

# Metodología PICC para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

*Sergio González Martineaux*

## 1. ASPECTOS GENERALES

La elaboración de la serie 1984/2003 de inventarios anuales de emisiones/capturas de gases de efecto invernadero estuvo ceñida a las Directrices Metodológicas revisadas en 1996 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (**PICC, 1996**), que obligatoriamente deben seguir los países con compromisos ante el Protocolo de Kyoto, para el primer período de cumplimiento que se extenderá entre los años 2008 y 2012.

Como una forma de obtener inventarios más precisos, completos y certeros, el PICC ha elaborado códigos de buenas prácticas, que complementan la metodología propuesta. Los códigos de buenas prácticas, hoy vigentes, son los siguientes:

- “Orientación del PICC sobre las buenas prácticas y gestión de la Incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”<sup>A</sup>, documento publicado el año 2001 (**PICC, 2001**), y
- “Orientación sobre Buenas Prácticas en Uso de los Suelos, Cambio de Uso de los Suelos y Forestal”<sup>B</sup>, documento publicado el año 2003 (**PICC, 2003**).

Dado que este último documento propone una modificación metodológica substancial para el Sector “Cambio de Uso de los Suelos y Forestal”, no fue considerada en la elaboración de la serie temporal 1984-

<sup>A</sup> [http://www.IPCC-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum\\_es.htm](http://www.IPCC-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.htm)

<sup>B</sup> <http://www.IPCC-nggip.iges.or.jp/public/gp/gpglulucf/gpglulucf.htm>

2003 de inventarios anuales. En la elaboración de estos inventarios anuales, se hizo uso además los siguientes documentos:

- la “Base de Datos de Factores de Emisión” (BDFE), construida por el PICC, en su aplicación web <sup>A</sup>, la que facilita la búsqueda de los valores –tanto de factores de emisión como datos de actividad paramétricos (léase, constantes)- que la metodología del PICC proporciona por defecto, y
- el Programa PICC para elaboración de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero <sup>B</sup> (en adelante, gases invernadero), el que fue modificado en algunas de sus hojas de trabajo, a objeto de incorporar lo siguiente:
  - la desagregación del país, en sus regiones administrativas, y
  - adaptación a las circunstancias de algunas categorías específicas, tanto para absorber la aplicación de métodos más avanzados como para incluir algunos factores no reconocidos explícitamente por el método, en su nivel más simple.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

### 2.1. Alcances y principios metodológicos

La metodología del PICC, para la elaboración de los inventarios nacionales de gases invernadero, contempla los siguientes sectores emisores y/o capturadores de estos gases, a saber:

- “Energía”,
- “Procesos Industriales”,
- “Uso de Solventes y Otros Productos”,
- “Agricultura”,
- “Cambio de Uso de los Suelos y Forestal” <sup>C</sup>, y
- “Residuos”.

---

<sup>A</sup> <http://www.IPCC-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>

<sup>B</sup> <http://www.IPCC-nggip.iges.or.jp/public/gl/software.htm>

<sup>C</sup> Hoy, llamado “Uso de los Suelos, Cambio de Uso de los Suelos, y Forestal” (LULUCF, en inglés)

Las emisiones de estos sectores, excluyendo las del “Cambio de Uso de los Suelos y Forestal”, componen lo que el Protocolo de Kyoto identifica como “emisiones Anexo A”, en las cuales se basa el cálculo de la cantidad asignada de emisiones que un país con compromisos <sup>A</sup> ante el Protocolo de Kyoto no podrá exceder, al término del primer período de cumplimiento, que ocurrirá al final del año 2012.

Todos los procesos que tienen que ver con la generación de energía, a través del consumo de fuentes no renovables de energía (fósiles), o con las emisiones producto de procesos de transformación de la materia, como por ejemplo la fabricación de cal o cemento, quedan incluidos en los dos primeros sectores mencionados. Así, las emisiones por el consumo de combustible de tractores agrícolas, maquinaria de aserraderos o instalaciones asociadas a plantas de tratamiento de residuos, son contabilizado en el sector “Energía” y no en “Agricultura” o “Cambio de Uso de los Suelos y Forestal”.

Los tres sectores mencionados al final contabilizan las emisiones y/o capturas de gases invernadero, que se generan como producto de procesos microbiológicos naturales, que ocurren en los suelos (por ejemplo, la nitrificación y la denitrificación) o en las estructuras creadas sobre éste (tranques o pretilas para producir arroz, por ejemplo), así como también, en los residuos orgánicos producidos por los animales criados en cautiverio, especialmente, el ganado doméstico.

