



## GESTIÓN INTEGRAL CORPORATIVA DE LA HUELLA DE CARBONO

# 4

# GUÍA PARA EL CÁLCULO Y GESTIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL, PECUARIO Y DE ALIMENTOS





GESTIÓN INTEGRAL CORPORATIVA DE LA HUELLA DE CARBONO

4

GUÍA PARA EL CÁLCULO  
Y GESTIÓN DE LA HUELLA  
DE CARBONO EN EL SECTOR  
AGROINDUSTRIAL,  
PECUARIO Y DE ALIMENTOS

# 4

## GUÍA PARA EL CÁLCULO Y GESTIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL, PECUARIO Y DE ALIMENTOS



**Elsa Matilde Escobar**  
**Directora Ejecutiva**

**Roberto León Gómez**  
**Subdirector Desarrollo Local y Cambio Global**



**Fabiola Suárez**  
**Directora CAEM**



**Rafael Mejía**  
**Presidente**



**Luis Gilberto Murillo**  
**Ministro**

**Rodrigo Suárez**  
**Director de Cambio Climático**



**MVC COLOMBIA**  
Mecanismo de Mitigación Voluntaria  
de Emisiones de GEI

**Director General:**  
**Roberto León Gómez**

**Componente 1:**  
**Michelle Hernández**

**Componente 2:**  
**Alexandra Ochoa Herrera**

**Componente 3:**  
**Margarita Pava**

**Realizada por:**  
**Diana Rauchwerger - Juan Jacobo Carrizales -  
William Rodríguez Delgado**

**Coordinación Institucional  
y Acompañamiento Técnico:**  
**William Rodríguez Delgado  
Daniela Villalba Rodríguez  
Felipe Saavedra Quintero  
Margarita Pava Medina  
Corporación Ambiental Empresarial - CAEM**

**Diseño:**  
**Andy Rodríguez M.**



**Cítese como:**

Fundación Natura. Guía para el cálculo y gestión de la huella de carbono en el sector agroindustrial, pecuario y de alimentos; Rauchwerger, D; Carrizales, J. Bogotá D.C. Colombia; Fundación Natura – Corporación Ambiental Empresarial CAEM. 2016 (número de páginas del documento).

ISBN: 978-958-8753-27-0

La elaboración, diagramación e impresión de esta guía fue realizada con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial – FMAM -, a través del Banco Interamericano de Desarrollo – BID.

© Fundación Natura

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización de los titulares de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción de este documento para fines comerciales.

# CONTENIDO



---

## 1 INTRODUCCIÓN 4

---

- 1.1 ¿POR QUÉ UNA GUÍA? 6
- 1.2 ¿PARA QUÉ REALIZAR LA GUÍA Y CUÁL ES SU CONTENIDO? 7
- 1.3 ¿A QUIEN VA DIRIGIDA? 9
- 1.4 ¿QUÉ SE NECESITA PARA EMPEZAR? 9

---

## 2 DESARROLLO 11

---

- 2.1 ¿QUÉ ES EL EFECTO INVERNADERO? 12
- 2.2 ¿QUÉ SON LOS INVENTARIOS DE GEI O HUELLA DE CARBONO? 13
- 2.3 ¿CUÁL ES LA UTILIDAD DE LA HUELLA DE CARBONO AGROPECUARIA? 13
- 2.4 ¿QUÉ ELEMENTOS COMUNES TIENE LA CUANTIFICACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL SECTOR AGROPECUARIO CON OTROS SECTORES ECONÓMICOS? 13
- 2.5 ¿QUÉ HACE DIFERENTE LA CUANTIFICACIÓN DE HUELLA DE CARBONO AGROPECUARIA? 16
- 2.6 ¿CÓMO SE CUANTIFICA LA HUELLA DE CARBONO EN EL SECTOR AGROPECUARIO? 17

---

## 3 PASOS A SEGUIR PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO

---

- PASO 1. DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES DE LA CUANTIFICACIÓN 23
- PASO 2. SELECCIÓN DEL PERIODO BASE. 25
- PASO 3. IDENTIFICACIÓN DE EMISIONES 26
- PASO 4 .CUANTIFICACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO 29
- PASO 5. CONDICIONES MÍNIMAS DE REPORTE Y DECLARACIÓN DE GEI 52

---

## 4 REFERENCIAS Y FUENTES DE INFORMACIÓN 60

---

# INTRODUCCIÓN



A finales de 2015 se celebró en París la Convención Marco sobre el Cambio Climático COP21, en donde 195 países del mundo hicieron un acuerdo histórico (Acuerdo de París) para hacerle frente al cambio climático. Colombia se comprometió a reducir el 20% de sus emisiones de gases de efecto

invernadero para el año 2030<sup>1</sup>. Para cumplir con esta meta es necesario que el país fortalezca y financie estrategias enfocadas hacia la adaptación y al desarrollo e implementación de tecnologías sustentables, sobre todo en los sectores que más portan al calentamiento global.

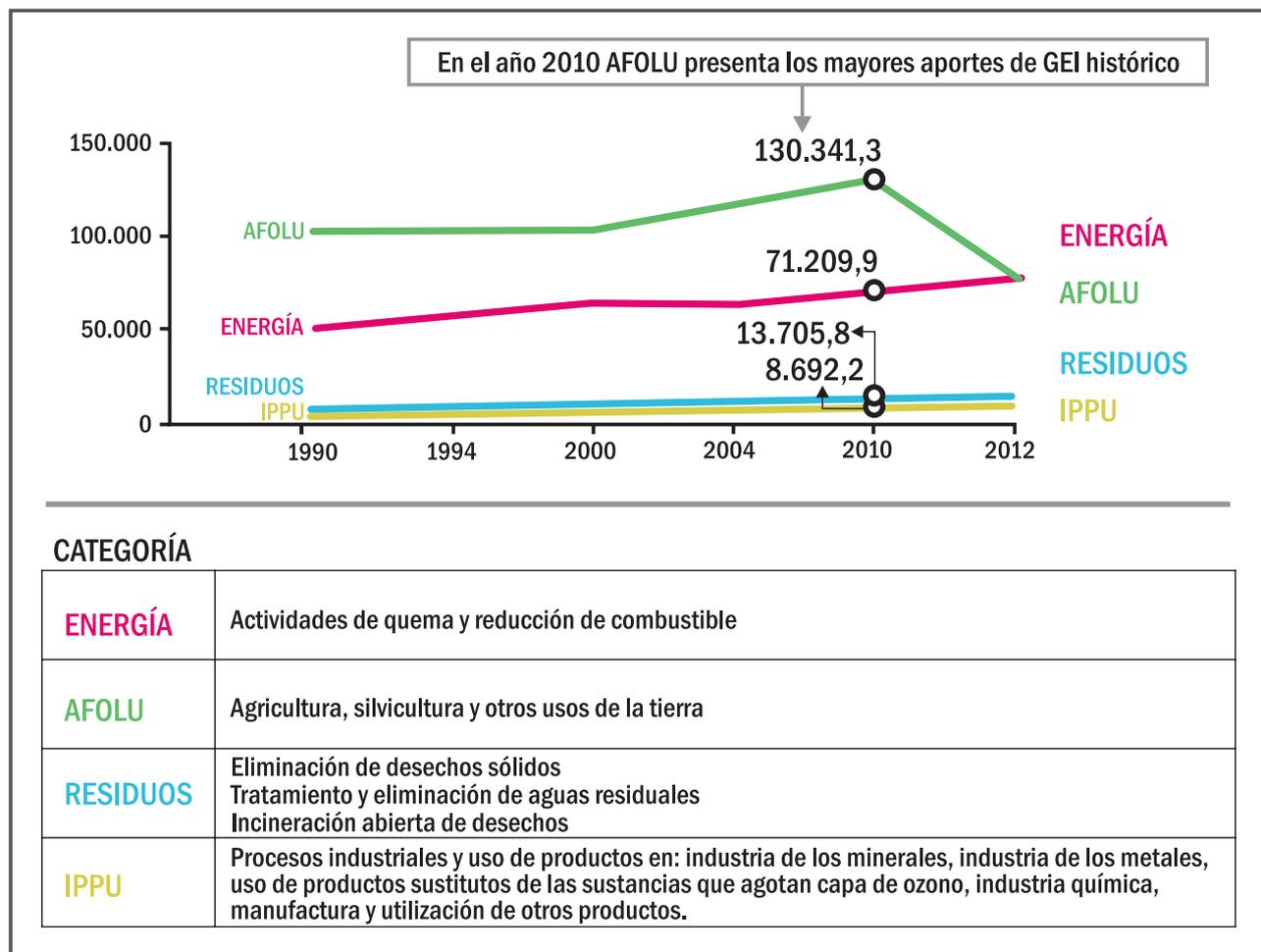


Figura 1. Histórico de emisiones GEI Colombia. Fuente: IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2015. Primer Informe. Bienal de Actualización de Colombia ante la CMNUCC - Resumen Ejecutivo. Bogotá D.C., Colombia.

El Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático)

<sup>1</sup> García Arbeláez, C. Barrera, X. ; Gómez, R. y R. Suárez Castaño. 2015. El ABC de los compromisos de Colombia para la COP21.

del año 2015, muestra que la categoría que históricamente ha aportado la mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) ha sido AFOLU que agrupa: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (Figura 1). De acuerdo con lo anterior, los empresarios del sector agropecuario pue-

den contribuir a reducir de forma determinante el impacto de sus actividades, llevando a cabo acciones voluntarias que ayuden a ahorrar dinero, mejoren la productividad y disminuyan las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) asociadas a sus procesos de producción.

---

## 1.1 ¿POR QUÉ UNA GUÍA PARA EL SECTOR AGROPECUARIO?

---

A nivel mundial, la FAO reporta que alrededor de 2.500 millones de personas obtienen sus ingresos del sector agropecuario, por esta razón esta actividad es fundamental no solo para el suministro de alimentos, también es la principal fuente de medios de vida de todo el planeta<sup>2</sup>.

---

### Sabía que...

Para el 2050 se espera que la demanda mundial de alimentos crezca aproximadamente un 60%, en especial la de productos de origen animal (carnes, huevos y lácteos), por efecto directo del incremento poblacional y por el aumento de la capacidad de consumo, que genera cambios en los hábitos alimenticios. Se espera que para este mismo año el consumo global de carne sea más del doble que en 1999, aproximadamente 465 millones de toneladas.

Por otro lado, está la complejidad y la diversidad del sector agropecuario que combina la elaboración de diversos tipos de producción vegetal y animal, que va desde cultivos de pancoger para autoconsumo, hasta sistemas de producción a escala industrial (caña, arroz, café, maíz, soya, ganadería y biocombustibles, entre otros) necesarias para satisfacer las necesidades de alimento y materias primas de la población humana.

Históricamente Colombia ha sido señalada como un país con amplia vocación para el desarrollo del sector agropecuario<sup>3</sup>. La amplia variabilidad topográfica, climática, de suelos y su cercanía al ecuador, entre otras condiciones, hacen que el desarrollo del sector agropecuario del país sea particular, y que fácilmente se pueda establecer una amplia gama sistemas pecuarios y de cultivo. Esta actividad tiene una importancia clave para la economía y el desarrollo social del país, ya que genera más del 20% del empleo nacional, y representa aproximadamente el 50% del empleo en las áreas rurales<sup>4</sup>. La producción agropecuaria del país es fundamental para el abastecimiento de alimentos (seguridad alimentaria) y de materias primas para la agroindustria, y un buen porcentaje de ella es destinada a los mercados internacionales generando divisas.

Sin embargo, la producción de alimentos y materias primas genera profundos impactos sobre el medio ambiente, como por ejemplo: es la princi-

---

<sup>2</sup> Revista Dinero. 2015. ¿Cuántas personas viven del agro en el mundo?

<sup>3</sup> Kalmanovitz, Salomón; López, Enrique. 2010. La Agricultura Colombiana en el Siglo XX. Fondo de cultura Económica de España. 433pgs.

<sup>4</sup> Sociedad de Agricultores de Colombia, SAC. 2012. Mesa de conversaciones para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera en Colombia. LA AGRICULTURA COLOMBIANA PRÓSPERA, EL CAMINO PARA LA PAZ FORO: "POLITICA DE DESARROLLO AGRARIO INTEGRAL" EN EL MARCO DEL PROCESO PARA UN ACUERDO DE PAZ.

pal fuente de contaminación con nitratos, fosfatos y metales pesados, etc. de suelos, aguas superficiales y subterráneas; el uso indiscriminado de productos agroquímicos, genera procesos de degradación del suelo, lo cual se ve reflejado en la reducción histórica de los rendimientos de los cultivos<sup>5</sup>; la ampliación de la frontera agrícola es la principal causa de pérdida de la biodiversidad del mundo<sup>6</sup> y es una de las fuentes antropogénicas o humanas que más emite Gases de Efecto Invernadero (GEI)<sup>7</sup>, entre otros.

En Colombia en la última década, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural señala con preocupación cómo el sector agropecuario ha sido fuertemente afectado por causas relacionadas con el cambio climático. Tanto las autoridades locales (Ministerio de Agricultura, IDEAM, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, etc.) como las organizaciones de escala global (Naciones Uni-

das, Unión europea, etc.), reconocen que la alteración de los patrones climáticos locales, regionales y globales representan una gran amenaza a la producción agrícola y pecuaria. Adicionalmente, fenómenos climáticos como El Niño y La Niña incrementan la vulnerabilidad del sector agropecuario dado que se modifican los patrones de lluvia, generando pérdidas inmediatas en la producción agrícola y pecuaria.

Con el fin de garantizar la seguridad y la soberanía alimentaria del país e incrementar los rendimientos y los ingresos del sector agropecuario es necesario que los productores dirijan todos sus esfuerzos hacia el uso racional e inteligente de los recursos naturales, en especial hacia aquellas medidas dirigidas a la adaptación ante los efectos del cambio climático y a la reducción de sus emisiones de GEI, en donde los procesos agropecuarios sean sustentables.

---

## 1.2 ¿PARA QUÉ REALIZAR LA GUÍA Y CUÁL ES SU CONTENIDO?

---

La producción agropecuaria del país es altamente vulnerable al cambio climático, el cual genera una serie de eventos hidrometeorológicos extremos como: sequías, olas de calor y frío, lluvias torrenciales, inundaciones, deslizamientos e incremento en la intensidad de los fenómenos de El Niño y La Niña<sup>8</sup>. Las condiciones climáticas, en general, son determinantes para los sistemas de producción agropecuarios que actualmente se desarrollan en el país, en particular, el clima y la disponibilidad de agua. En la medida que el clima cambia, el sistema de producción también tendrá que hacerlo.

Por otro lado, los modelos climáticos predicen que con un incremento de la temperatura global superior los 2°C para el 2020-2050, se vean afectados

directamente los rendimientos de los cultivos en general, por efecto del estrés térmico e hídrico<sup>9</sup>.

---

<sup>5</sup> Somero; G.N. 2010. The physiology of climate change: how potentials for acclimatization and genetic adaptation will determine 'winners' and 'losers'. *The Journal of Experimental Biology*.

<sup>6</sup> FAO. 2006. LIVERSTOCK 'S LONG SHADOW Environmental Issues and Options. Roma.

<sup>7</sup> FAO. 2006. LIVERSTOCK 'S LONG SHADOW Environmental Issues and Options. Roma.

<sup>8</sup> COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas Revisión 3.1 Adaptada para Colombia (CIIU REV.3.1 A.C.). Bogotá D.C.: El Departamento, 2005.

<sup>9</sup> Salazar & Mejía. Efectos del cambio climático en el rendimiento de los cultivos. U. de Gto. México.

En temperaturas por encima de los 40° C se espera que se inhiba la actividad fotosintética y la planta entre en shock térmico; con temperaturas superiores a los 32°C la tasa fotosintética baja, hay caída de flores y se detiene la fertilización de óvulos<sup>10</sup>.

En este mismo escenario también habría una mayor concentración de carbono en la atmósfera, lo cual acortaría el ciclo fenológico de las plantas, en especial las del grupo C3 (arroz, soya, trigo, fríjol)<sup>11</sup>. Inicialmente se espera que haya un incremento del rendimiento por unidad de área; sin embargo, hay que considerar que se estarían alterando las interacciones ecológicas que hay entre plantas y polinizadores naturales, ya que no existiría coincidencia temporal entre las épocas de floración y los ciclos de vida de los polinizadores. Esto implica una reducción entre el 17 al 50% de la dieta disponible de los insectos polinizadores y una posible extinción tanto de insectos como de especies vegetales<sup>12</sup>.

Con esto en mente, la producción ganadera también se puede ver directamente afectada. Los cambios de temperatura se traducen en la transformación de los hábitats de las especies forrajeras que posibilitan el engorde del ganado y la producción lechera. Así mismo, los cambios de temperatura redundan en cambios de las zonas agroecológicas y, por ende, en la capacidad de carga y disponibilidad de forrajes.

De acuerdo con lo anterior, los productores y/o empresarios del agro enfrentan grandes desafíos, entre estos, cada día tiene más relevancia el tema ambiental. Por esta razón, la Corporación Ambiental Empresarial CAEM y La FUNDACIÓN NATURA en el marco de la iniciativa MVC Colombia, con el apoyo del Fondo Mundial para el Medio Ambiente, GEF por sus siglas en inglés y el Banco Interamericano de Desarrollo BID, deciden desarrollar esta guía, la cual, es una herramienta que contiene los lineamientos necesarios para el cálculo

de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de las empresas de los subsectores agrícola, pecuario y alimentos, cuyos principales objetivos son: (i) ayudar a los productores de los sectores de interés a calcular su huella de carbono corporativa; (ii) simplificar y reducir los costos de elaborar su inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero y por último (iii) ofrecer información de utilidad para planear una estrategia efectiva para la gestión de los GEI.

