

Por encargo de
BMUB



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
Obras Públicas y Seguridad Nuclear

**acción
clima**

Guía metodológica para gestionar la huella de carbono en la industria cárnica



Octubre 2013



Supervisado por:

Irene Cañas

Gustavo Jiménez Elizondo

Sergio Musmanni Sobrado



Elaborado por:

Miguel Ángel Vallejo Solís

Luis Antonio Garnier Zamora

Joselyne Nájera Fernández

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Publicado por

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Programa Acción Clima
Boulevard Barrio Dent, esquina Calle Ronda
E-mail: andreas.nieters@giz.de

Copyright

© 2013 GIZ

Todos los derechos reservados.

Si usted está interesado en reproducir algún texto,
por favor contactar a: andreas.nieters@giz.de

San José, Costa Rica.

Junio, 2013.

Contenido

Introducción.....	5
Capítulo I: Descripción del proceso	7
1.1 La iniciativa de medición de huella de carbono en las organizaciones	7
1.2 Principios de contabilidad.....	8
1.3 Límites.....	8
1.3.1 Límites organizacionales	8
1.3.2 Límites operativos (alcances).....	9
Capítulo II: Identificación y cálculo de emisiones en la industria cárnica.....	11
2.1 Identificación de fuentes	11
2.2 Recolección de datos.....	13
2.3 Cálculo de la huella de carbono.....	13
2.3.1 Pasos para la medición.....	13
2.4 Fuentes de emisiones de las operaciones de producción y planta de procesamiento.....	14
2.4.1 Fermentación entérica	15
2.4.2 Producción de excretas	16
2.4.3 Fertilización de pasturas	18
2.4.4 Combustibles.....	20
2.4.5 Electricidad.....	20
2.4.6 Gases refrigerantes	21
2.4.7 Productos químicos y materias primas	22
2.4.8 Residuos de la industria cárnica: vísceras rojas, verdes y sangre	23
2.4.9 Emisiones indexadas	27
Capítulo III: Seguimiento de las emisiones a través del tiempo	28
3.1 Elección del año base	28
3.2 Recálculo del año base	28
3.3 Tendencia de emisiones	29
Capítulo IV: Estrategias para la gestión de reducción de emisiones de GEI.....	31
Capítulo V: Reporte de emisiones de GEI	33
Capítulo VI: ¿Es necesario certificar el inventario de emisiones?	34
Anexos.....	35
ANEXO 1 CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS ANIMALES.....	35
ANEXO 2 FACTORES DE EMISIÓN	36
ANEXO 3 POTENCIALES DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG)	38
ANEXO 4 FACTORES DE EMISION PARA EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LOS DESECHOS	39

ANEXO 5 EJEMPLO DE MEDICIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN UNA INDUSTRIA PORCINA (BASADO EN UN CASO REAL).....	40
ANEXO 6 EJEMPLO DE MEDICIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN UNA PRODUCCIÓN DE BOVINOS DE CARNE	46
ANEXO 7 GLOSARIO	49
Referencias bibliográficas	50

Introducción

La Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ) apoya la promoción y el desarrollo de proyectos empresariales centroamericanos que faciliten la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Uno de los sectores prioritarios de apoyo de la GIZ es el agropecuario, el cual se caracteriza por su complejidad y amplia oferta de actividades productivas.

Una de estas actividades productivas corresponde a la industria cárnica, y abarca desde la producción hasta la planta de procesamiento. Para esta industria no existe en la región centroamericana un procedimiento básico que facilite la identificación de las fuentes e inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la medición de la huella de carbono y la determinación de proyectos de reducción de emisiones de GEI.

Las razones por las cuales una empresa debería de gestionar su impacto en el cambio climático van más allá de la esencial contribución a la salud ambiental, y contemplan inclusive una justificación económica. Medir la huella de carbono conlleva ventajas como la reducción de costos operativos, la protección y fortalecimiento de la marca, el cumplimiento de la legislación, la diferenciación ventajosa en relación con los competidores, y nuevas oportunidades de negocios al estar un paso adelante en las actuales demandas del mercado de proveedores socialmente responsables.

Esta guía práctica es una herramienta para que el sector de la producción de ganado de engorde, porcinos o aves de engorde, tenga una orientación al medir la huella de carbono e introduzca así prácticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en sus operaciones. Utiliza como principales referentes las guías internacionales más utilizadas: el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte de GEI del GHG Protocol del Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés) y las pautas técnicas del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Esto implica que el presente documento se alinea con los principales esquemas de reportes de emisiones, tales como los de la Organización Internacional de Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés) 14064-1.

La primera sección brinda un marco general de las guías metodológicas y la importancia de la medición de la huella de carbono para la industria. La segunda sección describe el contexto global del cambio climático y sus aspectos claves, tales como los principios de contabilidad, y los límites organizacionales y operativos.

La tercera sección explica cómo se pueden identificar las emisiones de GEI que provienen de actividades antropogénicas y biogénicas. En ella se da una explicación detallada sobre cómo calcular las emisiones de dióxido de carbono equivalente provenientes de distintas fuentes (i.e. electricidad, combustión móvil, refrigerantes, desechos sólidos, etc.), así como la huella de carbono total de la organización.

La cuarta sección explica el proceso de monitoreo de emisiones a lo largo del tiempo, incluyendo el establecimiento del año base, los criterios sobre cómo decidir si es necesario el recálculo del año base, y la comparación de emisiones entre distintos períodos de tiempo.

La quinta sección examina las principales estrategias de reducción de las emisiones de GEI y brinda ejemplos acerca de cómo las organizaciones pueden reducir sus costos al disminuir la huella de carbono.