Por su parte, las buenas prácticas tienen, por objetivo, incorporar los elementos de juicio necesarios para que, en la elaboración de los inventarios nacionales, se de satisfacción de los siguientes principios:

- **transparencia:** que los supuestos y metodologías empleadas, estén claramente explicadas y adecuadamente referenciadas, para facilitar la repetición y evaluación por usuarios de la información entregada,
- **consistencia:** que el inventario, elaborado para un año dado, sea internamente coherente con los inventarios elaborados para otros años; ello, básicamente, significa aplicar todos los años, las mismas

---

<sup>A</sup> Países incluidos en el Anexo I del Protocolo de Kyoto

metodologías y fuentes de información (léase, datos de actividad) empleadas para el año base <sup>A</sup>,

- **precisión:** que el inventario debe ser lo más preciso posible, con estimados que no están sistemáticamente por sobre o por debajo de las emisiones y/o remociones reales (hasta dónde es posible juzgar), al mismo tiempo que la incertidumbre debe ser reducida en la medida de lo posible; para ello, deberán aplicarse diferentes niveles metodológicos, según lo aconsejan las guías de buenas prácticas,
- **comparabilidad:** que los estimados de emisiones y remociones provengan de métodos aprobados y estén desagregados en los sectores y categorías identificados por las directrices del Panel Intergubernamental; ello permitirá la comparación entre países con circunstancias ambientales y productivas similares, y
- **exhaustividad:** que, de todas las reconocidas por las directrices del Panel Intergubernamental, el inventario elaborado incluya todas las sectores y categorías vigentes en el país, además reincluir otras fuentes que le sean específicas y con una cobertura geográfica total.

En inglés, idioma oficial del Protocolo de Kyoto y la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, este conjunto de atributos es conocido como la TCCCA <sup>B</sup> (en español, la TCCEA)

El método por defecto para estimar emisiones y/o capturas, conocido como Tier 1, corresponde básicamente a un método lineal simple, caracterizado por la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión/Captura} = \text{FE} \times \text{DA} \times \text{FC}$$

donde:

- FE = factor de emisión, que puede ser de emisión, propiamente tal, o de captura,
- DA = dato de actividad; generalmente, es un valor colectado de las estadísticas nacionales (por ejemplo, superficie anual con cultivo del arroz o de plantaciones forestales) pero, también, puede involu-

---

<sup>A</sup> Para los países con compromisos ante el Protocolo de Kyoto, corresponde a 1990 (a menos que se haya convenido algo distinto); para Chile, el año base corresponde a 1994

<sup>B</sup> Transparency, consistency, comparability, completeness, accuracy (TACCC)

crar una constante o parámetro (por ejemplo, contenido de C o relación C/N de la biomasa vegetal, tasa anual de expansión de biomasa arbórea, densidad de la madera o fracción de residuos vegetales quemados en el campo), y

- FC = factor de conversión, constante que permite expresar la emisión estimada de un gas determinado o la captura de carbono desde la atmósfera, en las unidades adecuadas.

Los datos de actividad requeridos para la estimación de los flujos de gases invernadero (emisiones o capturas), pueden ser de los siguientes dos tipos:

- valores estadísticos, correspondientes a la información que agencias nacionales especializadas coleccionan, procesan y publican periódicamente. El PICC estimula a los países a privilegiar el uso de datos nacionales, publicados regularmente, de acceso fácil y gratuito, y que, en su colecta, se apliquen procedimientos rutinarios de control de calidad. A esta categoría, pertenece una larga serie de datos de actividad, como población humana conectada a plantas de tratamiento de aguas servidas, número de cabezas por especie animal, superficie con cultivos de leguminosas, cantidad de nitrógeno aplicado como fertilizantes minerales, superficie de plantaciones forestales, superficie de bosque nativo manejado y carga anual de residuos recibidos en rellenos sanitarios, entre muchas otras, y,
- parámetros o constantes, correspondientes a factores que transforman los datos de actividad estadísticos a formas que permiten la aplicación de los factores de emisión. Se trata de datos no colectados por los sistemas nacionales de estadísticas pero si son de uso frecuente en niveles de investigación, académicos o de servicios y que se encuentran publicadas en revistas especializadas; como ejemplos, se puede mencionar el contenido de C en la biomasa vegetal, relación C/N de la biomasa vegetal, contenido de C en suelos, fracción de residuos agrícolas quemada *in-situ* o enterrada en el suelo, proporción de animales estabulados por especie, fracción de fertilizantes nitrogenados que lixivian, factor de expansión anual de la biomasa forestal comercial, factor de transformación entre biomasa forestal comercial y total, y consumo proteico por persona, entre muchas otras.