El contenido de la guía está dividido en tres capítulos, así:

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>En esta parte del documento se resalta la importancia económica y los posibles efectos del cambio climático sobre los sectores agrícola, pecuario y alimentos.</b>
<b>2. DESARROLLO</b>	<b>En la primera sección se presentan las definiciones clave para la cuantificación del inventario o cálculo de la huella de carbono. En la segunda sección explica cómo se cuantifica el inventario de Gases de Efecto Invernadero por medio de ejemplos.</b>
<b>3. REFERENCIAS</b>	<b>Sitios web, documentos de referencia y ayuda para desarrollar el inventario de GEI.</b>

<sup>10</sup> Kriticos, D; Brown, J; Adkins, S. 2003. Climate change and the potential distribution of an invasive alien plant: *Acacia nilotica* spp. indica in Australia. *JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY*

<sup>11</sup> Rabbinge, R. 1993. The ecological background of food production. Pages 2-29 in: *Crop Protection and Sustainable Agriculture*. Ciba Foundation 77. D. J. Chadwick and J. Marsh, eds. John Wiley & Sons, Chichester, UK.

<sup>12</sup> Memmott, J; Craze, P; Waser, N; Price, M. 2007. Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecología Letreros*, 10: 710-717.

---

### 1.3 ¿A QUIÉN VA DIRIGIDA?

---

Esta guía está dirigida a todos los productores de los subsectores agrícola y pecuario, que busquen desarrollar un inventario organizacional de los gases de efecto de invernadero (GEI) que se originan a partir de sus operaciones agrícolas.

Para facilitar el uso de la guía, el productor se define como una persona civil o jurídica que adopta las principales decisiones acerca de la utilización de los recursos disponibles y ejerce el control administrativo sobre las operaciones de la explotación agropecuaria o finca<sup>13</sup>. El sector agropecuario se define como la producción de bienes y servicios, provenientes de la naturaleza (sin incluir agua, o minería), y está compuesto por los subsectores agrícola, pesca, pecuario, silvícola y caza. El subsector Agrícola está relacionado con todas las actividades que tienen que ver con producir, cultivar y cosechar entre otras, materias primas que puedan ser utilizadas por el ser humano como alimento (cereales, hortalizas y frutas, entre otras) o con otros fines agroindustriales (procesamiento, biocombustibles, producción de concentrados,

etc.)<sup>14</sup>; y el subsector Pecuario debe entenderse como aquellas actividades económicas dedicadas a la crianza y/o levante de animales para consumo humano<sup>15</sup> y otros usos, como por ejemplo la crianza de ganado bovino (vacas), equino (caballos), ovino (ovejas), porcino (cerdos), caprino (cabras), avicultura (aves), cunicultura (conejos), apicultura (abejas) y zootecnia (carnes de monte, chigüiro, lapa) entre otras<sup>16</sup>.

Si bien los empresarios del sector agroindustrial (transformación de los productos provenientes del sector agropecuario para ser empleados como alimento y/o materias primas para otros procesos) pueden beneficiarse del uso de este documento, la complejidad de sus instalaciones o procesos, puede requerir de un análisis más específico en función de su estructura y del tamaño de sus instalaciones, el cual se encuentra con mayor profundidad en la Guía para elaborar Inventarios Corporativos de Gases Efecto Invernadero, realizada por la Fundación Natura y CAEM en el año 2011.

---

### 1.4 ¿QUÉ SE NECESITA PARA EMPEZAR?

---

Se recomienda que antes de iniciar el proceso de cálculo de la huella de carbono corporativa se definan los objetivos del inventario, ya que estos no solo permiten visualizar el comportamiento de los flujos de GEI que se producen en la finca, también permiten planear de forma oportuna cómo, cuándo y qué información es necesaria capturar para poder cumplir con los objetivos del inventario propuestos.

---

<sup>13</sup> FAO. 1993. *Análisis de Sistemas de Producción animal. Tomo 1, Capítulo 2 Papel de la agricultura*. ROMA.

<sup>14</sup> COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). *Sistema de Información del Sector Agropecuario y Pesquero Colombiano (SISAC) Glosario de Términos*. Bogotá D.C.: El Departamento, 2004.

<sup>15</sup> COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas Revisión 3.1 Adaptada para Colombia (CIIU REV.3.1 A.C.)*. Bogotá D.C.: El Departamento, 2005.

<sup>16</sup> FAO. *Glosario de Agricultura Orgánica*. 2009



Los productores pueden tener diversas razones para desarrollar su inventario, como por ejemplo:



Una vez definidos los objetivos, es importante tener claro que el proceso de cálculo de la huella de carbono requiere de un análisis detallado de todas las actividades que se llevan a cabo dentro de la finca, en donde el grado de complejidad y la cantidad de la información necesaria para el cálculo varía de acuerdo con la cantidad de fuentes emisoras de GEI consideradas (Véase el capítulo 2).

También es fundamental que antes de iniciar con el proceso de cuantificación los usuarios de la guía tengan claro conceptos clave como: ¿Qué es el efecto invernadero?, ¿Qué son Gases de Efecto Invernadero (GEI)? ¿Qué GEI son los aplicables para la cuantificación?, ¿Qué es el potencial de calentamiento global (GWP por sus siglas en inglés)?, y ¿Cuáles son fuentes de GEI?, los cuales serán definidos en el capítulo 2 de la guía.

# DESARROLLO

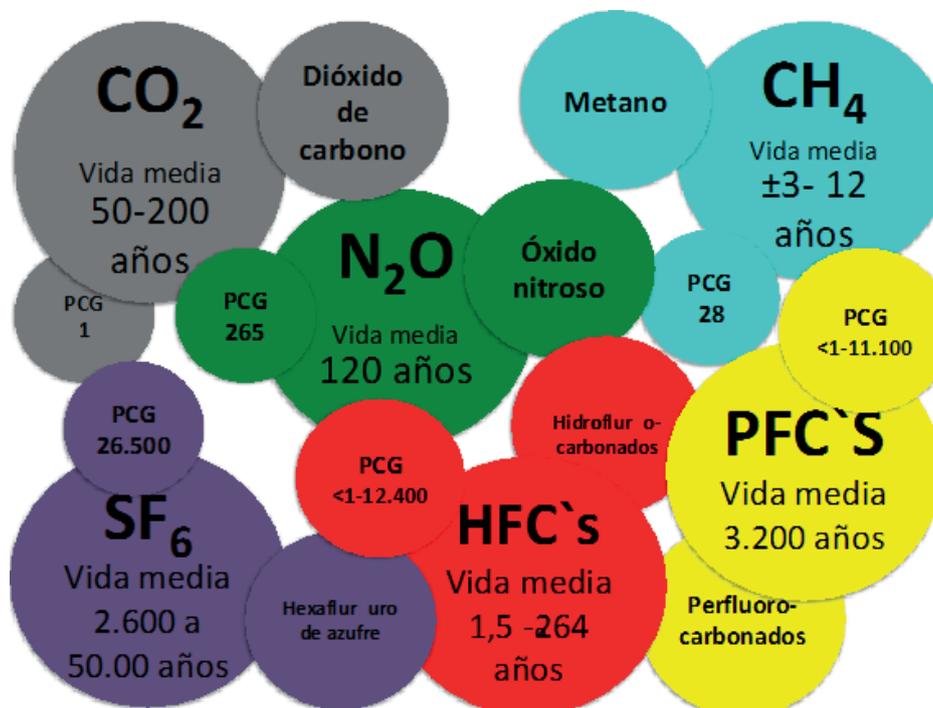


## 2.1 ¿QUÉ ES EL EFECTO INVERNADERO Y LOS PCG?

La producción agropecuaria implica la transformación de ecosistemas para la ampliación de la frontera agrícola, utilización de energía y de insumos que liberan Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Figura 2). Los GEI absorben la radiación que emite la tierra y atrapan el calor, impidiendo el escape de energía hacia el espacio, produciendo así el efecto invernadero. Esto ha derivado en un calentamiento global, es decir, en un aumento gra-

dual de las temperaturas. Lo anterior provoca además, cambios en los esquemas de precipitación, causando derretimiento de las nieves y alterando el suministro del agua en general.

El Potencial de Calentamiento Global (PCG) es la medida que permite estimar los efectos radiativos de cada gas, así como sus diferentes periodos de permanencia en la atmósfera.



\*PCG: Potencial de Calentamiento Global en 100 años  $\text{kgCO}_2\text{e/año}$ .

Figura 3. Principales Gases de Efecto Invernadero producidos por las actividades agropecuarias. Adaptado de: Myhre, G., D. et al., 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

---

## 2.2 ¿QUÉ SON LOS INVENTARIOS DE GEI O HUELLA DE CARBONO?

---

Para facilitar el manejo de la guía, se define Huella de Carbono organizacional como la herramienta para cuantificar las emisiones de GEI que se generan en cualquier actividad económica, en este caso, la producción agrícola y pecuaria, dicha generación se puede expresar en toneladas equivalentes de dióxido de carbono (tCO<sub>2</sub>e) o en términos de la intensidad con relación a la producción de un bien o servicio originado en el sector agropecua-

rio en tCO<sub>2</sub>e/unidad asociada a la producción del bien o servicio agropecuario (ej. tCO<sub>2</sub>e/tonelada cosechada o tCO<sub>2</sub>e/cerdo criado). Los términos Huella de Carbono organizacional e Inventario de GEI organizacional son abordados como un mismo concepto en la presente guía. Para el subsector agroindustrial, en la sección final de este capítulo están resumidas las consideraciones más importantes para cuantificar de emisiones GEI.

---

## 2.3 ¿CUÁL ES LA UTILIDAD DE LA HUELLA DE CARBONO AGROPECUARIA?

---

La Huella de Carbono Organizacional se emplea como un indicador del impacto de las actividades productivas de un sector específico sobre el cambio climático. Por esta razón, la huella de carbono permite que los productores de bienes y servicios agropecuarios puedan definir cuál es el impacto de sus actividades de producción desde el punto de vista de los GEI y, por ende, poder iniciar un proceso de gestión y reducción del impacto asociado.

La estimación voluntaria de la huella de carbono

nace de la creciente preocupación de los consumidores con respecto al impacto que tienen en el cambio climático sus decisiones de compra, y cada vez demandan más información al respecto. En respuesta a esta tendencia generalizada, los productores del sector se están esforzando por inventariar, transmitir y gestionar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero derivadas de sus actividades, convirtiéndose este en un elemento diferenciador, lo cual les permite a los productores el acceso a nuevos mercados.

---

## 2.4 ¿QUÉ ELEMENTOS COMUNES TIENE LA CUANTIFICACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL SECTOR AGROPECUARIO CON OTROS SECTORES ECONÓMICOS?

---

¿Qué elementos comunes tiene la cuantificación de la Huella de Carbono en el sector agropecuario con otros sectores económicos?

Los productores agropecuarios que deseen cuan-

tificar la huella de carbono de sus empresas agropecuarias (fincas, cultivos y demás), pueden hacer uso de las metodologías de cuantificación más utilizadas (GHG Protocol, Bilan Carbon, NTC ISO 14064-1, etc). Dentro de los elementos comunes

en la cuantificación, sin importar el tipo de empresa o metodología de cuantificación utilizada, se propone la consideración de los principios de cuantificación, los cuales dan idea de las condiciones iniciales a tener en cuenta para cuantificar la Huella de Carbono organizacional de la produc-

ción agropecuaria, como se puede ver en la Tabla 1.

<sup>17</sup> La incertidumbre se refiere al “desconocimiento de un valor”, definición disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>

**Tabla 1. Comparación y aplicación de los Principios de cuantificación de GEI a organizaciones agropecuarias.**

FAMILIA DE NORMAS NTC ISO 14064	GHG PROTOCOL / GHG PROTOCOL AGRICULTURAL GUIDANCE
<p><b>Pertinencia:</b> Involucra la correcta elección de fuentes y metodologías de cuantificación que redunden en una huella de carbono que refleje la realidad productiva de la empresa agropecuaria.</p>	<p><b>Relevancia:</b> Se refiere a la necesidad de que la huella de carbono tome en cuenta todas las fuentes y metodologías asociadas a los GEI y así mismo, la huella de carbono se convierta en una herramienta de toma de decisiones.</p>
<p><b>Cobertura Total:</b> La cuantificación de huella de carbono debe incluir todas las fuentes que generen GEI en el contexto de la producción agropecuaria.</p>	<p><b>Integridad:</b> Se refiere a la inclusión de todas las fuentes asociadas a la producción agropecuaria.</p>
<p><b>Coherencia:</b> Tiene como objetivo la comparación significativa en la información relacionada con los GEI en el tiempo.</p>	<p><b>Consistencia:</b> Este principio hace referencia a la utilización de las mismas metodologías y procedimientos de cuantificación, permitiendo así comparar las emisiones de la empresa agropecuaria en el tiempo, incluye la utilización sistemática de factores de emisión (si estos no están actualizados)</p>
<p><b>Exactitud:</b> Reducción al mínimo de errores en la cuantificación y disminución de la incertidumbre.</p>	<p><b>Precisión:</b> Se refiere a la necesidad de eliminar al mínimo la presencia de errores o desviaciones con respecto a las emisiones reales, con el propósito de disminuir la incertidumbre<sup>17</sup> de la cuantificación.</p>
<p><b>Transparencia:</b> Se refiere a la comunicación de todas y cada una de las consideraciones utilizadas para la realización de la cuantificación de la huella de carbono de la empresa agropecuaria.</p>	<p><b>Transparencia:</b> consiste en la divulgación de todos los supuestos de importancia y hace referencias apropiadas a las metodologías de contabilidad y cálculo, al igual que a las fuentes de información utilizadas.</p>

Fuente: Adaptado de GHG Protocol Agricultural Guidance y las normas NTC ISO 14064-1, 14064-2 y 14064-3

Estas consideraciones mínimas sirven como orientación a productores agropecuarios que deseen cuantificar la huella de carbono de sus actividades, así mismo resaltan la importancia de incluir en la cuantificación todas las fuentes de emisión identificadas y la información necesaria para estimar los GEI generados a partir del proceso productivo.

Adicionalmente las metodologías de cuantificación sugieren la utilización del concepto de “Alcance”, con el cual se categorizan las emisiones en dos tipos: Directas e Indirectas. El concepto de alcance es uno de los más extendidos para diferenciar las emisiones de acuerdo con su origen, ver Tabla 2.

**Tabla 2. Alcance del inventario de GEI**

<p><b>ALCANCE 1</b> EMISIONES DIRECTAS</p> <p>Considera todas las emisiones directas producidas por las actividades del lugar en donde se va a calcular la huella de carbono.</p>	<p><b>ALCANCE 2</b> EMISIONES INDIRECTAS</p> <p>Corresponde a todas las emisiones indirectas que se generaran por cuenta del consumo de energía eléctrica.</p>	<p><b>ALCANCE 3</b> EMISIONES INDIRECTAS</p> <p>Considera aquellas emisiones indirectas producto de la actividad agropecuaria, las cuales no pueden ser controladas por el productor.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Consumo de combustibles</li> <li>✓ Aplicación de fertilizantes sintéticos, estiércoles y residuos de cultivos al suelo</li> <li>✓ Cultivos de arroz inundado.</li> <li>✓ Quema de residuos de cosecha</li> <li>✓ Fermentación Entérica</li> <li>✓ Manejo de estiércoles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Consumo de energía eléctrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Transporte de Materias Primas</li> <li>✓ Proceso de producción de fertilizantes y concentrados .</li> <li>✓ Servicios tercerizados.</li> </ul>

Fuente: Adaptado de GHG Protocol, GHG Protocol Agricultural Guidance

## 2.5 ¿QUÉ HACE DIFERENTE LA CUANTIFICACIÓN DE HUELLA DE CARBONO AGROPECUARIA?



Algunas de las emisiones procedentes del sector agropecuario son exclusivas de éste, como por ejemplo: la fermentación entérica, los cultivos de arroz, las emisiones generadas por cuenta del uso de fertilizantes y las prácticas de quemas de residuos de cosecha y actividades similares. Del mismo modo, la presente guía enfatiza la necesidad de que los productores incluyan las fuentes exclusivas del agro en su cuantificación de emisiones de GEI, que son el común denominador de los sitios donde se lleva a cabo la producción agropecuaria como son las fincas, los cultivos, las haciendas, y todas las actividades propias de la producción agrícola y pecuaria.

Si bien se generan Gases de Efecto Invernadero por parte de las actividades productivas como tal, también hay que considerar que dentro del contexto colombiano las fincas todavía cuentan con espacios que no están siendo usados para producir, en donde se suele encontrar pequeños frag-

mentos de bosque, sistemas agroforestales y plantaciones forestales, entre otros. Los cuales pueden entonces capturar carbono convirtiéndose en sumideros, esta captura puede ser cuantificada y verificada como parte de la estrategia para disminuir su huella de carbono asociada.

### **¿Cómo se Cuantifica la Huella de Carbono en el Sector Agropecuario?**

Para recopilar la información necesaria de los datos de la actividad, en la Tabla 3 se encuentra una lista de los ejemplos de la información mínima que sería pertinente reunir de acuerdo con las fuentes de emisión de GEI que posea la finca. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el tipo de información depende de la herramienta usada para el cálculo, de los objetivos planteados por el productor (ver los propuestos en esta guía) y de las condiciones particulares de la finca o unidades productiva.

