Tabla 1.11 se ofrece un resumen del total de las emisiones fugitivas procedentes de los combustibles.

Tabla 1.11. Total de emisiones fugitivas procedentes de los combustibles (Gg). República Dominicana, años 1998 y 2000.

| GAS             | EMISION |      |
|-----------------|---------|------|
|                 | 1998    | 2000 |
| CH <sub>4</sub> | 0,13    | 0,12 |
| NO <sub>x</sub> | 0,11    | 0,11 |
| CO              | 0,17    | 0,16 |
| COVDM           | 2,45    | 2,37 |
| SO <sub>2</sub> | 1,73    | 1,67 |

## 1.5. Resumen de las Emisiones del Módulo Energía

En las Tablas 1.12 y 1.13 aparecen el total de las emisiones de GEI en el Módulo Energía. Como se observa, ocurre un predominio absoluto de las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de combustibles fósiles. También ocurren importantes volúmenes de emisiones de este gas procedentes de la quema de biomasa con fines energéticos, aunque éstas solamente se reportan para información y no se incluyen en los totales del módulo. Las emisiones por la quema de biomasa se analizan en el Módulo 5.

Tabla 1.12. Emisiones totales de GEI procedentes de las actividades de la energía (Gg). República Dominicana, año 1998.

| Fuente   | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | NO <sub>x</sub> | CO            | COVDM        | SO <sub>2</sub> |
|--|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|---------------|--------------|-----------------|
| <b>A- Quema de Combustibles</b>                | <b>15370,06</b> | <b>17,42</b>    | <b>0,42</b>      | <b>78,23</b>    | <b>707,01</b> | <b>97,17</b> | <b>55,53</b>    |
| 1-Método de Referencia                         | 16946,64        |                 |                  |                 |               |              |                 |
| 2-Método por Categorías de Fuentes (Sectorial) | 15370,06        | 17,42           | 0,42             | 78,23           | 707,01        | 97,17        | 55,53           |
| <b>B- Emisiones Fugitivas</b>                  | <b>NE</b>       | <b>0,13</b>     | <b>NE</b>        | <b>0,11</b>     | <b>0,17</b>   | <b>2,45</b>  | <b>1,73</b>     |
| 1 Combustibles Sólidos                         | NO              | NO              | NO               | NO              | NO            | NO           | NO              |
| 2 Petróleo y Gas Natural                       | NE              | 0,13            | NE               | 0,11            | 0,17          | 2,45         | 1,73            |
|  |                 |                 |                  |                 |               |              |                 |
| <b>TOTAL ENERGIA<sup>1</sup></b>               | <b>15370,06</b> | <b>17,55</b>    | <b>0,42</b>      | <b>78,34</b>    | <b>707,18</b> | <b>99,62</b> | <b>57,26</b>    |
|  |                 |                 |                  |                 |               |              |                 |
| <b>Bunkers Internacionales<sup>2</sup></b>     | 829,25          | 0,01            | 0,02             | 3,51            | 11,71         | 0,59         | NE              |
| <b>Biomasa<sup>2</sup></b>                     | 4841,49         |                 |                  |                 |               |              |                 |

NO- No ocurre. NE – No estimada. 1-Se utiliza el resultado del método sectorial. 2- No se incluyen en el total del Módulo Energía.

Tabla 1.13. Emisiones totales de GEI procedentes de las actividades de la energía (Gg). República Dominicana, año 2000.

| Fuente   | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | NO <sub>x</sub> | CO            | COVDM         | SO <sub>2</sub> |
|--|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| <b>A- Quema de Combustibles</b>                | <b>17596,74</b> | <b>16,28</b>    | <b>0,46</b>      | <b>92,61</b>    | <b>783,24</b> | <b>110,83</b> | <b>107,92</b>   |
| 1-Método de Referencia                         | 17684,18        |                 |                  |                 |               |               |                 |
| 2-Método por Categorías de Fuentes (Sectorial) | 17596,74        | 16,28           | 0,46             | 92,61           | 783,24        | 110,83        | 107,92          |
| <b>B- Emisiones Fugitivas</b>                  | <b>NE</b>       | <b>0,12</b>     | <b>NE</b>        | <b>0,11</b>     | <b>0,16</b>   | <b>2,37</b>   | <b>1,67</b>     |
| 1 Combustibles Sólidos                         | NO              | NO              | NO               | NO              | NO            | NO            | NO              |
| 2 Petróleo y Gas Natural                       | NE              | 0,12            | NE               | 0,11            | 0,16          | 2,37          | 1,67            |
|  |                 |                 |                  |                 |               |               |                 |
| <b>TOTAL ENERGIA<sup>1</sup></b>               | <b>17596,74</b> | <b>16,4</b>     | <b>0,46</b>      | <b>92,72</b>    | <b>783,4</b>  | <b>113,2</b>  | <b>109,59</b>   |
|  |                 |                 |                  |                 |               |               |                 |
| <b>Bunkers Internacionales<sup>2</sup></b>     | 1013,05         | 0,01            | 0,03             | 4,29            | 14,31         | 0,72          | NE              |
| <b>Biomasa<sup>2</sup></b>                     | 5157,7          |                 |                  |                 |               |               |                 |

NO- No ocurre. 1-Se utiliza el resultado del método sectorial. 2- No se incluyen en el total del Módulo Energía.