Cuando concurren ambos tipos de datos, la ecuación general es:

$$\text{Emisión/Captura} = \text{FE} \times \text{DA estadístico} \times \text{DA paramétrico} \times \text{FC}$$

Estas ecuaciones, aplicadas con los valores por defecto que el PICC proporciona, conforman el “método por defecto” o “método nivel 1”<sup>A</sup>, que es la instancia metodológica más simple, aplicable por un país que no cuenta con una mejor información y debe contentarse con aplicar factores de emisión y/o datos de actividad paramétricos ofrecidos por el PICC, no obstante el riesgo de que las circunstancias nacionales no sean debidamente reflejadas; lo mismo ocurre cuando los datos de actividad estadísticos deben ser tomadas de fuentes internacionales<sup>B</sup>, en ausencia de datos nacionales.

Las directrices metodológicas del PICC estimulan a los países a aplicar “métodos nivel 2” o, mejor aún, “métodos nivel 3” o “específicos al país”. El método nivel 2 utiliza el mismo procedimiento metodológico del nivel 1 pero con factores de emisión y/o datos de actividad paramétricos propios del país o de una región de éste. Bajo estas circunstancias, siempre se alcanzará estimaciones de emisiones/capturas de gases de efecto invernadero más reales.

El “método nivel 3” es definido como el desarrollado por un país, según sus propias circunstancias. Generalmente, se trata de modelos y/o sistemas de medición diseñados en función de las circunstancias nacionales o de una parte de su territorio; tratándose de métodos validados, las estimaciones resultantes serán más precisas y menos inciertas que las generadas con los niveles 1 y 2. Las áreas donde ha habido una mayor aplicación de métodos país-específicos, han sido las referidas a flujos de biomasa en sistemas forestales y flujos de nitrógeno en suelos cultivados.

Para tener claridad en los niveles metodológicos, se reproduce lo que establece el PICC, en las Guías Metodológicas versión 2006 (PICC,

---

<sup>A</sup> Generalmente, los niveles son conocidos como tiers

<sup>B</sup> Para los sectores no-energía, la fuente más relevante es la base de datos de la Food and Agriculture Organization (FAO), accesible a través de <http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture>

2006), aprobadas por el PICC en su XXV Reunión Plenaria, acaecida los días 26, 27 y 28 de Abril, en las Islas Mauricio:

*“Los métodos nivel 1 son los más fáciles de usar, ya que se proveen las ecuaciones y valores de parámetros por defecto (p.e., factores de emisión y cambios de provisiones). Se requiere de datos de actividad país-específicos pero, para este nivel, existen generalmente fuentes de datos de actividad estimados (tasas de deforestación, estadísticas de producción agrícola, mapas de cobertura global de la tierra, uso de fertilizantes, datos de población pecuaria, etc.), aunque dichos datos son generalmente imprecisos y a escalas amplias.*

*Los métodos nivel 2, pueden aplicar la misma aproximación metodológica del nivel 1 pero, requieren de factores de emisión y de cambios de existencias país -o región- específicos, para los usos de los suelos o categorías de animales más importantes. Los factores de emisión país-específicos son más apropiados para las regiones climáticas, sistemas de uso de los suelos y categorías de animales de ese país. Se usan datos de actividad de mayor resolución temporal y espacial y más desagregados que en el nivel 2, en conjunto con coeficientes definidos para regiones específicas y categorías de animales o uso del suelo especializadas.*