**Tabla 3. Propuesta de datos que podrían ser fuente de información para la estimación del inventario de GEI.**

SECTOR	FUENTE DE EMISIÓN	TIPO DE INFORMACIÓN DURANTE EL TIEMPO DEL INVENTARIO	EJEMPLO
PECUARIO	Fermentación entérica	Identificar el tipo de ganado del sistema productivo.	Vacunos, búfalos, ovinos, cabras, porcinos, caballos, camellos, mulas/asnos, y aves de corral.
		Población anual	Promedio de la población promedio anual o consolidados mensuales. Ver en detalle Capítulo 2
		Definir el tipo de producción.	Sistema de producción de ganadería extensiva de leche vacuna.
		Categorías representativas de ganado o grupos etarios.	-Pavos para reproducción en sistemas confinados -Pavos criados para producción de carne en sistemas confinados -Pavos criados «a campo» para producción de carne
		Ingesta de alimento diaria en megajulios (MJ) por día y/o kg por día de materia seca	Pollos de engorde: 5 a 6 kg por día
		Peso corporal en pie	Búfalo: 300 kg Caprinos: 40 kg Porcinos: 65 kg
		Cantidad de excretas	10-20 Kg/día por vacuno
		Porcentaje de digestibilidad alimentaria	Gansos confinados 80-90%
		Porcentaje de hembras que paren en un año o cantidad de crías producidas al año	48 terneros de búfalo al año
		Situación alimentaria	Ovejas en corral
		Temperatura	Clima, frío y templado
	Manejo de estiércoles	Tipo de tratamiento del estiércol	Lagunas, estanques, tanques, pozos, parvas, pilas y/o dispersión en potreros.
		Cantidad de estiércol tratado.	Número de animales y grupo etario
		Identificar el tipo de ganado del sistema productivo.	Vacunos, búfalos, ovinos, cabras, porcinos, caballos, camellos, mulas/asnos, y aves de corral.
		Clima	Frio, templado y caliente
		Tiempo del tratamiento	1 año

SECTOR	FUENTE DE EMISIÓN	TIPO DE INFORMACIÓN DURANTE EL TIEMPO DEL INVENTARIO	EJEMPLO
AGRÍCOLA	Quema de residuos agrícolas	Área quemada	1 Ha, 1.000 Ha
	Aplicación de fertilizantes sintéticos	Tipo del fertilizante	Urea, cal dolomita, nitrato de amonio, nitrato de calcio y sulfato de amonio, entre otros.
		Fichas técnicas del fertilizante o cantidad de nitrógeno contenido.	Fertilizante triple 15: 15% de N <sub>2</sub>
		Cantidades aplicadas (kg/ha);	1000 Kg/Ha
	Cultivo de arroz	Área total del cultivo de arroz inundada	20 Ha
		Tiempo de inundación.	3 a 6 meses
	Tratamiento de aguas residuales	Rendimientos por unidad de área o cantidades totales producidas en la finca.	Rendimiento: 10 Ton /Ha de cebada Total producido: 300 Ton de cebada
		Cantidad de desechos producidos o lodos producidos por cualquier tipo de proceso industrial dentro del sistema productivo de la finca	300 Ton de cascarilla de arroz
		Volumen de aguas residuales empleadas en el proceso.	3m <sup>3</sup> de agua con residuos de pulpa de café después del proceso de beneficio
		Se cuenta con algún tipo de tratamiento para las aguas residuales y cuanto CH <sub>4</sub> retira de estas	Plantas de tratamiento de aguas. Lagunas de sedimentación.



SECTOR	FUENTE DE EMISIÓN	TIPO DE INFORMACIÓN DURANTE EL TIEMPO DEL INVENTARIO	EJEMPLO
<b>EMISIONES DEL CONSUMO DE ENERGÍA</b>	<b>Uso de combustible en equipos móviles y estacionarios</b>	<b>Tipos de combustibles empleados dentro del sistema productivo.</b>	<b>ACPM, gasolina, gas, etc.</b>
		<b>Cantidades de los diferentes tipos de combustibles utilizados.</b>	<b>10 Lt/Ha</b>
		<b>Cantidades compradas de combustibles</b>	<b>120 Lt de gasolina</b>
		<b>Cantidad de horas trabajadas con maquinaria.</b>	<b>5 Horas</b>
		<b>Área de tierra en donde se utilizó maquinaria.</b>	<b>10 Ha</b>
	<b>Uso de electricidad</b>	<b>Cantidad de energía comprada</b>	<b>Recibo de la electricidad.</b>
		<b>Cantidad de electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables</b>	<b>Paneles solares, aerogeneradores, etc</b>
	<b>Uso de refrigeración y extintores</b>	<b>Tipo de sustancia usada y cantidad</b>	<b>Etiqueta informativa del equipo o</b>
		<b>Cantidad de refrigerante o agente extintor reemplazado.</b>	<b>Manual o especificaciones técnicas del fabricante, proveedor o empresa de servicios del equipo.</b>
		<b>Estimación inicial y final de los volúmenes de las distintas poblaciones de refrigerante</b>	<b>Cantidades existentes en almacén o bodega</b>
		<b>Cantidad de equipos para refrigeración y de extintores.</b>	<b>Cantidades de equipos disponibles en las diferentes áreas.</b>

Los registros de la información necesaria para la cuantificación de la huella de carbono para este sector en gran parte provienen de plantillas que son llenadas a diario por los trabajadores de la finca, en la Tabla 4 se encuentra un ejemplo del tipo de planilla que se podría utilizar para la captura de esta información.

Esta guía reconoce que en general, tanto los registros como la información del sector agropecuario

presenta grandes falencias en términos de su disponibilidad, además de no estar completa en la mayoría de los casos; por esta razón, se recomienda que en los registros de las fincas se consigne toda la información asociada a consumos de insumos como fertilizantes, combustibles y demás. Una fuente de información muy buena resulta ser la contabilidad que llevan a cabo los productores en la empresa agropecuaria (fincas, cultivos haciendas y demás).

**Tabla 4. Plantilla para recolección de la información para realizar el cálculo de la huella de carbono.**

		<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>TRANSPORTE (DISTANCIA KM)</b>	<b>FUENTE DE LA INFORMACIÓN</b>
<b>INSUMO</b>	<b>FERTILIZANTES</b>				
	<b>HERBICIDAS</b>				
	<b>INSECTICIDAS</b>				
	<b>FUNGICIDAS</b>				
<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>GASOLINA CAMIÓN</b>				
	<b>GASOLINA GUADAÑA</b>				
	<b>GASOLINA/DIESEL MOTOBOMBA</b>				
	<b>DIESEL TRACTOR</b>				
<b>ENERGÍA</b>	<b>RIEGO</b>				
	<b>CERCA ELÉCTRICA</b>				
	<b>ORDEÑO MECÁNICO</b>				
	<b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>				
	<b>OFICINAS</b>				
<b>RESIDUOS</b>	<b>ORGÁNICOS</b>				
	<b>INORGÁNICOS</b>				

Fuente: elaboración propia

Una vez se cuenta con toda la información necesaria para hacer el inventario, se recomienda entonces identificar la disponibilidad de información de factores de emisión para calcular la huella de carbono. De acuerdo al IPCC (2006) existen tres tipos de factores de emisión:

- En primer lugar se encuentran los factores de emisión genéricos internacionales, desarrollados para su aplicación en cualquier contexto geográfico y definidos generalmente por el IPCC para la

realización de inventarios nacionales, con la posibilidad de ser replicables a nivel organizacional. Estos factores son conocidos como de nivel 1 de complejidad.

- En segunda instancia, en algunas oportunidades se conocen los factores de emisión específicos del país o la región, que tienen en cuenta las condiciones particulares que puedan llegar a presentarse en cada espacio geográfico del mundo. Estos factores son conocidos como de nivel 2 de complejidad.



dad y aunque son menos comunes que los de nivel 1, existen algunos para el caso colombiano.

- Por último, se encuentran los factores de emisión desarrollados específicamente para el contexto de la organización, atendiendo a las condiciones particulares que puedan presentar en la misma y que pueden llegar a ser mucho más exactos que los dos niveles anteriores. Estos factores son conocidos como de nivel 3 de complejidad y es muy escaso su uso por necesitar de un gran soporte técnico y científico en su desarrollo.

Esta guía está enfocada a la aplicación de los métodos de Nivel 1, así como a brindar una orientación general para el uso de factores de emisión de

Nivel 2 cuando sea posible. El nivel 3 no fue abordado, debido a que está basado en el desarrollo de modelos empíricos en cada proceso específico, en donde es necesario contar con mediciones independientes para confirmar si el modelo escogido tiene la capacidad necesaria para estimar emisiones y absorciones en las categorías fuente de interés<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> Para obtener una mayor claridad de los conceptos y métodos establecidos para llegar a este nivel se recomienda consultar las directrices del IPCC del 2006: volumen 4, capítulo 2 METODOLOGÍAS GENÉRICAS APLICABLES A MÚLTIPLES CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA, sección 2.5.1 inventarios de nivel 3 basados en mediciones y 2.5.2 inventarios de nivel 3 basados en modelos.

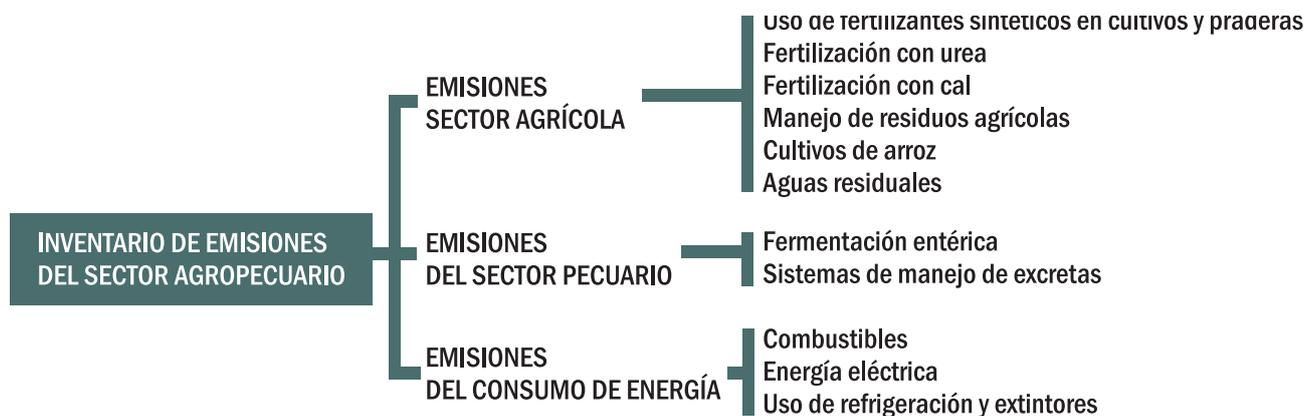
A photograph of a person in a garden, wearing a blue jacket, dark pants, and black boots. The person is holding a measuring tape and appears to be measuring a rose bush. The rose bush has several green buds and one fully bloomed red and yellow rose. The ground is dirt and there are other plants in the background. A purple banner with white text is overlaid on the image.

PASOS A SEGUIR PARA EL CÁLCULO  
DE LA HUELLA DE CARBONO

Para poder desarrollar los pasos necesarios para hacer el inventario de gases de efecto invernadero, es fundamental que el usuario tenga completamente definidos los objetivos del inventario (ver capítulo 1). En la Figura 3, se encuentran las fuentes más comunes del sector agropecua-

rio. Hay que mencionar que las relacionadas con energía no serán abordadas en este documento, ya que se abordan en la Guía para los inventarios corporativos de emisiones de GEI por uso de combustibles fósiles en actividades industriales y comerciales.

**Figura 3. Diagrama conceptual del contenido del paso a paso de la Guía para el cálculo y gestión de la huella de carbono en el sector agroindustrial, pecuario y de alimentos**



## PASO 1 DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES DEL INVENTARIO

De acuerdo con lo estipulado en la norma NTC ISO 14064-1 y el GHG Protocol los límites se dividen en: organizacionales y operacionales. Los límites organizacionales se refieren a la empresa como tal, a la organización que es propietaria de los bienes de producción como: fincas, haciendas, cultivos, semovientes y sitios físicos de la producción.

Es común encontrar empresas agropecuarias con varias instalaciones asociadas a su razón social o que pertenecen a un mismo grupo empresarial. En estos casos, es muy importante no confundir los límites geográficos con los límites de la organización, ya que estos últimos hacen referencia a

la cantidad de instalaciones que van a ser incluidas en el desarrollo del inventario, independientemente de su ubicación geográfica; solamente se equiparan los límites organizacionales con los límites geográficos en las empresas agropecuarias que cuenten con una sola instalación física.

Existen casos particulares donde un solo productor o empresa agropecuaria tiene una o más fincas, o participa económicamente en negocios que no se desarrollan necesariamente en su finca; ejemplos de ello son el ganado “al aumento”, las sociedades comerciales para establecer cultivos o la inversión de tipo accionaria en otras empresas agropecuarias.

Para consolidar las emisiones de GEI en un inventario organizacional, la organización es libre de elegir cualquiera de los 3 enfoques existentes: participación accionaria, control financiero y control operativo:

- Bajo el enfoque de participación accionaria una empresa agropecuaria debería incluir en su inventario un porcentaje de emisiones semejante a su participación accionaria en cada organización.
- En el enfoque de control financiero, la empresa agropecuaria incluye las emisiones de las organizaciones sobre las cuales puede tomar decisiones financieras y orientar políticas operativas, y
- En el enfoque de control operacional, la empresa agropecuaria incluye las emisiones de las organizaciones en las que puede introducir políticas operacionales y tiene control de su implementación.

Con el propósito de ilustrar el concepto de límites organizacionales, la Figura 5 representa un caso imaginario donde el productor 1 tiene un predio propio (donde controla todas las actividades), y a su vez, es copropietario del predio 2 en sociedad (maneja los temas operacionales, pero no toma decisiones financieras) y tiene ganado al aumento en el predio 3 (donde no apoya las operaciones de la actividad, pero si toma las decisiones finan-

cieras), dicho productor desea determinar los límites organizacionales de su empresa agropecuaria. Con este contexto:

- Bajo un esquema de participación accionaria, los límites organizacionales del productor #1 deberían incluir las emisiones generadas por cuenta de los cultivos y el ganado de engorde así: 100% las de la finca 1 y el 60% de la finca 2 y 50% de la finca 3.
- Si se elige el esquema de control financiero, dentro de los límites organizacionales del productor #1 deberían incluirse el 100% de las emisiones de la finca 1 y el 100% de las emisiones de la finca 3. Al no tener injerencia en las decisiones financieras de la finca 2, no debe asumir emisiones por esta.
- Por último, si elige el esquema de control operacional, debería incluir el 100% de las emisiones de la finca 1 y el 100% de las emisiones de la finca 2.

El enfoque de control busca explicar el 100% de emisiones de las operaciones que están bajo el control financiero u operativo del productor y/o compañía, sin importar el porcentaje del cual sea dueño. De acuerdo con la Figura 5 se asume el 100% de las emisiones de las tres fincas, bajo este concepto no importa el porcentaje de participación de los 2 productores.

**Figura 5. Ejemplo Definición de los Límites operacionales y organizacionales del Inventario.**



Fuente: GHG Protocol, 2014.

Por otro lado, la norma ISO 14064 y el GHG Protocol Agricultural Guidance definen lo que se conoce como límites operacionales, que sirven para definir el tipo de emisiones y los gases de efecto invernadero que serán incluidos en el desarrollo del inventario y la identificación o clasificación de

las emisiones de GEI en los alcances explicados en la Tabla 2, con el objetivo de poder determinar cuáles de las fuentes generadoras de GEI identificadas son directas (controladas por el productor) o indirectas y así mismo, categorizar dichas fuentes en los alcances 1, 2 y 3.

## PASO 2 SELECCIÓN DEL PERIODO BASE

El periodo base tiene que ser un referente de las actividades de producción porque será utilizado para comparar las emisiones a través del tiempo. Generalmente se utiliza un intervalo de no menos de 12 meses como periodo base y se le conoce como año base, sin embargo los productores están en libertad de definir periodos de mayor duración siempre y cuando la huella de carbono de periodos posteriores se cuantifique con periodos de tiempo similares. El periodo base por su parte se selecciona sólo si existe información confiable de las actividades de la empresa agropecuaria, junto con condiciones de producción que representen las condiciones de la actividad en el tiempo con respecto a cantidad de animales, tierra en cultivos, y similares. Si el productor decide comunicar la huella de carbono al público en general, puede incluir las razones que justifican la elección de su periodo base, entre las cuales se tienen:

- a) El periodo de tiempo pasado más lejano donde se tiene la cantidad de información suficiente para hacer la cuantificación de la huella de carbono de la empresa agropecuaria.
- b) El punto en el tiempo más relevante y que representa la producción de la empresa agropecuaria, el cual podría corresponder con el tiempo que dura el cultivo o el de producción animal (Figuras 4 y 5, Ejemplos sector pecuario y agrícola).

Sin embargo en si en la empresa agropecuaria se tiene una producción aproximadamente constante durante el año, lo más fácil sería escoger como tiempo base un año. Así mismo puede ser considerado como base el primer periodo en el cual se hace el cálculo de la huella de carbono.

- c) El periodo base mínimo debe ser un año, sin embargo este puede tomarse como todo el tiempo que se gasta en producir, por lo tanto podría ser de más de un año ya que depende directamente de los objetivos del inventario de GEI.

### Ejemplo sector pecuario



## Ejemplo sector agrícola

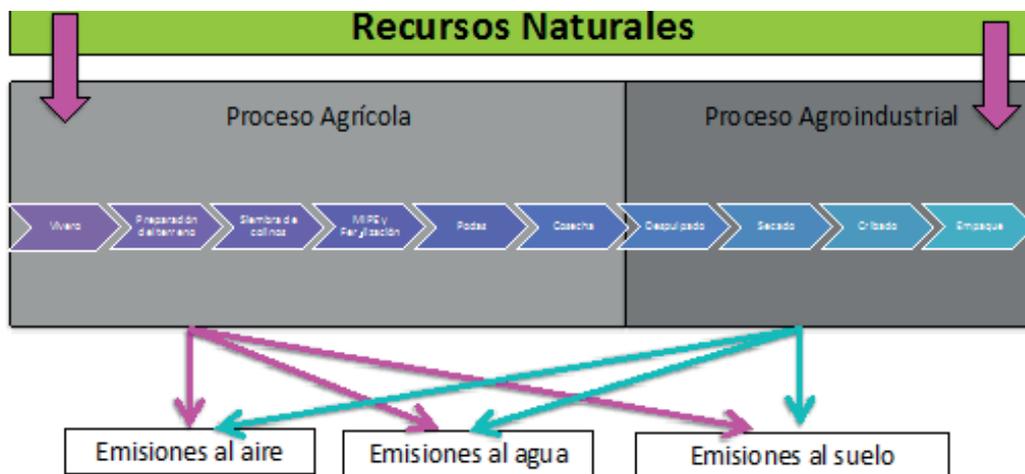


### PASO 3 IDENTIFICACIÓN DE EMISIONES (CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES EN ALCANCES IDENTIFICACIÓN DE LAS CARGAS AMBIENTALES)

La identificación de fuentes es un proceso que los productores pueden hacer sin asesoría externa, ya que nadie conoce tan bien los sitios de producción (haciendas, fincas, cultivos, etc.) como ellos

mismos. En este orden de ideas, la identificación de fuentes es un ejercicio que debe ser el resultado del análisis de las condiciones y características particulares de la producción agrícola y pecuaria.

