

## MÉTODOS PARA ESTIMAR EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

El propósito de este anexo es describir los dos métodos desarrollados por el IPCC (IPCC/OECD, 1994, Vol. 3) para estimar las emisiones de dióxido de carbono generadas por el uso de combustibles fósiles. Estos dos métodos se denominan, de arriba hacia abajo «Top-Down» y de abajo hacia arriba «Bottom-Up».

### Top-Down

Este método consiste en contabilizar el carbono contenido en los combustibles que ingresan a la economía. Se parte de siguiente supuesto: una vez que el carbono ingresa a una economía nacional en forma de combustible, éste es almacenado de alguna manera (incremento de inventarios, secuestrado en productos, en forma de cenizas no-oxidadas) o emitido a la atmósfera. Para calcular el carbono emitido, no es necesario saber exactamente cómo fue utilizado ese combustible o a qué transformación intermedia fue sometido.

La contabilidad del carbono incluye básicamente, la oferta total de combustibles primarios y el volumen neto de los secundarios que ingresan al país. Los cálculos detallados se muestran en la tabla INVECOL/ TABLA D2-2 del Anexo 2. El procedimiento de cálculo puede resumirse en seis pasos:

1. Estimación del consumo aparente de cada uno de los combustibles.
2. Conversión de los datos de consumo a unidades energéticas lo cual debe hacerse antes de calcular las emisiones de carbono, puesto que el contenido de carbono varía con el contenido calórico del combustible.
3. Selección de los factores de emisión para cada tipo de combustible y estimación del

total de carbono potencialmente emitido por el uso de esos combustibles.

4. Estimación del carbono secuestrado por largos períodos de tiempo en algunos productos.
5. Contabilización del carbono no oxidado durante la combustión.
6. Conversión de las emisiones de carbono a emisiones de CO<sub>2</sub> (peso molecular completo).

Para calcular la oferta de combustibles al país (consumo aparente) se requiere la siguiente información para cada combustible:

- Combustibles primarios producidos (la cantidad de los combustibles secundarios producidos no se incluye), de los cuales se deduce la energía no aprovechada, tal como algunas pérdidas de transporte y distribución, debido a que esa energía no se quema.
- Combustibles primarios y secundarios importados.
- Combustibles primarios y secundarios exportados.
- Aumento o disminución netos de inventarios de los combustibles. Un aumento en los inventarios, es un cambio de inventarios positivo, lo cual significa una disminución del consumo aparente.

El cálculo del consumo aparente de combustibles primarios se realiza de la siguiente forma:

$$C.A.CP = \text{Producción} + \text{Import} - \text{Export} - \text{Cambio inventario} \quad (1)$$

El flujo de combustibles secundarios se calcula como sigue:

C.A.CS = Import – Export- Cambios inventario (2)

El resultado de este último cálculo puede dar un valor negativo para el consumo aparente, lo cual es completamente válido, pues indica un flujo neto de exportaciones o un incremento de los inventarios, cuando no se considera la producción.

Una vez determinado el consumo aparente, se seleccionan los factores de emisión de carbono, los cuales son valores promedio basados en el poder calorífico neto (lower heat value). En este inventario, se tomaron de la metodología del IPCC (IPCC/OECD, 1995, vol.2, Tabla 1.2).

La tercera etapa consiste en estimar las emisiones potenciales de carbono que resultarían, si todo el carbono de los combustibles se emitiera a la atmósfera. Para ello, se multiplica el consumo aparente por el factor de emisión, para cada uno de los combustibles y luego se suman.

En las dos etapas siguientes se estiman, tanto el carbono secuestrado en los usos noenergéticos de los combustibles como el carbono que no se oxida, para luego restárselos a la cantidad total de carbono que se estimó en el paso tres y así obtener las emisiones ajustadas. Seguidamente, se exponen algunas consideraciones sobre los conceptos y la estimación, tanto del carbono secuestrado como del no oxidado.

Una parte del carbono contenido en los productos no-energéticos permanece secuestrado, mientras otra se oxida en un lapso de tiempo superior a los 20 años. Todos los combustibles fósiles son utilizados en cierto grado, con fines no-energéticos, tal es el caso del gas natural en la obtención de plásticos y amoníaco. En las refinерías de petróleo se produce una amplia variedad de estos productos, incluyendo: asfaltos, lubricantes y naftas.

No obstante, no todo el carbono contenido en los usos no-energéticos de los

combustibles fósiles, permanece secuestrado; por ejemplo, el carbono del gas natural que se ha transformado en amoníaco, el cual es utilizado luego en la producción de fertilizantes, se oxida rápidamente.