*Para el nivel 3, se usan métodos de ordenes superiores, incluyendo modelos y sistemas de catastro y monitoreos, diseñados a medida de las circunstancias nacionales, repetidos en el tiempo y conducidos por datos de actividad de alta resolución y desagregados a un nivel subnacional. Estos métodos de orden mayor proveen estimados de mayor certeza que los niveles menores. Tales sistemas pueden comprender muestreos integrales de campo, repetidos a intervalos regulares y/o sistemas etéreos, datos de clase/producción, datos de suelos y uso del suelo y sistemas de manejo, basados en SIG, integrando varios tipos de monitoreo. Ciertas superficies donde ocurre un determinado cambio del uso del suelo pueden ser generalmente monitoreadas en el tiempo, al menos estadísticamente. En la mayoría de los casos, estos sistemas tienen una dependencia climática y así, proveen estimados con variabilidad interanual. Puede usarse una desagregación detallada de la*

*población ganadera, de acuerdo a tipo, edad, peso corporal, etc. Los modelos deberían estar sometidos a chequeos de calidad, auditorias y validaciones, y ser exhaustivamente documentados”.*

La elección del método, por categoría de emisión/captura, es clave en la precisión e incertidumbre del inventario en elaboración. Para ello, se hace necesario seguir las siguientes pautas de conducta:

1. el PICC estimula a los países, a elaborar sus inventarios anuales de gases invernadero, aplicando métodos nivel 2 y, en lo posible, métodos específicos para el país, siempre que esté en condiciones de aportar la información que estos niveles demandan,
2. si no está en esas condiciones y debiera invertir importantes recursos financieros, el país debiera intentar aplicar métodos nivel 2 o 3, al menos para las “categorías claves”<sup>^</sup>, aplicando el método nivel 1 para las “categorías no claves”,
3. para las categorías claves conformadas por más de una sub-categoría, se debiera concentrar los esfuerzos en las sub-categorías “significativas”, intentando aplicar los métodos más avanzados con ellas; para las sub-categorías “no significativas”, es aceptable el uso del método nivel 1,
4. los niveles de mayor exquisitez son exigibles a países que están en condiciones de aportar la información al nivel que los métodos avanzados lo requieren y/o está en condiciones de invertir para obtenerla, y
5. si ello no ocurre, el inventario podrá ser elaborado con la aplicación de los métodos nivel 1, independiente de la condición de “clave” de alguna categoría.

Una categoría es clave cuando su participación individual a las emisiones totales es, a lo menos, de un 1% y, ranqueadas las categorías en forma descendente por sus contribuciones relativas, queda incluida en el grupo que contribuye con el 95% superior de las emisiones nacionales. Por su parte, una sub-categoría es significativa cuando aporta con el 25%, a lo menos, de las emisiones de la categoría.

---

<sup>^</sup> Key categories



Esta división entre sub-categorías significativas y no-significativas es aplicable a las categorías conformadas por más de una sub-categoría, como por ejemplo:

- las vinculadas a la ganadería doméstica (fermentación entérica y gestión del estiércol), compuestas por varias especies animales, estilos de confinamiento y/o de gestión del estiércol producido,
- la de suelos cultivados, conformada por las diferentes formas de aporte antropogénico de nitrógeno a los suelos,
- la de quema *in-situ* de residuos de cultivos, conformada por los distintos cultivos generadores de residuos que tienden a ser quemados en el campo,
- la de expansión de biomasa forestal, conformada por las diferentes especies de árboles forestales plantadas y por el bosque nativo manejado, y
- la de gestión de las aguas servidas domiciliarias, constituida por aguas tratadas y no tratadas.

Esta mejor focalización en los ámbitos que más contribuyen a las emisiones/capturas de gases invernadero tiene, como objetivo central, ser más eficientes en la asignación de los recursos humanos y financieros, evitando imponer exigencias financieras desmesuradas o imposibles de soportar, al mismo tiempo que optimizar los resultados. Así, la determinación de las categorías claves es un paso inicial esencial, cuyo resultado orientará la selección de los métodos de estimación, por categoría y sub-categoría, y definir si los vacíos de información –para la aplicación de los métodos de mayor nivel- pueden ser satisfechos, a un costo razonable.

Se puede concebir varias formas de efectuar esta determinación de las categorías claves, todas ellas descritas en las guías de buenas prácticas ya mencionadas. Una forma práctica de efectuar este análisis es la siguiente:

A. si el país cuenta con un(os) inventario(s) anual(es):

- tomar el inventario del año más cercano al que será inventariado,

- determinar el porcentaje en que cada categoría aporta a las emisiones totales del país,
- establecer un ranking de todas las categorías, generando una lista según sus participaciones relativas decrecientes (en porcentajes, de mayor a menor),
- generar una columna de participación acumulada, con la suma de las participaciones relativas,
- cortar la lista cuando la participación acumulada alcance el 95%, y
- todas las categorías por sobre ese umbral, pasan a ser “claves” y ameritan se analice la factibilidad de estimar sus emisiones con métodos más avanzados que el nivel 1, ojala específicos al país.