Figura 4. Ejemplo de identificación de emisiones en una finca cafetera



Las fuentes son el origen de las emisiones de GEI y están asociadas a procesos (fertilización, compostaje, secado de materias primas), equipos (plantas eléctricas, tractores, cosechadoras, etc.) y animales

(bovinos, porcinos, etc.). En el sector Agrícola y pecuario se considera que hay dos tipos de fuentes: mecánicas y no mecánicas, en la Tabla 6 y 7 se presentan algunos ejemplos.

**Tabla 6. Ejemplos de fuentes mecánicas de emisión de GEI.**

FUENTE	CARGAS AMBIENTALES	GEI PRODUCIDOS	EJEMPLOS
Equipos que funcionan con electricidad (cortadoras, peletizadoras, equipo de ordeño, tolvas, etc)	Energía eléctrica	CO <sub>2</sub>	Energía eléctrica, visible en la factura de energía (de diferentes proveedores)
Equipos de cocina y similares asociadas a maquinaria	Gas (Natural / Propano)	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub>	Cilindros de gas vehicular o gas natural consumido
Maquinaria móvil (Tractores, Cosechadoras Sembradoras)	ACPM	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub>	Consumo de combustibles fósil
Maquinaria estacionaria	ACPM	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub>	Molinos
Refrigeración y Aires Acondicionados	Líquidos refrigerantes	HFC y PFC	R 134
Extintores	Materiales Químicos asociados	HCFC 123 y CO <sub>2</sub>	Equipos extintores

Las fuentes no mecánicas son muy particulares dentro de los subsectores agrícola y se considera que son las mayores productoras de emisiones de GEI en el mundo<sup>22</sup> (Tabla 7).

**Tabla 7. Ejemplos de fuentes no mecánicas de emisión de GEI.**

FUENTE	GEI PRODUCIDOS	EJEMPLOS
Fermentación entérica	CH <sub>4</sub>	Producción de bovinos (ganado de carne y leche), ovinos y caprinos
Manejo de estiércol	CH <sub>4</sub>	
Fertilización de origen sintético	N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub>	Aplicación de urea y fertilizantes con base nitrogenada.
Tratamiento anaeróbico de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	Aguas residuales del beneficio del café
Cambio del uso del suelo	CO <sub>2</sub>	Procesos de colonización, convertir bosque en potrero, etc.
Quema de residuos de cosecha	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub>	Quemas de residuos de cultivos como el de caña
Cultivo de arroz	CH <sub>4</sub>	El cultivo de arroz es una de las mayores fuentes de GEI en el sector agropecuario

<sup>22</sup> GHG Protocol Agricultural guidance, disponible en: [http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/GHG%20Protocol%20Agricultural%20Guidance%20\(April%2026\)\\_0.pdf](http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/GHG%20Protocol%20Agricultural%20Guidance%20(April%2026)_0.pdf)

La identificación de las fuentes debe estar acompañada de la determinación de las cargas ambientales asociadas (cantidades consumidas en cada fuente). Para este proceso, el productor hace un listado de las actividades diarias en la producción

(Tabla 4) y al mismo tiempo, realiza un inventario de los equipos e insumos utilizados para las fuentes identificadas y establece así si son Directas o Indirectas (Alcance 1, 2 o 3).

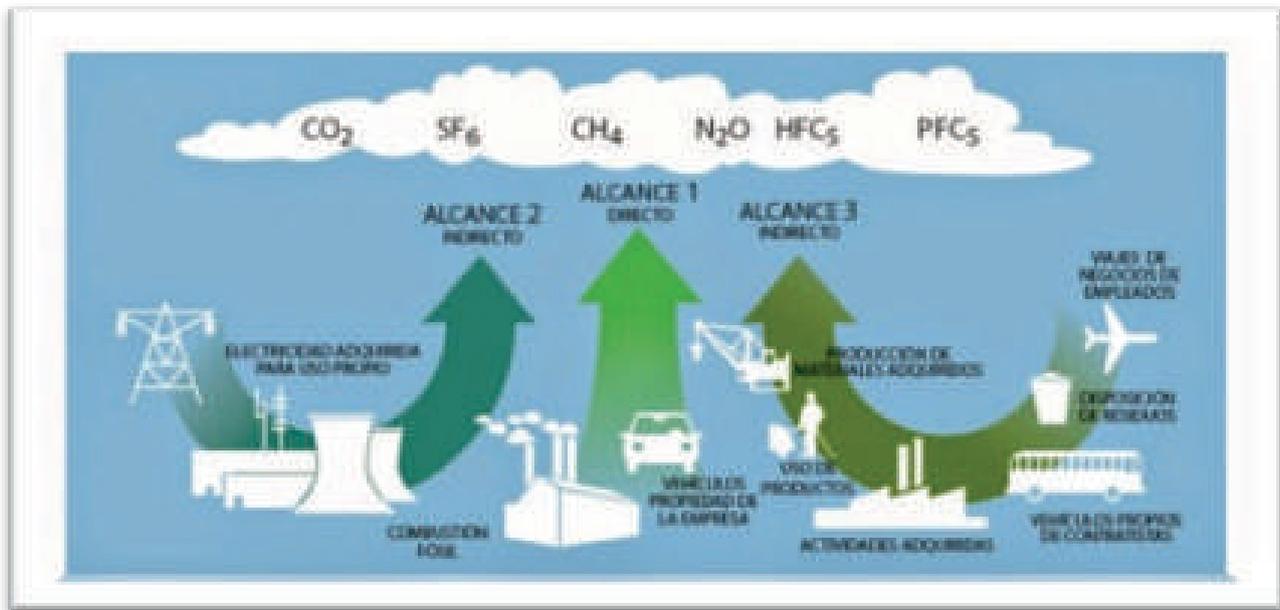


Figura 6. Fuentes de emisión y alcances. Fuente: GHG Protocol, 2014

Las fuentes de emisión directa y por ende de alcance 1, pueden ser asumidas como aquellas fuentes de emisión de GEI propias del proceso de producción de bienes y servicios agropecuarios, las cuales son propiedad o están controladas por la empresa agropecuaria (el productor). Paralelamente, las fuentes indirectas se categorizan en dos: Alcance 2 y Alcance 3. Las emisiones indirectas del alcance 2 generalmente están asociadas al consumo de energía, para lo cual la empresa agropecuaria puede hacer uso de su factura de electricidad. Por último, las emisiones indirectas alcance 3 son todas aquellas emisiones en las que se incurre aguas arriba o debajo de su proceso productivo, pero

que no son controladas directamente por el productor o la empresa agropecuaria

Aquellos productores interesados en reportar y comunicar la huella de carbono de su empresa agropecuaria están condicionados a cuantificar y reportar las emisiones del alcance 1 y del alcance 2; el alcance 3 puede ser considerado como voluntario<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> En la actualidad, el proceso de cuantificación de la huella de carbono en términos generales es un proceso voluntario, el cual debe ser asumido por los productores agropecuarios de la misma manera.

## PASO 4 CUANTIFICACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO

Una vez las fuentes han sido identificadas y clasificadas en cada uno de los alcances, el productor está listo para cuantificar la huella de carbono de la empresa agropecuaria.

Cuantificar la huella de carbono requiere de revisar la información disponible, cada fuente identificada debe tener la cantidad de información necesaria y que esta esté dentro del periodo base establecido y cuente con sus debidos soportes (facturas, registros, documentos, etc.), un productor no puede excluir la fuente de GEI por falta de

información precisa sobre la actividad (en este caso debería revisar otro periodo base en el que si posea la información, o realizar una estimación de emisiones basándose en la información que posea). Como ya se ha mencionado en apartes previos de la guía, para cuantificar emisiones se determina el consumo asociado y se multiplica por el factor de emisión adecuado y por el potencial de calentamiento global, para obtener emisiones de GEI en unidades de CO<sub>2</sub>e (ver Ecuación 1).

### Ecuación 1. Cuantificación de emisiones de GEI. Fuente: GHG Protocol, 2006

**Emisiones de GEI = Dato de la actividad x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global**

El dato de actividad es obtenido directamente de los registros o de la información del productor, por ejemplo los datos de la actividad pueden ser el consumo de combustible. La actividad podría ser la siembra, para lo cual se utiliza un tractor con una sembradora (equipo asociado), se asume que el

tractor es del productor por lo que será una fuente de emisión del alcance 1, finalmente las emisiones serán producto de la combustión del combustible fósil del tractor: Diésel. De esta manera se identifica una fuente, su nivel de actividad y la manera en que produce GEI.

### Ecuación 2. Ejemplo de cuantificación de emisiones de GEI. Fuente: GHG Protocol, 2006.

**Emisiones de GEI = Dato de la actividad x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global**  
**Emisiones de GEI = X kgs res. quemados/año x X kgs CH<sub>4</sub>/kg res. quemado x 28 kg CO<sub>2</sub>e/kg CH<sub>4</sub>**  
**Emisiones de GEI = X kg CO<sub>2</sub>e/año**

En el sector agrícola los registros más frecuentes dan cuenta del rendimiento por unidad de área, las horas de uso de la maquinaria agrícola para diferentes actividades (cosecha, renovación, podas, recolección) y el consumo asociado de combustible.

En el sector pecuario los registros deben involucrar los inventarios de animales por categoría (animales de cría, de levante o de ceba) y el inventario animal incluyendo semovientes de trabajo como caballos, burros y mulas. Los inventarios animales son fundamentales tanto para el productor como

para la cuantificación de la huella de carbono; es fundamental saber la edad peso de los animales para poder determinar de manera correcta las emisiones por cuenta de procesos como la fermentación entérica.

Los productores pueden elaborar líneas de proceso donde se resuman las actividades y las fechas en que se realizaron, esto con el fin de utilizar la información de los registros para la cuantificación. Es necesario revisar las unidades en las que se encuentran los datos (Kg, L, etc.) y hacer las conversiones necesarias para poder utilizar los factores de emisión. Ahora bien, en materia de los factores de emisión el numeral siguiente de la guía define

las condiciones para su utilización y dónde pueden ser encontrados para el uso del productor.

Se recomienda particular atención en las unidades de los datos, utilizar todos los datos del periodo que se está evaluando, confirmar la disponibilidad y calidad de la información y aplicar de complejidad el grado de complejidad de acuerdo con los factores de emisión que estén disponibles. Además también se deben comparar los factores de emisión específicos del país con los usados por otros países en circunstancias similares. Es necesario documentar y explicar cualquier diferencia entre los factores específicos del país y los factores por defecto de los otros países.

---

## CÁLCULO SECTOR AGRÍCOLA

---

### EMISIONES DE N<sub>2</sub>O POR USO DE FERTILIZANTES

Los fertilizantes se deben entender como cualquier material orgánico o inorgánico, natural o sintético que suministra a las plantas uno o más de los elementos nutricionales necesarios para su normal desarrollo, esto ocurre porque los fertilizantes tienen la capacidad de liberar nutrientes a un estado iónico aprovechable para las plantas<sup>24</sup>. Las emisiones del óxido nitroso que se generan por la práctica de fertilización se producen de forma natural en los suelos a través de los procesos de nitrificación (oxidación microbiana aeróbica del amonio en nitrato) y desnitrificación (es la reducción microbiana anaeróbica del nitrato en gas de nitrógeno N<sub>2</sub>)<sup>25</sup>.

De acuerdo con el tipo de información disponible para el cálculo de las emisiones, los inventarios pueden desarrollarse haciendo estudios específicos para el área a intervenir o conociendo el porcentaje de N del fertilizante y la cantidad aplicada.

En el primer caso, aunque en Colombia no se han realizado los estudios específicos que se señalan anteriormente, estos tienen dos niveles de precisión, un nivel nacional y un nivel en la finca.

- Los estudios en la finca, consisten en desarrollar una modelación espacial que permita relacionar las variables del fertilizante, el suelo y las condiciones ambientales responsables de la generación de las emisiones de N<sub>2</sub>O, siendo importantes las validaciones estadísticas de estos ensayos (se debe contar con un número de mediciones experimentales en campo representativas).

---

<sup>24</sup> Guerrero, R. 2009. Manual Técnico Propiedades Generales de los fertilizantes sólidos. Monomers Colombovenezolanos. 39p.

<sup>25</sup> STEVENSON, F.J. 1986. Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients. John Wiley & Sons. 364 p.

- Los estudios a nivel nacional pueden incluir cualquier combinación de factores de emisión referidos a fuentes de N, solubilidad del fertilizante, presentación del fertilizante, tipos de cultivo, clima, tipo de suelo (mapa agrologico y mapa de vocación del suelo) u otras condiciones específicas con que pueda contar un país para cada una de las variables individuales de aporte de N.

Si el estudio se realiza conociendo el porcentaje de nitrógeno, que es el procedimiento más común, los pasos para calcular las emisiones GEI son

los siguientes:

**Paso 1.** Identificar el grado del fertilizante. El cual corresponde a la relación del contenido nutricional expresado en porcentaje (peso), en el siguiente orden: N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O. Por ejemplo, el grado del fertilizante DAP fosfato diamónico, con una composición conocida como 18-46-00, indica que por cada 100 kg de fertilizante hay 18 kg de N<sub>2</sub> (18%); 46 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (46%) y 00 kg de K<sub>2</sub>O (0%). Esta información se encuentra en el nombre del producto, en la etiqueta o en fichas técnicas del fertilizante.

**Tabla 8. Ejemplos del contenido porcentual de nitrógeno de algunos fertilizantes**

Fertilizante	Grado o Relación del contenido de N expresado en %	Fracción de N
Nitrato de amonio 34-0-0	34	0,34
Sulfato de amonio	21	0,21
Nitrosulfato amónico	26	0,26
DAP fosfato diamónico 18-46-0	18	0,18
NITRA SAM 28-4-0-5S	28	0,28
Remital M 17-6.18+2	17	0,17
Triple 15 (15-15-15)	15	0,15
17-6-18-2	17	0,17
5/18/2015	18	0,18
10-30-10	10	0,1
3/15/2010	15	0,15

**Paso 2.** Hacer el cálculo de la cantidad de Nitrógeno (N) aplicado al suelo durante el año del inventario. Para el desarrollo de este paso, como mínimo se debe contar con las cantidades totales

en Kg/año del fertilizante usado en los cultivos o praderas. A modo de ejemplo, Se aplican 120.000 kg de fertilizante 18-46-00 en el año la cantidad de N aplicado se determina con la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de N aplicado} &= \text{Kg de fertilizante aplicado} \times \text{Grado de N en el fertilizante} \\ \text{Cantidad de N aplicado} &= 120.000 \text{ kg fertilizante/año} \times 18\% = 21.600 \text{ kg N aplicado / año} \end{aligned}$$

**Paso 3.** Se elige el factor de emisión según el tipo de fertilizante aplicado. La siguiente tabla resume

los factores de emisión propuestos por el IPCC en su metodología del 2006<sup>26</sup>.

**Tabla 9. Factores de emisión de GEI por defecto para estimar emisiones directas de N<sub>2</sub>O en suelos gestionados.**

Factor de emisión	Valor por defecto (kg N <sub>2</sub> O-N emitido/kg N aplicado)	Factor de emisión por defecto (kg N <sub>2</sub> O emitido/kg de N aplicado) <sup>27</sup>	Rango
Fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas (general)	0,01	0,036667	0,003 – 0,03
Fertilizantes aplicados en arrozales inundados	0,003	0,011	0 – 0,006
Fertilización directa de vacunos, aves de corral y porcinos	0,02	0,073333	0,007 – 0,06
Fertilización directa de ovinos y otros animales	0,01	0,036667	0,003 – 0,03

Fuente: Adaptación de IPCC, 2006.

En el caso del ejemplo, al tratarse de un fertilizante mineral, se elige el valor de 0,036667 kg N<sub>2</sub>O/kg N aplicado.

**Paso 4.** Se utiliza la formula general para el cálculo

de emisiones GEI empleando los valores de N aplicado calculados anteriormente, Factor de emisión elegido y potencial de calentamiento global del N<sub>2</sub>O.

**Ecuación 2. Ejemplo de cuantificación de emisiones de GEI. Fuente: GHG Protocol, 2006.**

Emisiones de GEI = Dato de la actividad x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global  
 Emisiones de GEI = N aplicado x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global  
 Emisiones de GEI = 21.600 kgs N aplicado/año x 0,036667 kgs N<sub>2</sub>O/kg N aplicado x 265 kg CO<sub>2</sub>e/kg N<sub>2</sub>O  
 Emisiones de GEI = 209.881,908 kg CO<sub>2</sub>e/año

Las emisiones de GEI por aplicar 120.000 kg de fertilizante DAP (fosfato diamónico)

se generan 209,88 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

<sup>26</sup> Valores IPCC obtenidos de: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 11: N<sub>2</sub>O Emissions from Managed Soils, and CO<sub>2</sub> Emissions from Lime and Urea Application; disponible en: [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_11\\_Ch11\\_N2O&CO2.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf)

<sup>27</sup> La conversión de N<sub>2</sub>O-N a N<sub>2</sub>O se realiza con la ecuación: N<sub>2</sub>O = N<sub>2</sub>O-N x (44/12)

## EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE FERTILIZACIÓN CON UREA

La urea sintética también conocida como carbamida es uno de los fertilizantes nitrogenados más comercializados en el país, tiene un contenido de nitrógeno del 46% y se produce comercialmente a partir del amoníaco y el dióxido de carbono. Las emisiones se generan una vez la urea CO((NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) entra en contacto con el suelo en presencia de agua y enzimas de ureasa, esta se convierte en amonio (NH<sub>4</sub>), ión hidroxilo (OH<sub>2</sub>), y bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), en donde el bicarbonato que se forma se convierte en CO<sub>2</sub> que va a la atmosfera y al agua<sup>28</sup>.

El inventario puede desarrollarse según el nivel de información con el que cuente la organización. El ideal de información consistiría en calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> con modelos o mediciones detallados que incorporen la posibilidad de la lixiviación de bicarbonato a las aguas subterráneas profundas y/o a lagos y océanos, que no contribuyen así a las emisiones de GEI inmediatamente; sin em-

bargo este nivel de información no suele ser común en las organizaciones. La segunda alternativa es emplear factores de emisión calculados a nivel país, incorporando información adicional sobre el nivel del sitio y las características hidrológicas que se emplearon para estimar la proporción de C de la urea que se emite a la atmósfera, aunque en Colombia aún no se cuenta con este tipo de información.