En la metodología de Marland y Rotty (IPCC/ OECD, 1994, vol. 3), se supone que alrededor de 1/3 del carbono utilizado con propósitos no-energéticos, permanece sin oxidarse por largos períodos.

Okken y Kram (IPCC/OECD, 1994, Vol. 3) señalan que el carbono de los siguientes productos permanece secuestrado por largo tiempo (en algunos casos cientos de años): plásticos, gomas, asfalto, bitúmenes, formaldehído, etc. Entre los que se oxidan rápidamente están: fertilizantes, lubricantes, detergentes, solventes orgánicos volátiles.

En este estudio, para calcular el carbono secuestrado se utiliza la metodología elaborada por el IPCC (IPCC/OECD, 1995, Vol. 3).

A continuación se describen los pasos a seguir para el cálculo del carbono secuestrado, los cuales pueden verse en la Tabla INVECOL/TABLA D1 -1 en el anexo 2:

- Columna 1 Estimación de la cantidad de combustible utilizado en usos no-energéticos.
- Columna 2 Factores de emisión (INVECOL/TABLA D1-2).
- Columna 3 Máxima cantidad de carbono que podría permanecer secuestrado. Resulta de multiplicar (1) \* (2).
- Columna 4 Porcentaje de carbono que queda secuestrado (IPCC/OECD, 1994, vol.3, Tabla 1-5).

- Columna 5 Cantidad de carbono secuestrado resultante de multiplicar (3) por (4).
- Columna 6 Fracción de carbono que se oxida rápidamente (no-secuestrado). Resulta de restar (3) menos (5).

Como se mencionó anteriormente, puesto que los procesos de combustión no son 100% eficientes, no todo el carbono se oxida durante la combustión de energías fósiles. La cantidad de carbono que cae dentro de esta categoría es usualmente una fracción pequeña. Basados en los trabajos de Marland y Rotty, 1984, el IPCC recomienda los siguientes valores por defecto para la fracción no-oxidada durante la combustión:

Combustibles gaseosos	0,5 %
Combustibles líquidos	1 %
Combustibles sólidos	2%

Por último, una vez deducidos el carbono secuestrado y el no oxidado, los resultados se expresan en emisiones de CO<sub>2</sub>, para lo cual se multiplican las emisiones de carbono emitido, por la relación de los pesos moleculares del CO<sub>2</sub> y el carbono (44/12). La suma de los valores obtenidos para todos los combustibles, da como resultado, las emisiones totales del sector energético.

Según los lineamientos del IPCC (IPCC/ OECD, 1995, Vol. 3), se debe tener presente lo siguiente:

- Las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por los combustibles suministrados en el país a naves internacionales (Bunkers), no se deben tomar en cuenta para el cálculo de las emisiones en el inventario. Sin embargo, en la INVECOL/ TABLA D1-2 se muestran sus valores con fines informativos.

- Para evitar la doble contabilización, la biomasa utilizada para fines energéticos no se incluye en el total de las emisiones

nacionales de CO<sub>2</sub>. Se presenta información sobre esta fuente sólo con fines informativos.

### Bottom-Up

La metodología de abajo hacia arriba, Bottom-Up, conceptualmente, es similar a la utilizada para estimar las emisiones de los otros gases diferentes al CO<sub>2</sub>, provenientes de las fuentes estacionarias y móviles (IPCC/ OECD, 1994, Vol. 3).

En ella, se contabilizan las emisiones de CO<sub>2</sub> partiendo del consumo final, para lo cual, se deben contabilizar los consumos reales de cada combustible específico en las diferentes subcategorías de uso final, así como de actividades de transformación intermedia, tomando en cuenta los procesos y tecnologías particulares; es necesario tratar de ser lo más preciso posible en esta desagregación. Las emisiones resultantes del amplio rango de usos finales se agregan para llegar al valor de las emisiones nacionales.

La fórmula utilizada para el cálculo es la siguiente:

$$EMIS\ POT\ CO_2 = (CCOMB.-FACT. EMIS.)SECT/TECN (3)$$

Como se mencionó anteriormente, las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la combustión, determinadas según el método Bottom-Up, se clasificaron de acuerdo a su origen en estacionarias y móviles. Las primeras incluyen, todas las actividades industriales y los consumos de los sectores residencial, comercial, servicios y otros. Las móviles contemplan todas las actividades de transporte.