B. si el país no cuenta con un inventario anual:

- hacer una estimación simple de las emisiones del año por inventariar, aplicando el método nivel 1 en todas sus categorías, y
- una vez tenido este inventario preliminar, continuar en la forma indicada en el punto a.

El mismo procedimiento puede aplicarse a las categorías claves que estén conformadas por más de una sub-categoría, con la salvedad que no es necesario determinar el porcentaje acumulado ya que solo interesa el porcentaje de aporte de cada clase a las emisiones de la categoría.

Debe tenerse cuidado de no caer en dobles contabilidades. Este punto es especialmente relevante para aquellos ítems que presentan diversos usos finales como, por ejemplo, los residuos de cultivos, el estiércol animal y la biomasa forestal. Así, la quema de residuos debe considerar sólo aquella fracción que es quemada directamente en el campo, substrayendo de la masa residual total, las fracciones con otros destinos (forraje animal, combustible, incorporación al suelo, otros usos).

El estiércol animal deberá desagregarse entre el producido a campo abierto y el producido en confinamiento; a su vez, el producido en confinamiento deberá desagregarse por sistema de gestión. En el caso de los productos forestales, debe tenerse cuidado con la producción de leña ya que las emisiones de CO<sub>2</sub> deben contabilizarse en el Sector

“Energía” y las de gases no-CO<sub>2</sub>, en el Sector “Cambio de Uso de los Suelos y Forestal”.

Finalmente, para los sectores “Agricultura” y “Cambio de Uso de los Suelos y Forestal”, el PICC aconseja conformar los datos de actividad estadísticos anuales por el promedio de tres años consecutivos, con el objeto de aminorar el impacto de eventos extremos, como sequías, exceso de lluvias o incendios forestales, que pueden manifestar grandes variaciones entre años consecutivos<sup>A</sup>. Para generar el valor anual, los datos del año inventariado debieran ir al centro; sin embargo, se pueden adoptar fórmulas diferentes, con el año inventariado en uno de los extremos. La condición básica es que la fórmula sea aplicada consistentemente, a lo largo del inventario.

## 2.2. Relación por sector

Esta publicación tiene relación con los sectores, los que conocen como los sectores no-energía o no-energéticos, esto es, “Agricultura”, “Cambio de Uso de los Suelos y Forestal” y “Residuos”. Por tanto, quedan fuera otros importantes sectores, como “Energía” (que aporta entre 70 y 90% de las emisiones nacionales de gases invernadero), “Procesos Industriales” y “Uso de Solventes y Otros Productos”, debido a que sus emisiones son generadas por un aporte antrópico de energía, lo que es una diferencia substancial con los sectores no-energéticos, en los que las emisiones de gases invernadero se produce por procesos microbiológicos y/o proceso geoquímicas naturales.

### A. Sector “Agricultura”

Reconoce emisiones de gases de efecto invernadero no-CO<sub>2</sub>, específicamente metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), y de gases precursores, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM). Debido a que, en un terreno cultivado, hay un ciclo cerrado de síntesis (por la fotosíntesis) y eliminación de biomasa vegetal (cosecha), el PICC asume que

---

<sup>A</sup> Conviene expresar que este estilo de cálculo fue eliminado en la revisión 2006 de las Directrices Metodológicas, aprobadas en la 25ª Reunión Plenaria del PICC

la agricultura tiene un balance cero para el  $\text{CO}_2$ , esto es, que el  $\text{CO}_2$  eliminado a la atmósfera es igual al capturado durante el próximo ciclo de cultivo.

Según las directrices metodológicas del año 1996, la agricultura presenta emisiones de los siguientes gases desde las siguientes categorías:

1. metano ( $\text{CH}_4$ ), por fermentación entérica de animales domésticos,
2. metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), por gestión del estiércol acumulado en sitios de confinamiento animal,
3. metano ( $\text{CH}_4$ ) desde la superficie cultivada con arroz,
4. óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) desde la superficie de suelos cultivados, por vías directas e indirectas, y
5. metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y gases precursores ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ , COVMN), por quema *in situ* de biomasa vegetal, muerta o viva (quema de residuos de cultivos y quema periódica de sabanas).