La alternativa más utilizada está relacionada con el uso del factor de emisión de 0,7333 kg CO<sub>2</sub>/kg de urea aplicada, que reflejan el comportamiento estequiométrico de las ecuaciones mencionadas anteriormente. Para llegar a este valor de factor de emisión, el IPCC en su metodología 2006 señala que debe multiplicarse el valor de 0,20 (que corresponde a la fracción de carbono contenida en la urea en relación al peso atómico de la molécula), multiplicándolo por 44/12 que corresponde a los pesos moleculares del CO<sub>2</sub> y el C respectivamente, asumiendo una oxidación total del carbono presente en la urea a CO<sub>2</sub>:

$$\text{FE aplicación urea (kg CO}_2\text{/kg urea)} = \text{Fracción de Carbono urea} * 44 / 12$$

$$\text{FE aplicación urea (kg CO}_2\text{/kg urea)} = 0,20 \text{ kg-C/kg urea} * 44 \text{ kg CO}_2 / 12 \text{ kg-C}$$

$$\text{FE aplicación urea (kg CO}_2\text{/kg urea)} = 0,7333 \text{ kg CO}_2 / \text{kg urea}$$

Para calcular las emisiones procedentes de urea como mínimo, se debe contar con las cantidades totales en Kg/año de urea aplicado en la finca. Esta información se puede obtener de la Tabla 4, en donde es importante conservar todos los recibos de compra de estos productos para poder dar so-

porte de las cantidades de fertilizante utilizadas.

Teniendo en cuenta lo anterior, y suponiendo que una organización realiza una aplicación de 500 kg de urea al año, las emisiones serían de 366,65 kg CO<sub>2</sub>/kg urea.

### Ecuación 3. Ejemplo de cuantificación de emisiones de GEI. Fuente: GHG Protocol, 2006.

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Dato de la actividad} * \text{Factor de emisión} * \text{Potencial de calentamiento global}$$

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Urea aplicada} * \text{Factor de emisión} * \text{Potencial de calentamiento global}$$

$$\text{Emisiones de GEI} = 500 \text{ kgs urea aplicado/año} * 0,7333 \text{ kgs CO}_2\text{/kg urea aplicada} * 1 \text{ kg CO}_2\text{e/kg CO}_2$$

$$\text{Emisiones de GEI} = 366,65 \text{ kg CO}_2\text{e/año}$$

Stevenson, F.J. 1986. Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients. John Wiley & Sons. 364 p.

## EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE FERTILIZACIÓN CON CAL

El encalado se emplea para corregir la acidez del suelo y neutralizar los efectos tóxicos causados por altas concentraciones de Aluminio, Hierro y Manganeso en los suelos ácidos y mejorar el crecimiento de los cultivos. El agregado de carbonatos a los suelos, en forma de cal piedra caliza cálcica (CaCO<sub>3</sub>) y dolomita (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), conduce a emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que las sales se disuelven y liberan bicarbonato (2HCO<sub>2</sub><sup>-</sup>), que se convierte en CO<sub>2</sub> y agua (H<sub>2</sub>O).

Para calcular las emisiones procedentes del encalamiento se debe contar con las cantidades totales en Kg/año de roca caliza o dolomita aplicadas en la finca. Esta información se puede obtener de la Tabla 4, en donde es importante conservar todos los recibos de compra de estos productos para poder soportar estas cantidades.

Con estos datos y los factores de emisión proporcionados en la siguiente tabla se pueden obtener los resultados de las emisiones de GEI para la aplicación de cal.

Tabla 10

FACTOR DE EMISIÓN	PORCENTAJE DE CONTENIDO DE CARBONO EN LA CAL	FACTOR DE EMISIÓN POR DEFECTO (KG CO <sub>2</sub> EMITIDO/KG DE CAL APLICADO) <sup>29</sup>	INCERTIDUMBRE
Caliza cálcica (CaCO <sub>3</sub> )	12%	0,44	+/-50%
Dolomita (CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	13%	0,47667	+/-50%

Los factores de emisión vienen de multiplicar la fracción de carbono contenida en los carbonatos de la cal, por 44/12 que corresponde a los pesos moleculares del CO<sub>2</sub> y el Carbono respectivamente, lo que conlleva a que se está asumiendo que la

oxidación de Carbono a CO<sub>2</sub> es completa.

De esta forma, si una empresa consume 1.000 kg de caliza cálcica en un ciclo de producción, las emisiones serán de 440 kg CO<sub>2</sub>e/año.

### Ecuación 4. Ejemplo de cuantificación de emisiones de GEI.

Emisiones de GEI = Dato de la actividad x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global  
 Emisiones de GEI = Cal aplicada x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global  
 Emisiones de GEI = 1.000 kg cal aplicada/año x 0,44 kg CO<sub>2</sub>e/kg cal aplicada x 1 kg CO<sub>2</sub>e/kg CO<sub>2</sub>  
 Emisiones de GEI = 440 kg CO<sub>2</sub>e/año

El inventario puede desarrollarse empleando métodos más específicos con factores a nivel de país o de la finca, donde se incluyan variables como la pureza de las cales, características hidrológicas del sitio para estimar la proporción de C de carbonato que se emite a la atmósfera, modelos de flujo de carbono relacionados con la formación y disolución minerales primarios y secundarios del carbono en los suelos, así como con la lixiviación y el transporte de C inorgánico disuelto; sin embargo no es común su desarrollo.

<sup>29</sup> La conversión de N<sub>2</sub>O-N a N<sub>2</sub>O se realiza con la ecuación:  
 N<sub>2</sub>O = N<sub>2</sub>O-N x (44/12)

## QUEMA DE RESIDUOS DE COSECHA

Los incendios son considerados perturbaciones de la biomasa y de la materia orgánica (hojarasca y madera muerta). La quema de residuos agrícolas (plantas, hojas, tallos y cascaras entre otros) es una práctica muy común en Colombia, la cual es utilizada para deshacerse de los residuos de cosecha de una forma rápida y económica, incorporar algunos nutrientes de manera rápida al suelo, disminuir la presencia de plantas no deseadas en el cultivo (arvenses) y para controlar de forma preventiva la dispersión de enfermedades y/o plagas.

Es importante tener en cuenta que es necesario declarar todas las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O que se producen por los residuos quemados y, si el fuego afecta bosques, se debe declarar también las emisiones de gases de efecto invernadero si al fuego le sucede un cambio en el uso del suelo.

Respecto a la combustión de biomasa no boscosa en pastizales y tierras de cultivo, no es necesario estimar ni declarar las emisiones de CO<sub>2</sub> porque se supone que las absorciones anuales de carbono a través del crecimiento y las emisiones anuales de

carbono por quemas o descomposición de la biomasa ya están en equilibrio, sin embargo, se proporcionan los factores de emisión asociados por si alguna empresa desea reportar este valor en su inventario.

Para calcular la cantidad de emisiones de GEI asociada a la quema de residuos de cosecha, se pueden emplear los factores de emisión que se mencionan en la siguiente tabla, cuando se conoce la cantidad de residuos quemados:

**Tabla 11. Factores de emisión para la quema de residuos agrícolas y pastizales (g de GEI/Kg)**

CATEGORÍA	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Residuos agrícolas	1515	2,7	0,07
Residuos Pastizales	1613	2,3	0,21

Fuente: IPCC, 2006

De esta forma, si una empresa quema 5 toneladas de residuos producto de una cosecha agrícola, la cantidad de GEI será:

### Ecuación 4. Ejemplo de cuantificación de emisiones de GEI.

Emisiones de GEI = Dato de la actividad x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global  
 Emisiones de GEI = Residuos quemados x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global  
 Emisiones de GEI = 5.000 kg res. quemados/año x 0,0027 kgs CH<sub>4</sub>/kg res. quemados x 28 kg CO<sub>2</sub>e/kg CH<sub>4</sub>  
 Emisiones de GEI = 378 kg CO<sub>2</sub>e/año  
 Emisiones de GEI = Dato de la actividad x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global  
 Emisiones de GEI = Residuos quemados x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global  
 Emisiones de GEI = 5.000 kg res. quemados/año x 0,00007 kgs N<sub>2</sub>O/kg res. quemados x 265 kg CO<sub>2</sub>e/kg N<sub>2</sub>O  
 Emisiones de GEI = 92,75 kg CO<sub>2</sub>e/año  
 Emisiones de GEI = 378 kg CO<sub>2</sub>e/año + 92,75 kg CO<sub>2</sub>e/año = 470,75 kg CO<sub>2</sub>e/año

Si la organización no conoce la cantidad de kilogramos o toneladas de residuos que pone en combustión, pero sabe el área que se quema, puede utilizar la siguiente ecuación para llegar a este

resultado y poder aplicar los factores de emisión propuestos.

Residuos biomasa quemados (kg/año) = Área quemada (ha/año) x Combustible disponible cultivo (kg/ha)

La cantidad de combustible realmente quemado se obtiene como producto de la masa de combustible que según el tipo de cultivo está disponible para la combustión y el factor de combustión de ese tipo de cultivo, que es la proporción de masa que realmente hace combustión en relación a variables como cenizas y otros subproductos. Si la organización no cuenta con valores propios para estas variables, los valores propuestos por el IPCC para este factor se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 12 Valores de combustible disponible en el cultivo asociado a incendios en residuos agrícolas**

RESIDUOS AGRÍCOLAS	VALORES DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE
Trigo	4.000 kg/Ha
Maíz	10.000 kg/Ha
Arroz	5.500 kg/Ha
Caña de azúcar	6.500 kg/Ha
Pastizales	5.200 kg/Ha

Fuente: IPCC, 2006



Por ejemplo, si una organización realiza una quema de residuos agrícolas en el año de sus

25 hectáreas de caña sembradas, las emisiones serán:

#### Ecuación 4. Ejemplo de cuantificación de emisiones de GEI.

Residuos biomasa quemados (kg/año) = Área quemada (ha/año) x Combustible disponible cultivo (kg/ha)  
Residuos biomasa quemados (kg/año) = 25 ha/año x 6.500 kg/ha  
Residuos biomasa quemados (kg/año) = 162500 kg/año  
Emisiones de GEI = Dato de la actividad x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global  
Emisiones de GEI = Residuos quemados x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global  
Emisiones de GEI = 162.500 kg-res.-quemados/año x 0,0027 kgs-CH<sub>4</sub>/kg-res.-quemados x 28 kg CO<sub>2</sub>e/kg-CH<sub>4</sub>  
Emisiones de GEI = 12.285 kg CO<sub>2</sub>e/año  
Emisiones de GEI = Dato de la actividad x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global  
Emisiones de GEI = Residuos quemados x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global  
Emisiones de GEI = 162.500 kg-res.-quemados/año x 0,00007 kgs-N<sub>2</sub>O/kg-res.-quemados x 265 kg CO<sub>2</sub>e/kg-N<sub>2</sub>O  
Emisiones de GEI = 3.014,375 kg CO<sub>2</sub>e/año  
Emisiones de GEI = 12.285 kg CO<sub>2</sub>e/año + 3.014,375 kg CO<sub>2</sub>e/año = 15.299,375 kg CO<sub>2</sub>e/año

Nota: Las emisiones de CO<sub>2</sub> de las quemas de cosecha, deben cuantificarse a parte de los alcances 1, 2 y 3 por tener origen biogénico, según las metodologías del GHG Protocol y la ISO 14064-1.

#### EMISIONES DEL CULTIVO DE ARROZ

Los cultivos de arroz por lo general se hacen bajo condiciones de inundación para limitar la competencia con otras plantas y favorecer el desarrollo de este. Las emisiones que produce el cultivo de arroz de CH<sub>4</sub> a la atmósfera se generan a partir de dos procesos: producción y oxidación<sup>30</sup>. El primer proceso es generado biológicamente por la acción de microorganismos anaeróbicos del dominio Archaea los cuales descomponen los restos de cosecha y la materia orgánica del suelo<sup>31</sup>. El segundo mecanismo se da cuando se reducen en el suelo inundado el magnesio, el hierro y el sulfato<sup>32</sup>.

El ideal para realizar el cálculo de estas emisiones, es desarrollar modelos para abordar las circunstancias del cultivo del arroz a nivel local, las cuales se deben repetir a través del tiempo. Los modelos pueden ser empíricos o mecanicistas pero, en ambos casos, deben validarse por medio de observaciones independientes a partir de estudios específicos de la región que cubran toda la gama de características de cultivo del arroz (Cai et al., 2003b; Li et al., 2004; Huang et al., 2004). Cuando esto no es posible, y como no existen factores de emisión a nivel país en el caso de Colombia,

una buena práctica es emplear la metodología del IPCC para realizar el cálculo de emisiones GEI.

La cantidad anual de metano que se emite del cultivo de arroz depende del tipo de cultivo utilizado, el número y la duración de los cultivos, el tipo de suelo, la temperatura, las prácticas de manejo del agua y el uso de fertilizantes u otros aditivos orgánicos e inorgánicos<sup>33</sup>. El cálculo para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> del cultivo de arroz según el IPCC, se realiza a partir del área de cultivo y de un factor de emisión genérico FEG de 1,3 kilogramos por hectárea al año, que se ajusta según: el régimen hídrico du-

<sup>30</sup> Denier Van der Gon, H.A.C., Van Breemen, N., Neue, R.U., Lantin, R.S., Aduna, J.B., Alberto, M.C.R., Wassmann, R. (1996) Release of entrapped methane from wetland rice fields upon soil drying. *Global Biogeochemical Cycles* 10, 1-7.

<sup>31</sup> Conrad, R. (2002) Control of microbial methane production in wetland rice fields. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 64, 59-69.

<sup>32</sup> Joulain, C.S., Escoffier, S., Lemer, J., Neue, H.U., Roger, P.A. (1997) Population and potential activities of methanogens and methanotrophs in rice fields: Relation with soil properties. *European Journal of Soil Biology* 33, 105-166.

<sup>33</sup> Schütz, H., Holzapfel-Pschorn, A., Conrad, R., Rennenberg, H., Seiler, W. (1989) A 3-year continuous record on the influence of daytime, season and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy. *Journal of Geophysical Research* 94, 16405-16416.

rante y antes del cultivo, el tipo y cantidad de abono orgánico aplicado y, en algunos casos del tipo de

suelo y cultivo. La ecuación para el cálculo de emisiones de un cultivo de arroz es:

$$\text{Emisiones Cultivo Arroz (kgCH}_4\text{/día)} = A_c \times FE_g \times SF_w \times SF_p \times SF_o$$

**Dónde:**

$A_c$  = Área de cultivo de arroz (ha)

$FE_g$  = Factor de emisión genérico para el CH<sub>4</sub> (1,3 kg CH<sub>4</sub>/ha\*día)

$SF_w$  = Factor de ajuste para regímenes hídricos durante el período de cultivo relativos a campos permanentemente inundados (adimensional). Véase tabla más adelante.

$SF_p$  = Factor de ajuste para regímenes hídricos previos del período de cultivo (adimensional). Véase tabla más adelante.

$SF_o$  = Factor de ajuste para agregados orgánicos (adimensional). Véase explicación más adelante.

Los factores de ajuste para regímenes hídricos durante el período de cultivo relativos a campos per-

manentemente inundados pueden obtenerse de la siguiente tabla:

**Tabla 13 Factores de ajuste por defecto de la emisión de CH<sub>4</sub> para regímenes hídricos durante el período de cultivo relativos a campos permanentemente inundados**

RÉGIMEN DE MANEJO DEL AGUA		FACTOR DE ESCALA (SF <sub>w</sub> )	RANGO
Tierras altas		0	-
Irrigadas	Cultivos Inundados continuamente	1	0,79 - 1,26
	Inundados intermitentemente - Aireación simple	0,6	0,46 - 0,80
	Inundados intermitentemente - Aireación múltiple	0,52	0,41 - 0,66
Alimentadas a lluvia y aguas profundas	Alimentación regular por lluvia	0,28	0,21 - 0,37
	Con tendencia a la sequía	0,25	0,18 - 0,36
	Aguas profundas	0,31	ND

Fuente: IPCC, 2006

A continuación se enuncia una explicación de las categorías usadas anteriormente:

Las tierras altas son campos no están nunca inundados durante un lapso considerable.

Los campos irrigados permanecen inundados durante un lapso considerable y el régimen hídrico está totalmente bajo control.

- Inundados permanentemente: los campos están cubiertos por aguas estancadas durante la temporada de crecimiento del arroz y sólo se pueden secar para la cosecha (drenaje de fin de temporada).

- Inundados intermitentemente: los campos tienen, como mínimo, un período de aireación de

más de 3 días durante la temporada de cultivo. Aireación simple: los campos tienen una única aireación durante la temporada de cultivo en cualquiera de las etapas de crecimiento (excepto durante el drenaje de fin de temporada). Aireación múltiple: los campos tienen más de un período de aireación durante la temporada de cultivo (excepto para drenaje de fin de temporada).

- Los cultivos alimentados a lluvia y aguas profundas, con campos que están inundados durante un lapso considerable y el régimen hídrico depende únicamente de las precipitaciones.
- Alimentación regular por lluvia: el nivel del agua se puede elevar hasta en 50 cm durante la temporada de cultivo.
- Con tendencia a la sequía: se producen períodos de sequía durante todas las temporadas de cultivo.
- Aguas profundas: el agua de inundación se eleva a más de 50 cm durante un período significativo en la temporada de cultivo.

Por otro lado, para hacer el ajuste de acuerdo al régimen hídrico antes del cultivo, hay que tener en cuenta que:

- No inundado a < 180 días corresponde a terrenos que no han estado inundados dentro de los 180 días previos a la temporada de cultivo, lo que a menudo ocurre cuando hay un doble cultivo de arroz;
- No inundado > 180 días corresponde a terrenos que no han estado inundados durante más de 180 días antes de la temporada de cultivo; p. ej., cultivo único de arroz que sigue a un período de barbecho seco; y
- Inundado en pre-temporada, en el que el intervalo mínimo de inundación se fija en 30 días; es decir que los períodos de inundación más cortos (lo que generalmente se hace para preparar el suelo para arar) no se incluyen en esta categoría.