### 1.5.1. Emisiones Agregadas

En las Tablas 1,14 y 1,15 se muestran las emisiones agregadas de GEI (en equivalentes de CO<sub>2</sub>) del Módulo Energía. Como se aprecia de estas tablas, se verificó un pequeño incremento de las emisiones agregadas entre los años 1998 y 2000 (52,93 Gg CO<sub>2</sub> –eq que representa el 0,3% de incremento). Este pequeño incremento resulta de la compensación que producen las reducciones de las emisiones del CH<sub>4</sub> a los ligeros incrementos experimentados en las emisiones de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O.

Con relación a los sectores sobresalen por su aporte a las emisiones agregadas las Industrias de la Energía seguidas por el Transporte. El sector Residencial mantuvo prácticamente sin cambio su aporte en ambos años, mientras que se verificaron incrementos en el resto de los sectores con la excepción de la categoría ‘Otros’ donde se observó una reducción sustantiva de las emisiones agregadas.

Tabla 1,14. Emisiones agregadas en Gg CO<sub>2</sub> eq del Módulo Energía. República Dominicana, año 1998.

| Categorías de Fuente (Sectores)          | Emisiones en Gg |                 |                  | Emisiones en Gg CO <sub>2</sub> -eq |                 |                  | EA              |
|--|-----------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|  | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | CO <sub>2</sub>                     | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O |                 |
| Industrias de la Energía                 | 8601,27         | 0,4             | 0,08             | 8601,27                             | 8,4             | 24,8             | 8634,47         |
| Industrias Manufactureras y Construcción | 768,48          | 0,71            | 0,1              | 768,48                              | 14,91           | 31               | 814,39          |
| Transporte                               | 4737,67         | 1,19            | 0,05             | 4737,67                             | 24,99           | 15,5             | 4778,16         |
| Sector Comercial e Institucional         | 142,61          | 0,08            | 0,002            | 142,61                              | 1,68            | 0,62             | 144,91          |
| Sector Residencial                       | 957,15          | 15,03           | 0,2              | 957,15                              | 315,63          | 62               | 1334,78         |
| Otras                                    | 2325,19         | 0,02            | 0,001            | 2325,19                             | 0,42            | 0,31             | 2325,92         |
| <b>Totales</b>                           |                 |                 |                  | <b>17532,37</b>                     | <b>366,03</b>   | <b>134,23</b>    | <b>18032,63</b> |

EA – Emisiones agregadas de GEI en Gg CO<sub>2</sub> – eq.

Tabla 1,15. Emisiones agregadas en Gg CO<sub>2</sub> eq del Módulo Energía. República Dominicana, año 2000.

| Categorías de Fuente (Sectores)          | Emisiones en Gg |                 |                  | Emisiones en Gg CO <sub>2</sub> -eq |                 |                  | EA              |
|--|-----------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|  | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | CO <sub>2</sub>                     | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O |                 |
| Industrias de la Energía                 | 9174,64         | 0,71            | 0,12             | 9174,64                             | 14,91           | 37,2             | 9226,75         |
| Industrias Manufactureras y Construcción | 1038,02         | 0,77            | 0,11             | 1038,02                             | 16,17           | 34,1             | 1088,29         |
| Transporte                               | 5973,52         | 1,54            | 0,06             | 5973,52                             | 32,34           | 18,6             | 6024,46         |
| Sector Comercial e Institucional         | 194,33          | 0,07            | 0,002            | 194,33                              | 1,47            | 0,62             | 196,42          |
| Sector Residencial                       | 1009,06         | 13,16           | 0,18             | 1009,06                             | 276,36          | 55,8             | 1341,22         |
| Otras                                    | 207,17          | 0,03            | 0,002            | 207,17                              | 0,63            | 0,62             | 208,42          |
| <b>Totales</b>                           |                 |                 |                  | <b>17596,74</b>                     | <b>341,88</b>   | <b>146,94</b>    | <b>18085,56</b> |

EA – Emisiones agregadas de GEI en Gg CO<sub>2</sub> – eq.

## Referencias

IPCC (2000). Penman, J. *et al.*, (Eds). *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.

IPCC-OECD-IEA, (1997). Houghton J. T., *et al.*, (Eds). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volumes I, II, III.