## B. Sector “Cambio de Uso de los suelos y Forestal”

Este sector contabiliza los flujos de carbono y nitrógeno en sistemas boscosos manejados, o sea, intervenidos periódicamente por los seres humanos. El bosque nativo no manejado, existente en áreas destinadas a la protección de la vida silvestre, queda excluido de los inventarios de gases de efecto invernadero, por no haber intervención humana y asumirse en equilibrio entre síntesis y degradación.

El sector contabiliza emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), y captura de carbono. Es el único sector, de los que componen el inventario, que registra capturas, las que se originan tanto por procesos de expansión de biomasa forestal (captura de  $\text{CO}_2$  atmosférico) como por el aumento de materia orgánica en suelos forestados/reforestados. Las categorías del sector son las siguientes:

1. balance de carbono (como  $\text{CO}_2$ ) por cambios en la dotación de recursos forestales y leñosos; involucra un balance entre la expansión de la biomasa en tierras forestales y la cosecha anual de productos forestales (básicamente, madera y leña),

2. emisión de anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y gases no- $\text{CO}_2$  ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ , COVNM) por la conversión (eliminación) de tierras forestales (deforestación) y pastizales (devegetación); el  $\text{CO}_2$  es emitido desde los diversos “bancos” de biomasa (biomasa en pie, hojarasca) y por la oxidación de la materia orgánica de los suelos, en tanto que los otros gases emergen del uso fuego, como medio para “limpiar” rápidamente el terreno,
3. captura de  $\text{CO}_2$  atmosférico por abandono de tierras cultivadas, donde se regenera espontáneamente una biomasa boscosa; también, se debe contabilizar la captura de carbono por los suelos bajo esta reforestación espontánea,
4. emisión y/o captura de  $\text{CO}_2$  desde los suelos, ya sea por la cultivación (agrícola o forestal) de suelos minerales y orgánicos (histosoles) y por el uso de cal u otras enmiendas calcáreas, y
5. otras, categoría abierta para que cada país incluya alguna fuente específica que, por su singularidad, no ha sido reconocida explícitamente por las directrices metodológicas.

### C. Sector “Residuos”

Este sector contabiliza las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), resultantes de procesos microbiológicos que ocurren en la materia orgánica bajo degradación anaeróbica. Al igual que para la agricultura, el PICC asume que el balance del  $\text{CO}_2$  es cero, ya que, si bien hay emisión de éste, proviene de un substrato que se sintetiza periódicamente en ciclos anuales o bien, de substratos sintetizados a partir del consumo de otros substratos orgánicos.

El gas más importante de este sector es el metano ( $\text{CH}_4$ ). Sus emisiones, por la descomposición anaeróbica de los residuos antrópicos, representan entre el 5 y el 20% del metano antropogénico emitido anualmente a la atmósfera. Las dos principales fuentes de metano son los rellenos sanitarios y las plantas de tratamiento de aguas servidas.

Las fuentes o categorías de emisión de gases invernadero, son las siguientes:

- emisión de metano ( $\text{CH}_4$ ), principalmente desde sitios de disposición de residuos sólidos, manejados o no manejados; este gas, resultado de la descomposición anaeróbica de residuos orgánicos, es emitido a una tasa decreciente, en un proceso que toma varios años,
- emisión de metano ( $\text{CH}_4$ ), por tratamiento anaeróbico de las aguas residuales, domésticas y/o industriales (fundamentalmente, agroindustrias, plantas de pulpa y papel), siendo estas últimas la principal fuente contribuyente; el origen de las emisiones se encuentra tanto en la fase líquida como en la sólida (lodos) del tratamiento de las aguas residuales,
- emisión de óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ), por la descomposición anaeróbica de los compuestos proteicos, suspendidos o disueltos en las aguas residuales, especialmente aguas servidas domiciliarias; si se trata de aguas servidas no tratadas, que se distribuyen en ríos o suelos, las emisiones se contabilizan en el sector "Agricultura", y
- emisión de gases no- $\text{CO}_2$  ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ , COVNM), por incineración de residuos sólidos; si esta incineración conduce a la generación de energía utilizable, las emisiones deben ser contabilizadas en el sector Energía; si la incineración abarca materiales fósiles o mineros, debe contabilizarse la emisión de anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) correspondiente a esos materiales.