**Tabla 14. Factores de ajuste por defecto de la emisión de CH<sub>4</sub> para regímenes hídricos previos del período de cultivo**

RÉGIMEN HÍDRICO PREVIO AL CULTIVO DEL ARROZ	FACTOR DE ESCALA (SF <sub>p</sub> )	RANGO
No inundado <180 días	1	0,88 - 1,14
No inundado >180 días	0,68	0,58 - 0,80
Inundado en pre-temporada	1,9	1,65 - 2,18

Fuente: IPCC, 2006

En cuanto a la aplicación de fertilizantes el factor de ajuste SFO debe ser calculado empleando la ecuación:

$$SF_o = \left(1 + \sum ROA \times CFOA\right)^{0.59}$$

Donde ROA es la tasa de aplicación de abono orgánico (peso seco para la paja y en peso húmedo para los demás, en ton/ha), y el CFOA es el factor de conversión para el abono orgánico, que puede obtenerse de la siguiente tabla.

**TABLA 15 FACTOR DE CONVERSIÓN POR DEFECTO PARA DIFERENTES TIPOS DE ABONO ORGÁNICO**

ABONO ORGÁNICO	FACTOR DE CONVERSIÓN (CFOA)	RANGO
Paja incorporada poco antes del cultivo (<30 días)	1	0,97 - 1,04
Paja incorporada poco antes del cultivo (>30 días)	0,29	0,20 - 0,40
Compost	0,05	0,01 - 0,08
Estiércol de corral	0,14	0,07 - 0,20
Estiércol verde	0,5	0,30 - 0,60

Fuente: IPCC, 2006

## EMISIONES AGUAS RESIDUALES AGRICOLAS

Uno de los residuos más peligrosos generados en la actualidad en el sector agroindustrial, son los vertimientos de los procesos que se dan al interior de las fincas los cuales poseen especial relevancia por la enorme carga de compuestos orgánicos que son vertidos en las aguas. Por ejemplo, en el sistema de producción de banano, café y de cacao, así como el de cerdos y aves se producen volúmenes de agua residual con altos contenidos de carbono orgánico. Sin embargo, hay productores tienen implementados dentro de sus sistemas productivos lagunas y reactores anaeróbicos que recuperan el CH<sub>4</sub> generado para ser usado con fi-

nes energéticas.

Las emisiones dependen de la cantidad de desechos generados y del factor de emisión que caracteriza la cantidad en que estas generan emisiones de metano según el tipo de tratamiento realizado.

El IPCC propone que las organizaciones cuantifiquen el requerimiento químico de oxígeno o demanda química de oxígeno DQO y el caudal de sus vertimientos para poder calcular sobre esta base las emisiones de metano asociadas. Cuando se conocen estos datos las emisiones de GEI se calculan usando la expresión, que se ha adaptado de la metodología del IPCC (2006):

$$Em_{CH_4} = K_{DQO_{vert}} \times FE_{CH_4} \times PCG$$

$$Em_{CH_4} = \text{Emisiones CH}_4 \text{ (kg CO}_2\text{e/año)}$$

**FE<sub>CH<sub>4</sub></sub>** = Factor de emisión según tratamiento (kg CH<sub>4</sub>/kg DQO); puede ser tomado de la tabla descrita a continuación, según el tipo de tratamiento utilizado.

**PCG** = Potencial de calentamiento global (kg CO<sub>2</sub>e/kg CH<sub>4</sub>).

**K<sub>DQO<sub>vert</sub></sub>** = cantidad total de DQO en los vertimientos (kg DQO/año)

$$K_{DQO_{vert}} = Q_{vert} \times C_{DQO}$$

**Q<sub>vert</sub>** = Caudal Vertimientos de la organización (m<sup>3</sup> / año), que puede ser obtenido de una caracterización de aguas residuales de la organización y extrapolando los datos según el tiempo de muestreo.

**C<sub>DQO</sub>** = Concentración DQO en los vertimientos (kg DQO/m<sup>3</sup>), que puede ser obtenido de una caracterización de aguas residuales de la organización.

Los factores de emisión vertimientos de una organización dependen del tipo de tratamiento o manejo que se haga con el agua. La tabla a con-

tinuación describe los factores de emisión que pueden ser empleados en la ecuación descrita anteriormente

**Tabla 16. Factor de emisión por defecto para aguas residuales industriales**

TIPO DE TRATAMIENTO	FACTOR DE EMISIÓN (KGCH <sub>4</sub> /KG DQO)	RANGO
Vertimientos líquidos no tratados	0,025	0 - 0,05
Vertimientos líquidos tratados (PTAR aeróbica)	0	0 - 0,025
Vertimientos líquidos tratados (PTAR aeróbica sobrecargada)	0,075	0,05 - 0,1
Vertimientos líquidos tratados (Digestor anaeróbico)	0,2	0,2 - 0,25
Vertimientos líquidos tratados (Reactor anaeróbico)	0,2	0,2 - 0,25
Vertimientos líquidos tratados (Laguna anaeróbica < 2 mts)	0,05	0 - 0,075
Vertimientos líquidos tratados (Laguna anaeróbica > 2 mts)	0,2	0,2 - 0,25

Fuente: IPCC, 2006

Si la organización no ha realizado ningún tipo de caracterización de las aguas residuales que le permita conocer su KDQOvert, se pueden emplear valores por defecto para la producción de aguas residuales y la concentración de DQO según el tipo de industria en la que se esté desarrollando el cálculo de emisiones de GEI, modificando un poco la ecuación descrita anteriormente para incluir la producción de la organización (P) y la generación de aguas residuales según el tipo de industria (W):

La organización debería conocer su producción anual en ton/año, pero si no cuentan con información del caudal de aguas generadas al año o su concentración de DQO, el IPCC proporciona valores por defecto para la generación de aguas en algunos tipos de industrias del sector agroindustrial, que se describen en la siguiente tabla; sin embargo, si se cuenta con alguno de los datos puede ser usado para aumentar la precisión del cálculo:

**Tabla 17. Ejemplos sobre datos de aguas residuales industriales**

Tipo de industria	Generación de aguas residuales W (m <sup>3</sup> /Ton)	Intervalo para W (m <sup>3</sup> /Ton)	Concentración de DQO C <sub>DQO</sub> (kg DQO/m <sup>3</sup> )	Intervalo para C <sub>DQO</sub> (kg DQO/m <sup>3</sup> )
Café	ND	ND	9	3 - 15
Productos lácteos	7	3 - 10	2,7	1,5 - 5,2
Procesamiento de pescado	ND	8 - 18	2,5	ND
Producción de almidón	9	4 - 18	10	1,5 - 42
Refinado azúcar	ND	4 - 18	3,2	1 - 6
Verduras, frutas y zumos	20	7 - 35	5	2 - 10
Vino y vinagre	23	11 - 46	1,5	0,7 - 3

Fuente: IPCC, 2006 (ND= No disponible)

A modo de ejemplo, se sabe que una hacienda cafetera se produce 10 Ton de café pergamino seco al año, para lo cual se generaron 132m<sup>3</sup> de aguas residuales en el proceso al año. En el año del inventario la finca no cuenta con ningún tipo

de tecnología para tratar las aguas residuales que se generan por esta actividad y no se tienen más datos para calcular las emisiones. Para poder usar la ecuación se emplea una concentración de DQO de

#### Ecuación 4. Ejemplo de cuantificación de emisiones de GEI.

$$\begin{aligned}
 K_{DQOvert} &= P \times W \times C_{DQO} \\
 K_{DQOvert} &= 10 \text{ ton-café/año} \times 13,2 \text{ m}^3/\text{ton-café} \times 9 \text{ kg DQO/m}^3 \\
 K_{DQOvert} &= 1.118 \text{ kg DQO/año} \\
 Em_{CH_4} &= K_{DQOvert} \times FE_{CH_4} \times PCG \\
 Em_{CH_4} &= 1.118 \text{ kg DQO/año} \times 0,025 \text{ kgCH}_4/\text{kg DQO} \times 28 \text{ kgCO}_2\text{e/kgCH}_4 \\
 Em_{CH_4} &= 831,6 \text{ kg CO}_2\text{e/año}
 \end{aligned}$$

En el ejemplo anterior los 13,2 m<sup>3</sup>/ton de café son obtenidos de la relación entre 132 de agua al año/10 ton de café producidas al año; mientras que el valor de 9 kg DQO/m<sup>3</sup> se usa por no contar con ningún dato propio

de la organización; por otro lado el 0,025 kgCH<sub>4</sub>/kgDQO se usa al no existir ningún tipo de tratamiento para el agua residual. Las emisiones por el proceso del café serian de 831,6 kg de CO<sub>2</sub>e en el año.

## CÁLCULO SECTOR PECUARIO

### EMISIONES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA

La Fermentación entérica es un proceso que ocurre en el sistema digestivo de los animales y especialmente en los bovinos (Rumiantes). Consiste en la producción de metano ( $\text{CH}_4$ ) como desecho de la transformación de la fibra (pastos, forrajes, alimentos balanceados) que hacen los microorganismos anaerobios metanogénicos en el sistema digestivo de los rumiantes<sup>34</sup>. La cantidad de metano que se libera dependerá del tipo de aparato digestivo, edad y peso del animal y más que nada del tipo, cantidad y calidad del alimento consumido. Los rumiantes (como vacas, cabras, búfalos, etc.) producen más cantidades de GEI que los monogástrico

(como cerdos y aves). El metano que se produce en un desecho de la digestión de los animales y se toma en cuenta como fuente de emisión de GEI en la huella e carbono del sector pecuario en el alcance 1.

La cantidad de metano entérico que se emite depende principalmente del número de animales, el tipo de aparato digestivo y la clase y la cantidad de alimentos que consumen. El IPCC proporciona factores de emisión por defecto para los diferentes tipos de ganado que pueden ser utilizados por cualquier organización que requiera realizar el cálculo de sus emisiones. Estos factores están descritos en la siguiente tabla.

**Tabla 18. Factores de emisión por la fermentación entérica del ganado**

GANADO	VALOR ( $\text{KGCH}_4/\text{CABEZA X AÑO}$ )	INCERTIDUMBRE
Ganado vacuno lechero	63	+/-30 a +/-50%
Ganado vacuno no lechero	56	+/-30 a +/-50%
Búfalos	55	+/-30 a +/-50%
Ovejas	5	+/-30 a +/-50%
Cabras	5	+/-30 a +/-50%
Caballos	18	+/-30 a +/-50%
Mulas y Asnos	10	+/-30 a +/-50%
Cerdos	1	+/-30 a +/-50%
Conejos	0,054	+/-30 a +/-50%
Aves de corral	Datos insuficientes para el calculo	NA

Fuente: IPCC, 2006

En Colombia, para el desarrollo del Primer Informe Bienal ante la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (2015), más conocido como el BUR 2015; se desarrollaron factores de emisión específicos para el país para el caso del ganado vacuno, obteniendo los siguientes re-

sultados que aumentan el nivel de precisión del inventario y que por lo tanto son recomendables para el uso en las organizaciones:

<sup>34</sup> Fuente FAO: <http://faostat3.fao.org/modules/faostat-download.js/PDF/ES/GE.pdf>

**Tabla 19. Factores de emisión por la fermentación entérica del ganado vacuno en Colombia**

GANADO	VALOR (KGCH <sub>4</sub> /CABEZA X AÑO)	INCERTIDUMBRE
Vacas de alta producción lechera (Holstein, Jersey, Ayrshire) - Peso Promedio 520kg - Producción Promedio 11,7 kg leche/día	84,62	+/-30 a +/-50%
Vacas de baja producción lechera (Doble Propósito) - Peso Promedio 395 kg - Producción Promedio 3,5 kg leche/día	60,44	+/-30 a +/-50%
Vacas de baja producción lechera (Doble Propósito con corte Cebuino) - Peso Promedio 380 kg - Producción Promedio 1,9 kg leche/día	53,05	+/-30 a +/-50%
Toros reproductores (tipo Cebuino) - Peso Promedio 530 kg	57,53	+/-30 a +/-50%
Terberos pre-destetos	20,14	+/-30 a +/-50%
Terberas de reemplazo	30,91	+/-30 a +/-50%
Ganado de engorde	36,97	+/-30 a +/-50%

Fuente: BUR Colombia, 2015

Aunque los valores tienen un mayor nivel de especificidad para las características propias del país, se mantienen los rangos de incertidumbre propuestos por el IPCC, por ser esta la recomendación de esta organización cuando no se cuenta con un estudio específico para el país.

Aunque aún no se han desarrollado estudios de este tipo, a futuro sería conveniente el desarrollo de modelos sofisticados en los que se consideren:

- Los efectos de la digestibilidad (DE%).
- La ingesta de materia seca de la dieta en cuanto a su relación con el peso corporal en pie.
- La composición química de la dieta.

- El pasaje de partículas y la cinética de la digestión, o los compuestos vegetales antimicrobianos.
- La variación de la población microbiana dentro del tracto digestivo.

Para el caso de las aves de corral, el IPCC no ha desarrollado un factor de emisión genérico, pero existen otros estudios que sitúan las emisiones de estas especies alrededor de los 0,00009522 kg CH<sub>4</sub>/cabeza\*año (0,00001587 kg CH<sub>4</sub>/cabeza\*ciclo de vida)<sup>35</sup>.

Con todos estos factores de emisión la organización solamente debe contabilizar la población anual que han criado de cada tipo de ganado, y calcular las emisiones usando la ecuación general:

**Emisiones de GEI = Dato de la actividad x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global**

A modo de ejemplo, si una organización ha criado durante el año de análisis 1.000 reses de engorde, las emisiones asociadas a este ganado serán:

<sup>35</sup> Wang SY, Huang DJ; Department of Animal Science, Chinese Culture University, 55 Hwa Kang Rd, Taipei, Taiwan, ROC; Assessment of Greenhouse Gas Emissions from Poultry Enteric Fermentation; 2004; Disponible en: [http://ajas.info/upload/pdf/18\\_137.pdf](http://ajas.info/upload/pdf/18_137.pdf)

#### Ecuación 4. Ejemplo de cuantificación de emisiones de GEI.

**Emisiones de GEI = Dato de la actividad x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global**  
**Emisiones de GEI = 1.000 cabezas x 36,97 kg-CH<sub>4</sub>/cabeza\* año x 28 kg CO<sub>2</sub>e/kg-CH<sub>4</sub>**  
**Emisiones de GEI = 1'035.160 kg CO<sub>2</sub>e/año**

No en todos los casos se puede hablar de una "población estática", en donde se puede obtener el número de individuos en el año de los inventarios de la finca, en algunos casos las organizaciones pueden tener poblaciones en "crecimiento continuo", que son aquellas en donde la mayoría de los animales están vivos durante sólo una parte del año, por ejemplo los conejos para carne, pollos

de engorde, etc. Para este caso, con el fin de evitar errores en la contabilización de las emisiones, que lleven a suponer que los animales criados están generando emisiones durante todo el año cuando no es así, el IPCC en su metodología 2006 propone calcular una población promedio anual usando la siguiente ecuación antes de aplicar los factores de emisión:

$$\text{Poblacion Promedio anual} = \text{Dias Vivo animal X } \frac{\text{cantidad animales producidos al año}}{365}$$

Si una empresa de crianza de conejos produce 300.000 animales al año (con un ciclo de creci-

miento de cada animal de 180 días), cuales son las emisiones GEI asociadas:

$$\text{Poblacion Promedio anual} = \text{Dias Vivo animal X } \frac{\text{cantidad animales producidos al año}}{365}$$
$$\text{Poblacion Promedio anual} = 180 \text{ X } \frac{300.000}{365} = 147.945,2 \approx 147.946 \text{ animales/año}$$

Una vez calculada la población promedio, ya pueden usarse los factores de emisión propuestos anteriormente:

#### Ecuación 4. Ejemplo de cuantificación de emisiones de GEI.

**Emisiones de GEI = Dato de la actividad x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global**  
**Emisiones de GEI = 147.946 cabezas x 36,97 kg-CH<sub>4</sub>/cabeza\* año x 28 kg CO<sub>2</sub>e/kg-CH<sub>4</sub>**  
**Emisiones de GEI = 1'035.160 kg CO<sub>2</sub>e/año**

#### MANEJO DE EXCRETAS ANIMALES

La producción de excretas (estiércoles y orines) de los animales de engorde representa otra fuente significativa de emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso N<sub>2</sub>O. La cantidad emitida de cada uno

dependerá del tipo de animal, el total de animales, las características digestivas, la clase y cantidad de alimentos que consumen.

Aunque la cantidad de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O producido durante la gestión de desechos se presenta en unida-

des de kg de GEI por cabeza en un año, los valores dependen básicamente de tres variables: el tipo de ganado, el clima del lugar donde este el ganado y el tipo de tratamiento realizado al estiércol.

**Tipo de animal:** La cantidad de producción de desechos, el contenido de carbono y nitrógeno en los mismos, la masa de los animales, entre otros aspectos; cambian según el tipo de ganado haciendo que cambien sus emisiones. Las categorías de ganado incluidas en la metodología IPCC que se han considerado de interés para Colombia, para las cuales existe información y se pueden estimar factores de emisión son: Ganado vacuno lechero, otros vacunos, búfalos, ovinos, caprinos, porcinos de carne, porcinos de cría, equinos, mulas y asnos, aves de corral, conejos y avestruces

**Clima:** Aumentos en la temperatura ambiente facilitan los procesos de degradación del carbono y nitró-

geno a metano y óxido nitroso respectivamente. La metodología del IPCC del 2006 normalmente diferencia los factores climáticos según la temperatura promedio anual del lugar en: frío (temperaturas < 14°C), templado (temperaturas entre 15 y 25°C) y cálido (temperaturas > 25°C) en la mayor parte de las categorías, aunque en algunas hace una diferenciación con un margen de diferencia de un grado centígrado (desde 10 a 28°C).

**Tipo de tratamiento realizado a las excretas:** teniendo en cuenta que unas tecnológicas permiten una mayor o menor producción de gases de efecto invernadero, debido a las reacciones bioquímicas que se producen en la degradación de la materia orgánica presente en los excrementos, los factores de emisión se diferencian según el tipo de tratamiento realizado. Las formas de tratamiento evaluadas en la metodología IPCC 2006 son:

**Tabla 20. Descripción de los sistemas de tratamiento considerados en la metodología IPCC 2006**

No.	Sistema	Definición
1	Pastura/Prado/Pradera	Se deja que el estiércol de los animales en pasturas o prados permanezca como tal, sin gestionarse.
2	Distribución diaria	Como rutina, el estiércol se saca de instalaciones de confinamiento y se aplica a tierras de cultivo o pasturas dentro de las 24 horas de su excreción.
3	Almacenaje de sólidos	El almacenamiento de estiércol, habitualmente por períodos de varios meses, en pilas o parvas no confinadas. El estiércol puede apilarse debido a la presencia de una suficiente cantidad de material de cama o a la pérdida de humedad por evaporación.
4	Corral de engorde	Una zona de confinación pavimentada o no sin cobertura vegetativa alguna de la que el estiércol acumulado puede retirarse periódicamente.
5	Líquido/Fango	El estiércol se almacena tal como se excretara o con un mínimo agregado de agua en tanques o en estanques de tierra fuera del lugar en el que están los animales, habitualmente por períodos de menos de un año.
6	Laguna anaeróbica no cubierta	Tipo de sistema de almacenamiento en líquido diseñado y operado para combinar la estabilización y el almacenamiento de desechos. Habitualmente, se utiliza el sobrenadante de la laguna para retirar el estiércol de las instalaciones de confinamiento relacionadas con ésta. Las lagunas anaeróbicas se diseñan para diversos períodos de almacenamiento (de hasta un año o más), según la región climática, la tasa de carga de sólidos volátiles y otros factores operativos. El agua de la laguna puede reciclarse como agua para limpieza o usarse para irrigar y fertilizar campos.

7	Almacenamiento en pozos por debajo de lugares de confinamiento animal	Recogida y almacenamiento del estiércol, habitualmente con poco o ningún agregado de agua y comúnmente por debajo de un suelo emparrillado, en una instalación de confinamiento de animales, habitualmente por períodos de menos de un año.
8	Digestor anaeróbico	Las excretas animales con o sin paja se recogen y se resumen anaeróbicamente en un gran tanque contenedor o en una laguna cubierta. En general, los digestores se diseñan y operan para la estabilización de los desechos mediante la reducción microbiana de compuestos orgánicos complejos de CO <sub>2</sub> y CH <sub>4</sub> , que se capturan y queman o se usan como combustible.
9	Quemado para combustible	El estiércol y la orina se excretan en el campo. Las tortas de estiércol secas se queman como combustible.
10	Camas profundas para vacunos y porcinos	A medida que el estiércol se acumula, se agrega constantemente material de cama para absorber la humedad durante un ciclo de producción y, posiblemente, durante hasta 6 a 12 meses. A este sistema de gestión del estiércol se lo conoce también como sistema de gestión del estiércol de estabulado con cama y se puede combinar con engorde en corral o pastura.
11	Fabricación de abono orgánico (compost) - en tambor	Fabricación de compost, habitualmente en un canal cerrado, con aireación forzada y mezclado permanente.
12	Fabricación de abono orgánico (compost) - Pila estática	Fabricación de compost en pilas con aireación forzada pero sin mezclado.
13	Fabricación de abono orgánico (compost) - intensivo en filas	Fabricación de compost en filas con medias vueltas regulares (mínimo diariamente) para mezclado y aireación.
14	Fabricación de abono orgánico (compost) - pasivo en filas	Fabricación de compost en filas con medias vueltas frecuentes para mezclado y aireación.
15	Estiércol de aves de corral con hojarasca	Similar a las camas profundas de vacunos y porcinos excepto porque, habitualmente, no se combina con engorde en corral o pastura. Comúnmente se emplea para lotes de aves de cría y para la producción de pollos para carne (parrilleros) y otras aves.
16	Estiércol de aves de corral sin hojarasca	Puede ser similar a pozos abiertos en instalaciones cerradas de confinación de animales o puede diseñarse y operarse para secar el estiércol a medida que se acumula. Esto último se conoce como sistema elevado de gestión del estiércol y constituye una forma de fabricación pasiva de compost en filas cuando se lo diseña y opera correctamente.
17	Tratamiento aeróbico	La oxidación biológica del estiércol recolectado como líquido con aireación forzada o natural. La aireación natural se limita a estanques aeróbicos y de retención y a sistemas de humedales, y se debe fundamentalmente a la fotosíntesis. Por ende, habitualmente, estos sistemas se tornan anóxicos durante períodos sin luz solar.

Fuente: IPCC, 2006

El IPCC recomienda que se escojan las condiciones más cercanas a la realidad particular del lugar evaluado, preferiblemente obteniendo los datos mediante mediciones o simulaciones específicas, pero también suministra datos por defecto de las variables involucradas en el cálculo, para tener en cuenta en la determinación de factores de emisión por defecto.

Teniendo en cuenta que se manejan 3 variables con rangos amplios en cada una de ellas, al relacionarlas para obtener los factores de emisión tanto de CH<sub>4</sub> como de N<sub>2</sub>O, se alcanza una cifra superior a los 400 factores de emisión según las diferentes combinaciones posibles de tipo de ganado, clima

y tipo de tratamiento. Un resumen de los cálculos de factores de emisión realizados empleando los valores por defecto proporcionados por el IPCC para todas las variables consideradas se puede ver en las tablas de las páginas a continuación.

El cálculo de las emisiones se simplifica a conocer la cantidad de cabezas que se mantuvieron durante un periodo de tiempo determinado, empleando la ecuación general para el cálculo de emisiones. A modo de ejemplo, si una organización gestiona a través de un sistema de compostaje con volteo el estiércol de 1.000 vacas lecheras durante el año, en un clima con una temperatura de 25°C en promedio, las emisiones serán iguales a:

#### Ecuación 4. Ejemplo de cuantificación de emisiones de GEI.

**Emisiones de GEI = Dato de la actividad x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global**

**Emisiones de GEI = 1.000 cabezas x 1,3829 kg-CH<sub>4</sub>/cabeza\*año x 28 kg CO<sub>2</sub>e/kg-CH<sub>4</sub>**

**Emisiones de GEI = 38.721,2 kg CO<sub>2</sub>e/año**

**Emisiones de GEI = Dato de la actividad x Factor de emisión x Potencial de calentamiento global**

**Emisiones de GEI = 1.000 cabezas x 11,0126 kg-N<sub>2</sub>O/cabeza\*año x 265 kg CO<sub>2</sub>e/kg-N<sub>2</sub>O**

**Emisiones de GEI = 2'918.339 kg CO<sub>2</sub>e/año**

**Emisiones totales de GEI = 38.721,2 kg CO<sub>2</sub>e/año + 2'918.339 kg CO<sub>2</sub>e/año = 2'957.060,2 kg CO<sub>2</sub>e/año**

Los factores de emisión para el manejo de excretas pueden ser consultados, teniendo en cuenta

las consideraciones realizadas anteriormente, en las tablas siguientes tablas.

**Tabla 21. Factores de emisión de CH<sub>4</sub> por manejo de estiércol según la metodología IPCC 2006**

Sistema de Gestión	Factor de emisión del estiércol por tipo de ganado (kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año)								
	Ganado Lechero			Ganado No Lechero			Aves de Corral		
	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido
Pastura/prado	0,9220	1,3829	1,8439	0,6114	0,9171	1,2228	0,0587	0,0880	0,1174
Distribución diaria	0,0922	0,4610	0,9220	0,0611	0,3057	0,6114	0,0059	0,0293	0,0587
Almacenamiento solido	1,8439	3,6878	4,6098	1,2228	2,4455	3,0569	0,1174	0,2348	0,2935
Corral engorde	0,9220	1,3829	1,8439	0,6114	0,9171	1,2228	0,0587	0,0880	0,1174
Liquido/fango	23,0488	59,9270	73,7563	15,2844	39,7394	48,9100	1,4673	3,8150	4,6954
Lagunas anaeróbicas	67,3026	72,8343	73,7563	44,6304	48,2986	48,9100	4,2845	4,6367	4,6954
Almacenamiento en pozos y camas profundas < 1 mes	2,7659	2,7659	27,6586	1,8341	1,8341	18,3413	0,0000	0,0000	0,0000
Almacenamiento en pozos y camas profundas > 1 mes	23,0488	59,9270	73,7563	15,2844	39,7394	48,9100	0,0000	0,0000	0,0000
Digestor Anaeróbico	92,1954	92,1954	92,1954	61,1375	61,1375	61,1375	5,8692	5,8692	5,8692
Quemado para combustible	9,2195	9,2195	9,2195	6,1138	6,1138	6,1138	0,5869	0,5869	0,5869
Compostaje en Tambor y pilas estáticas	0,4610	0,4610	0,4610	0,3057	0,3057	0,3057	0,0293	0,0293	0,0293
Compostaje pilas con volteo intensivo o regular	0,4610	0,9220	1,3829	0,3057	0,6114	0,9171	0,0293	0,0587	0,0880
Camas de aves de corral con hojarasca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0088	0,0088	0,0088
Tratamientos aeróbicos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fuente: Valores calculados a partir de metodología IPCC, 2006

**Tabla 22 Tabla 12. Factores de emisión de CH<sub>4</sub> por manejo de estiércol según la metodología IPCC 2006 (continuación)**

Sistema de Gestión	Factor de emisión del estiércol por tipo de ganado (kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año)								
	Ovejas			Porcinos de carne			Porcinos de cría		
	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido
Pastura/prado	0,1017	0,1526	0,2035	0,2128	0,3191	0,4255	0,2128	0,3191	0,4255
Distribución diaria	0,0102	0,0509	0,1017	0,0213	0,1064	0,2128	0,0213	0,1064	0,2128
Almacenamiento solido	0,2035	0,4069	0,5087	0,4255	0,8510	1,0638	0,4255	0,8510	1,0638
Corral engorde	0,1017	0,1526	0,2035	0,2128	0,3191	0,4255	0,2128	0,3191	0,4255
Liquido/fango	2,5433	6,6126	8,1386	5,3190	13,8293	17,0207	5,3190	13,8293	17,0207
Lagunas anaeróbicas	7,4265	8,0369	8,1386	15,5314	16,8079	17,0207	15,5314	16,8079	17,0207
Almacenamiento en pozos y camas profundas < 1 mes	0,3052	0,3052	3,0520	0,6383	0,6383	6,3828	0,6383	0,6383	6,3828
Almacenamiento en pozos y camas profundas > 1 mes	2,5433	6,6126	8,1386	5,3190	13,8293	17,0207	5,3190	13,8293	17,0207
Digestor Anaeróbico	10,1733	10,1733	10,1733	21,2759	21,2759	21,2759	21,2759	21,2759	21,2759
Quemado para combustible	1,0173	1,0173	1,0173	2,1276	2,1276	2,1276	2,1276	2,1276	2,1276
Compostaje en Tambor y pilas estáticas	0,0509	0,0509	0,0509	0,1064	0,1064	0,1064	0,1064	0,1064	0,1064
Compostaje pilas con volteo intensivo o regular	0,0509	0,1017	0,1526	0,1064	0,2128	0,3191	0,1064	0,2128	0,3191
Camas de aves de corral con hojarasca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tratamientos aeróbicos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fuente: Valores calculados a partir de metodología IPCC, 2006

**Tabla 23 Tabla 12. Factores de emisión de CH<sub>4</sub> por manejo de estiércol según la metodología IPCC 2006 (continuación)**

Sistema de Gestión	Factor de emisión del estiércol por tipo de ganado (kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año)								
	Búfalos			Cabras			Caballos		
	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido
Pastura/prado	0,9537	1,4306	1,9075	0,1113	0,1669	0,2225	1,0936	1,6404	2,1873
Distribución diaria	0,0954	0,4769	0,9537	0,0111	0,0556	0,1113	0,1094	0,5468	1,0936
Almacenamiento solido	1,9075	3,8150	4,7687	0,2225	0,4451	0,5564	2,1873	4,3745	5,4681
Corral engorde	0,9537	1,4306	1,9075	0,1113	0,1669	0,2225	1,0936	1,6404	2,1873
Liquido/fango	23,8436	61,9934	76,2996	2,7818	7,2326	8,9016	27,3407	71,0858	87,4902
Lagunas anaeróbicas	69,6234	75,3459	76,2996	8,1227	8,7903	8,9016	79,8348	86,3966	87,4902
Almacenamiento en pozos y camas profundas < 1 mes	2,8612	2,8612	28,6124	0,3338	0,3338	3,3381	3,2809	3,2809	32,8088
Almacenamiento en pozos y camas profundas > 1 mes	23,8436	61,9934	76,2996	2,7818	7,2326	8,9016	27,3407	71,0858	87,4902
Digestor Anaeróbico	95,3745	95,3745	95,3745	11,1270	11,1270	11,1270	109,3628	109,3628	109,3628
Quemado para combustible	9,5375	9,5375	9,5375	1,1127	1,1127	1,1127	10,9363	10,9363	10,9363
Compostaje en Tambor y pilas estáticas	0,4769	0,4769	0,4769	0,0556	0,0556	0,0556	0,5468	0,5468	0,5468
Compostaje pilas con volteo intensivo o regular	0,4769	0,9537	1,4306	0,0556	0,1113	0,1669	0,5468	1,0936	1,6404
Camas de aves de corral con hojarasca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tratamientos aeróbicos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fuente: Valores calculados a partir de metodología IPCC, 2006

**Tabla 24 Tabla 12. Factores de emisión de CH<sub>4</sub> por manejo de estiércol según la metodología IPCC 2006 (continuación)**

Sistema de Gestión	Factor de emisión del estiércol por tipo de ganado (kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año)								
	Mulas y Asnos			Conejos			Avestruces		
	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido
Pastura/prado	0,8965	1,1954	0,0783	0,1174	0,1565	0,7092	1,0638	1,4184	0,8965
Distribución diaria	0,2988	0,5977	0,0078	0,0391	0,0783	0,0709	0,3546	0,7092	0,2988
Almacenamiento solido	2,3907	2,9884	0,1565	0,3130	0,3913	1,4184	2,8368	3,5460	2,3907
Corral engorde	0,8965	1,1954	0,0783	0,1174	0,1565	0,7092	1,0638	1,4184	0,8965
Liquido/fango	38,8492	47,8144	1,9564	5,0866	6,2605	17,7299	46,0977	56,7356	38,8492
Lagunas anaeróbicas	47,2167	47,8144	5,7127	6,1822	6,2605	51,7712	56,0264	56,7356	47,2167
Almacenamiento en pozos y camas profundas < 1 mes	1,7930	17,9304	0,2348	0,2348	2,3477	2,1276	2,1276	21,2759	1,7930
Almacenamiento en pozos y camas profundas > 1 mes	38,8492	47,8144	1,9564	5,0866	6,2605	17,7299	46,0977	56,7356	38,8492
Digestor Anaeróbico	59,7680	59,7680	7,8256	7,8256	7,8256	70,9195	70,9195	70,9195	59,7680
Quemado para combustible	5,9768	5,9768	0,7826	0,7826	0,7826	7,0920	7,0920	7,0920	5,9768
Compostaje en Tambor y pilas estáticas	0,2988	0,2988	0,0391	0,0391	0,0391	0,3546	0,3546	0,3546	0,2988
Compostaje pilas con volteo intensivo o regular	0,5977	0,8965	0,0391	0,0783	0,1174	0,3546	0,7092	1,0638	0,5977
Camas de aves de corral con hojarasca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tratamientos aeróbicos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fuente: Valores calculados a partir de metodología IPCC, 2006

**Tabla 25 Tabla 13. Factores de emisión de N<sub>2</sub>O por manejo de estiércol según la metodología IPCC 2006**

Sistema de Gestión	Factor de emisión del estiércol por tipo de ganado (kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año)								
	Ganado Lechero			Ganado No Lechero			Aves de Corral		
	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido
Pastura/prado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Distribución diaria	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Almacenamiento solido	0,5506	0,5506	0,5506	0,3149	0,3149	0,3149	0,3487	0,3487	0,3487
Corral engorde	2,2025	2,2025	2,2025	1,2596	1,2596	1,2596	1,3949	1,3949	1,3949
Liquido/fango	0,5506	0,5506	0,5506	0,3149	0,3149	0,3149	0,3487	0,3487	0,3487
Lagunas anaeróbicas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Almacenamiento en pozos y camas profundas < 1 mes	1,1013	1,1013	1,1013	0,6298	0,6298	0,6298	0,6975	0,6975	0,6975
Almacenamiento en pozos y camas profundas > 1 mes	7,7088	7,7088	7,7088	4,4085	4,4085	4,4085	4,8822	4,8822	4,8822
Digestor Anaeróbico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Quemado para combustible	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Compostaje en Tambor y pilas estáticas	0,6608	0,6608	0,6608	0,3779	0,3779	0,3779	0,4185	0,4185	0,4185
Compostaje pilas con volteo intensivo o regular	11,0126	11,0126	11,0126	6,2978	6,2978	6,2978	6,9746	6,9746	6,9746
Camas de aves de corral con hojarasca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tratamientos aeróbicos	1,1013	1,1013	1,1013	0,6298	0,6298	0,6298	0,6975	0,6975	0,6975

Fuente: Valores calculados a partir de metodología IPCC, 2006

**Tabla 26 Tabla 13. Factores de emisión de N<sub>2</sub>O por manejo de estiércol según la metodología IPCC 2006 (continuación)**

Sistema de Gestión	Factor de emisión del estiércol por tipo de ganado (kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año)								
	Ovejas			Porcinos de carne			Porcinos de cría		
	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido
Pastura/prado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Distribución diaria	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Almacenamiento solido	0,0042	0,0042	0,0042	0,0940	0,0940	0,0940	0,1261	0,1261	0,1261
Corral engorde	0,0169	0,0169	0,0169	0,3758	0,3758	0,3758	0,5043	0,5043	0,5043
Líquido/fango	0,0042	0,0042	0,0042	0,0940	0,0940	0,0940	0,1261	0,1261	0,1261
Lagunas anaeróbicas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Almacenamiento en pozos y camas profundas < 1 mes	0,0000	0,0000	0,0000	0,1879	0,1879	0,1879	0,2521	0,2521	0,2521
Almacenamiento en pozos y camas profundas > 1 mes	0,0000	0,0000	0,0000	1,3153	1,3153	1,3153	1,7650	1,7650	1,7650
Digestor Anaeróbico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Quemado para combustible	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Compostaje en Tambor y pilas estáticas	0,0051	0,0051	0,0051	0,1127	0,1127	0,1127	0,1513	0,1513	0,1513
Compostaje pilas con volteo intensivo o regular	0,0847	0,0847	0,0847	1,8790	1,8790	1,8790	2,5214	2,5214	2,5214
Camas de aves de corral con hojarasca	0,0085	0,0085	0,0085	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tratamientos aeróbicos	0,0085	0,0085	0,0085	0,1879	0,1879	0,1879	0,2521	0,2521	0,2521

Fuente: Valores calculados a partir de metodología IPCC, 2006

**Tabla 27 Tabla 13. Factores de emisión de N<sub>2</sub>O por manejo de estiércol según la metodología IPCC 2006 (continuación)**

Sistema de Gestión	Factor de emisión del estiércol por tipo de ganado (kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año)								
	Búfalos			Cabras			Caballos		
	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido
Pastura/prado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Distribución diaria	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Almacenamiento solido	0,0442	0,0442	0,0442	0,1179	0,1179	0,1179	0,1179	0,1179	0,1179
Corral engorde	0,1767	0,1767	0,1767	0,4715	0,4715	0,4715	0,4715	0,4715	0,4715
Líquido/fango	0,0442	0,0442	0,0442	0,1179	0,1179	0,1179	0,1179	0,1179	0,1179
Lagunas anaeróbicas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Almacenamiento en pozos y camas profundas < 1 mes	0,0883	0,0883	0,0883	0,2357	0,2357	0,2357	0,2357	0,2357	0,2357
Almacenamiento en pozos y camas profundas > 1 mes	0,6183	0,6183	0,6183	1,6502	1,6502	1,6502	1,6502	1,6502	1,6502
Digestor Anaeróbico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Quemado para combustible	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Compostaje en Tambor y pilas estáticas	0,0530	0,0530	0,0530	0,1414	0,1414	0,1414	0,1414	0,1414	0,1414
Compostaje pilas con volteo intensivo o regular	0,8833	0,8833	0,8833	2,3574	2,3574	2,3574	2,3574	2,3574	2,3574
Camas de aves de corral con hojarasca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tratamientos aeróbicos	0,0883	0,0883	0,0883	0,2357	0,2357	0,2357	0,2357	0,2357	0,2357

Fuente: Valores calculados a partir de metodología IPCC, 2006

**Tabla 28 Tabla 13. Factores de emisión de N<sub>2</sub>O por manejo de estiércol según la metodología IPCC 2006 (continuación)**

Sistema de Gestión	Factor de emisión del estiércol por tipo de ganado (kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año)								
	Mulas y Asnos			Conejos			Avestruces		
	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido
Pastura/prado	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	ND	ND	ND
Distribución diaria	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	ND	ND	ND
Almacenamiento solido	0,1179	0,1179	0,1179	0,1179	0,1179	0,1179	ND	ND	ND
Corral engorde	0,4715	0,4715	0,4715	0,4715	0,4715	0,4715	ND	ND	ND
Líquido/fango	0,1179	0,1179	0,1179	0,1179	0,1179	0,1179	ND	ND	ND
Lagunas anaeróbicas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	ND	ND	ND
Almacenamiento en pozos y camas profundas < 1 mes	0,2357	0,2357	0,2357	0,2357	0,2357	0,2357	ND	ND	ND
Almacenamiento en pozos y camas profundas > 1 mes	1,6502	1,6502	1,6502	1,6502	1,6502	1,6502	ND	ND	ND
Digestor Anaeróbico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	ND	ND	ND
Quemado para combustible	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	ND	ND	ND
Compostaje en Tambor y pilas estáticas	0,1414	0,1414	0,1414	0,1414	0,1414	0,1414	ND	ND	ND
Compostaje pilas con volteo intensivo o regular	2,3574	2,3574	2,3574	2,3574	2,3574	2,3574	ND	ND	ND
Camas de aves de corral con hojarasca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	ND	ND	ND
Tratamientos aeróbicos	0,2357	0,2357	0,2357	0,2357	0,2357	0,2357	ND	ND	ND

Fuente: Valores calculados a partir de metodología IPCC, 2006

**Paso 5.** Condiciones mínimas de Reporte y Declaración de GEI

Si los productores desean hacer público el resultado de la cuantificación de la huella de carbono de sus procesos productivos, están en la obliga-

ción de comunicar de la manera más transparente todo el proceso de cuantificación. Para tal fin, se recomienda al productor elaborar un informe que siga las directrices establecidas en la norma NTC ISO 14064-1 para la cuantificación de la huella de carbono.

**Tabla 29. CONTENIDO DEL INFORME SOBRE GEI**

Requisito de la Norma		Ejemplo
A.	Descripción de la Organización que hace el informe	En este punto es necesario explicar las características de la empresa agropecuaria, el área geográfica, topografía, condiciones de clima y tipo de producción (ganadería de carne, de leche, cultivo de café, cultivo permanente, y demás características que hacen a la empresa agropecuaria que reporta única y que la diferencia de las existentes en el mercado. este punto da un contexto de donde se realizó la cuantificación de la huella de carbono.
B.	Persona Responsable	Generalmente la persona responsable hace referencia a quien elaboró el informe o en su defecto, al responsable de la cuantificación de emisiones.
C.	Periodo que cubre el informe	Es el periodo de tiempo que se tomó en consideración y sobre el cual se cuantificó la huella de carbono. Generalmente se expresan las fechas específicas de inicio y final del periodo de cuantificación (días/mes/año en cada caso).
D.	Documentación de los límites de la organización	Títulos de Propiedad, escrituras y demás información que demuestre la propiedad de predios sobre los cuales se haya realizado la cuantificación. Ni los documentos en físico ni los documentos originales tienen que ser incluidos en el reporte, puede hacerse junto con una descripción detallada de los límites de la organización.
E.	Emisiones directas de GEI, cuantificadas por separado por cada GEI, en toneladas de CO <sub>2</sub> e	La manera de reportar las emisiones de acuerdo con este requisito es de un alto grado de detalle. Los productores reportarán las emisiones por GEI (emisiones por cuenta del Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ), del metano (CH <sub>4</sub> ) y de los demás GEI asociados a las fuentes de emisión identificadas.
F.	Una descripción de cómo se consideran en el inventario de GEI las emisiones de a partir de biomasa.	En el sector agropecuario pueden presentarse situaciones donde se utilice la biomasa como combustible. Los productores tienen la tarea de definir si las emisiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa serán consideradas o no dentro de su inventario. Si el productor decide reportar estas emisiones, debe hacerlo por separado de los alcances 1, 2 y 3. Hay que aclarar que las emisiones de CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O provenientes de la combustión de biomasa, si deben reportarse dentro de los alcances definidos.
I.	Emisiones indirectas de GEI por energía asociadas con la generación de electricidad, calor o vapor de una fuente externa, cuantificadas por separado en toneladas de CO <sub>2</sub> e	Se deben reportar las emisiones indirectas, que normalmente están asociadas en el sector agropecuario a consumos de electricidad.

L.	Referencia o descripción de las metodologías de cuantificación, que incluya las razones para su elección.	En aras de la transparencia, se pide a los productores que indique con claridad la metodología utilizada, la razón por la que se escogió y los orígenes o referencias relacionados con la misma. Los productores que ya han realizado cuantificaciones, y desarrollan una nueva cuantificación, deben indicar si se utilizó la misma metodología o de lo contrario las implicaciones de utilizar una metodología diferente.
M.	Explicar de cualquier cambio en las metodologías de cuantificación utilizadas previamente	
N.	Referencia o documentación de los factores de emisión o remoción de GEI utilizados	Indicar con mucha claridad el origen de los factores de emisión utilizados para la cuantificación, las razones para su escogencia y la pertinencia en la utilización de los mismos.



Por último se recomienda que los productores desarrollen un documento llamado Declaración, el cual es una carta abierta del productor a quien interese con la información del resultado del proceso

de cálculo de la huella de carbono. Este documento puede hacerse disponible al público en general y a los demás grupos de interés como clientes relacionados con la empresa agropecuaria.

## Medidas para reducir la huella de carbono

El sector agropecuario puede contribuir de forma determinante a reducir el impacto del cambio climático,

llevando a cabo acciones voluntarias que ayuden a ahorrar dinero, incrementen los rendimientos, mejoren la productividad y disminuyan las emisiones de GEI.

**Tabla 30. Medidas para reducir la huella de carbono en la finca.**

Práctica	Beneficio potencial GHG	Beneficios ambientales adicionales	Beneficios económicos	Problemas en la implementación de la medida
Desarrollar a nivel país factores de emisión para el sector agropecuario de acuerdo al grado de complejidad.	Se podría llegar hacer estimaciones de las emisiones de GEI más reales	En general toda la población	Se podrían redireccionar las estrategias de manejo y compensación propuestas por los inventarios.	Esto requiere la voluntad política de las instituciones responsables del desarrollo de estas, ya que para poder estimar los factores de emisión se requiere grandes inversiones de capital.
Manejo de la Fertilización Fertilizantes, fuentes nitrogenadas y los estiércoles. Puntos a tener en cuenta: -Dosis de aplicación -Tipo de fertilizante -Época de la aplicación. -Sistema de aplicación -Presentación del fertilizante.	Con una buena estrategia de fertilización se pueden reducir las cantidades de nitrógeno y carbono que no son aprovechadas por las plantas y que se escapan a la atmosfera y a las aguas subterráneas y superficiales.	Se baja la contaminación de fertilizantes de cuerpos de agua superficial y subterránea que produce procesos de eutrofización.	Eventualmente se podrían reducir los costos de fertilización y adicionalmente se incrementarían los rendimientos al hacer un programa de fertilización acorde a los requerimientos del cultivo durante su ciclo fenológico y la oferta natural de nutrientes del suelo en el cual se desarrolla.	Hay falta de conocimiento con respecto al uso adecuado de los fertilizantes y los abonos en general.
Coberturas Naturales. Es una cobertura vegetal viva que cubre el suelo y que es temporal o permanente, la cual está cultivada en asociación con otras plantas (intercalada, en relevo o en rotación) <sup>36</sup> .	-Incrementa la captura de carbono del suelo -Reduce las emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de los suelos debido a una reducción en la lixiviación de N. - Reducción de alcance 3 emisiones procedentes de la fabricación de fertilizantes	- Incrementa el contenido de nutrientes del suelo, en especial cuando la cobertura es una leguminosa. - Reduce la erosión eólica e hídrica al ser una capa protectora del suelo. -Disminuye el lavado y arrastre de nutrientes y suelos en los cuerpos de agua.	- Podrían bajarse los costos de fertilización. - Se incrementaría el rendimiento.	- Se incrementan las labores culturales, ya que para evitar que la cobertura entre a competir con el cultivo, hay que estarla cortando. - También en muchos casos es común que la cobertura sirva de hospedaje para plagas y enfermedades.

<sup>36</sup> FAO. 1998. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica"

<p><b>Sistemas de labranza de conservación</b> Busca disminuir las intervenciones en el suelo como la perturbación mecánica, las cuales van desde ser moderadas hasta de un mínimo absoluto, dependiendo del sistema productivo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aumento se-cuestro de C en el suelo.</li> <li>-Reducción de las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos debido a una reducción de lixiviación de N.</li> <li>-Reducción de emisiones de alcance 3 procedentes de la fabricación de fertilizantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Incrementa la capacidad de retención agua en el suelo y mejora el drenaje.</li> <li>-Disminuye la erosión hídrica y eólica</li> <li>- Reduce el porcentaje de pérdida de nutrientes y sedimentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reduce las necesidades de fertilizantes.</li> <li>-Reduce el consumo de combustible al tener que hacer menos pases con el tractor.</li> <li>-Incremento del rendimiento al conservar las características físicas del suelo.</li> <li>_ Ayuda a conservar los contenidos de materia orgánica del suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Incremento de la Incidencia de plantas no deseadas en el cultivo.</li> </ul>
<p><b>Pastoreo rotacional y siembra de bancos de forraje:</b> Implementar prácticas de pastoreo que maximizan la salud y la diversidad de las plantas, al tiempo que aumenta la capacidad de carga de los animales por unidad de área</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aumento se-cuestro de C en el suelo</li> <li>-Reduce las emisiones de CH<sub>4</sub> de la fermentación entérica (debido a la mejora de la alimentación).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Incremento de la cobertura vegetal.</li> <li>-Disminuye la erosión hídrica y eólica</li> <li>-Se disminuye el impacto sobre la estructura del suelo por pisoteo animal.</li> <li>-Se enriquece la cantidad de especies vegetales y de polinizadores de la finca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Disminuye los costos de desparasitación del ganado, al disminuir la incidencia de moscas y garrapatas.</li> <li>-Baja los costos de compra de concentrado, al ofrecer forrajes ricos en proteína para suplir la dieta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Hay que hacer una inversión grande para el establecimiento del sistema en predio.</li> <li>-Requiere de mucha mano de obra.</li> </ul>
<p><b>Identificar alternativas de gestión de estiércol que minimicen la producción de GEI o que permitan su captura y aprovechamiento</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Logra reducir un porcentaje importante de las emisiones de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> de la gestión del estiércol.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-El material procesado normalmente puede ser utilizado como abono.</li> <li>-Es una fuente de generación de electricidad y/o para generación de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Puede ser costosa su implementación.</li> </ul>

## REFERENCIAS Y FUENTES DE INFORMACIÓN



## PROGRAMAS PÚBLICOS E INTERNACIONALES SOBRE LA PCF Y EL ETIQUETADO

- **Carbón Reduction Label:**
  - <http://www.carbon-label.com/> <http://www.carbon-trustcertification.com/page?pageid=a042000000FjjEv> <http://www.footprintexpert.com/registry/Pages/default.aspx> <http://carbonreductionlabel.com.au/consumers> (Carbon Reduction Label de Australia)
- **Comisión Europea:**
  - [http://ec.europa.eu/environment/eussd/product\\_footprint.htm](http://ec.europa.eu/environment/eussd/product_footprint.htm) <http://lct.jrc.ec.europa.eu/>
- **ISO:** [http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=59521](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=59521)
- **PCF Project Germany:** <http://www.pcf-projekt.de/main/news/?lang=en>
- **PCF World Forum:** <http://www.pcf-world-forum.org/>
- **Mesa Redonda sobre el Aceite de Palma Sostenible:** <http://www.rspo.org/?q=page/532>
- **Red de Agricultura Sostenible (RAS)/Rainforest Alliance:**
  - [http://sanstandards.org/sitio/\\_files/161110040917.pdf](http://sanstandards.org/sitio/_files/161110040917.pdf)
- **Reino Unido (PAS 2050 y Carbon Trust):**
  - <http://www.bsigroup.com/en/Standards-and-Publications/How-we-can-help-you/Professional-Standards-Service/PAS-2050/>, <http://www.footprintexpert.com/registry/Pages/default.aspx>
- **WRI/WBCSD:** <http://www.ghgprotocol.org/standards/product-standard>

## PROGRAMAS E INICIATIVAS PRIVADOS

- **Asda:** [http://your.asda.com/assets/attachments/17733/original/Asda\\_2\\_0\\_Sustainability\\_Strategy\\_updated\\_.pdf](http://your.asda.com/assets/attachments/17733/original/Asda_2_0_Sustainability_Strategy_updated_.pdf)
- **Casino, Francia:**
  - <http://www.groupe-casino.fr/en/The-Casino-Carbon-Index-a-green.html>
  - [http://www.produits-casino.fr/developpement-durable/dd\\_indice-carbone-demarche.html](http://www.produits-casino.fr/developpement-durable/dd_indice-carbone-demarche.html)
- **Federación Internacional de Lechería:**
  - <http://www.fil-idf.org/Public/ColumnsPage.php?ID=2307%207&language=spa> <http://www.idf-lca-guide.org/Public/en/LCA+Guide/LCA+Guidelines+overview>
- **KRAV y Svenskt Sigill, Suecia:** <http://www.klimatmarkningen.se/in-english>
- **Leclerc, Francia:** <http://www.consoglobe.com/co2-leclerc-teste-etiquetage-c02-produits-2365-cg>
- **Migros, Suiza:** <http://www.climatop.ch/index.php?l=d&p=home&l=e>
- **Sustainability Consortium:** <http://www.sustainabilityconsortium.org/>
- **Walmart:** <http://walmartstores.com/pressroom/news/9668.aspx>

## FUENTES ADICIONALES DE INFORMACIÓN Y DATOS Y HERRAMIENTAS DE ACCESO PÚBLICO:

- **Publicaciones del IPCC:** [http://www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.shtml](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml) <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html> [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find\\_ef\\_main.php](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef_main.php) [http://www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.shtml](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml)
- **Unión Europea:** <http://lct.jrc.ec.europa.eu/assessment/directories> <http://www.biograce.net/content/aboutthebiograceproject/aim>
- **Protocolo de Gases de Efecto Invernadero:** <http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools> <http://www.ghgprotocol.org/Third-Party-Databases>
- **Reino Unido:** <http://www.defra.gov.uk/environment/economy/business-efficiency/reporting/>
- **Carbon Accounting for Land Managers:** <http://www.calm.cla.org.uk/>
- **CCaLC Carbon Footprinting Tool:** <http://www.ccalc.org.uk/>
- **Herramientas de software y bases de datos Earthster:** <http://www.earthster.org/>
- **Listado de herramientas de software de contabilidad ambiental:** <http://www.environmenttools.co.uk/>
- **Food Climate Research Network:** <http://www.fcfn.org.uk/>
- **Software open LCA para análisis del ciclo de vida y de sostenibilidad:**
  - [http://www.greenbeltatc.com/openLCAFramework.115.0.html?&L=1&docinput\[flavour\]=2&docinput\[lang\]=de](http://www.greenbeltatc.com/openLCAFramework.115.0.html?&L=1&docinput[flavour]=2&docinput[lang]=de)
  - **Cool Farm Tool:** <http://www.unilever.com/aboutus/supplier/sustainablesourcing/tools/>
  - **Carbon Footprint: an Ecological Indicator in food production.** Adam Wiek, Katarzyna Tkacz. 2012
  - **Carbon Trust.** 2008
  - **Codelco, Sustentabilidad.** Disponible en: [https://www.codelco.com/huella-de-carbono/prontus\\_codelco/2011-02-15/171607.html](https://www.codelco.com/huella-de-carbono/prontus_codelco/2011-02-15/171607.html)







| GUÍA PARA EL CÁLCULO  
Y GESTIÓN DE LA HUELLA  
DE CARBONO EN EL SECTOR  
AGROINDUSTRIAL,  
PECUARIO Y DE ALIMENTOS