La sexta sección lista la información específica que debe de ser incluida obligatoriamente en el reporte de GEI y la que es opcional. Adicionalmente, aborda algunos aspectos clave relacionados con los beneficios y limitaciones de un proceso de certificación de la huella de carbono.

Finalmente, en el apartado de conclusiones se revisa el tema de los beneficios directos que reciben las organizaciones al medir y reportar sus emisiones de GEI, explicando cómo pueden aprovechar el fortalecimiento de sus credenciales verdes en un mercado ambientalmente consciente que va en incremento.

Capítulo I: Descripción del proceso

1.1 La iniciativa de medición de huella de carbono en las organizaciones

El **cambio climático** pasó de ser un asunto de los grupos ecologistas, para convertirse en un punto central de las agendas de empresarios y políticos, a nivel local e internacional. Se entiende como “cualquier cambio climático producido durante el transcurso del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o a la actividad humana” (IPCC, 2007).

La producción de energía y la utilización de algunos insumos implican la liberación de ciertos gases en la atmósfera (mayoritariamente CO₂, pero también otros). Estos gases se acumulan allí, lo cual permite el paso de los rayos del sol e impide, a su vez, la salida del calor. Se produce, entonces, el denominado **efecto invernadero** a gran escala, cuyo nombre describe, precisamente, lo que ocurre en un invernadero, en donde una gran cantidad de calor produce más calor.

Este calor acumulado incrementa la temperatura promedio en la tierra, lo cual afecta más a unas geografías que a otras, y produce, además, efectos de cambios en los patrones de las estaciones de lluvias, períodos de sequía, inundaciones y otras manifestaciones similares. De ahí la importancia de disminuir la cantidad de estos **gases de efecto invernadero**, para lograr en alguna medida desacelerar el calentamiento global y las consecuencias climáticas que tiene sobre la producción de alimentos.

El consumo de productos animales está aumentando debido a un incremento de los ingresos, la urbanización y el cambio en los hábitos alimenticios. Se predice que, para el 2050, el consumo global de carne será más del doble que en 1999: 465 millones de toneladas. Esto convierte al sector en uno de los receptores de más atención en la sociedad, debido a sus impactos ambientales, entre ellos, las emisiones de gases de efecto invernadero.

A su vez, la alteración de los patrones climáticos afecta a la producción agropecuaria, ya que, al presentarse variaciones en la temperatura y la precipitación, se da un desbalance en los ciclos de cultivo, alteraciones fisiológicas por exposiciones a temperaturas fuera del umbral permitido, deficiencias hídricas, deficiencias a nivel de nutrientes en el suelo, concentración de plagas y enfermedades, entre otras. De ahí la relevancia de que el sector gestione sus emisiones, pues, en última instancia, también recibe los efectos del cambio climático.

1.2 Principios de contabilidad

Existen cinco principios desarrollados por el *Estándar Corporativo de GHG* para asegurar que la contabilidad y presentación de informes de GEI hayan sido realizadas a partir de un cálculo fiel, verdadero y preciso:

- 1. Relevancia:** Los inventarios de GEI deben de incluir información importante, tal como las características de la empresa, las necesidades de los interesados, las estructuras organizacionales y el contexto de la empresa.
- 2. Integridad:** La contabilidad de GEI debe de ser completa, precisa y coherente, abarcando todas las emisiones dentro de los límites del inventario.
- 3. Consistencia:** Los datos deben de obtenerse tras la aplicación consistente de una metodología de cálculo.
- 4. Transparencia:** La información sobre las emisiones debe de ser divulgada con claridad, de manera objetiva y con las respectivas referencias en cuanto a las metodologías y fuentes de datos.
- 5. Precisión:** Los datos no deben de sobreestimar ni subestimar los valores reales, buscando incrementar el nivel de confianza y reducir la incertidumbre.

1.3. Límites

Para calcular la huella de carbono es importante determinar cuáles son las fuentes de emisión que van a ser incluidas en el inventario de GEI de la empresa, estableciendo así nuestro alcance. Existen dos tipos de límites:

1.3.1 Límites Organizacionales

Sirven para determinar cuáles operaciones de la empresa se deben de incluir dentro del inventario, y qué porcentaje de cada operación incluir, en especial, tomando en cuenta la existencia de estructuras de negocios complejas (por ejemplo, las franquicias, filiales, etc.). Para ello, existen dos posibles enfoques de consolidación de datos de emisiones de operaciones separadas, según se muestra en el cuadro 1.1.

Cuadro 1.1. Enfoques de consolidación de datos de emisiones de operaciones.

Enfoque de participación en el capital:

De acuerdo con la participación de capital de la compañía en la operación, se delimita el porcentaje de propiedad, independientemente del control financiero u operativo.

Ejemplo: La Empresa Nacional Pecuaria (ENP) posee dos fábricas: A y B. ENP posee un 50% de participación en el capital de la fábrica A y un 30% de participación en la fábrica B. Por lo tanto, la fábrica A es responsable de explicar un 50% del total de emisiones de GEI del inventario, mientras que la fábrica B, de explicar el 30%.

Enfoque de control:

Explica el 100% de emisiones de operaciones bajo el control ya sea financiero u operativo de la compañía, independientemente de la participación en el capital.

Ejemplo: La Compañía Díaz tiene dos fábricas, C y D. En la fábrica C, la Compañía dirige las políticas financieras y operativas para obtener beneficios económicos, mientras que en la fábrica D, la Compañía tiene autoridad para introducir e implementar políticas de operación. En caso de elegir un enfoque de control financiero, la fábrica C sería responsable del 100% de las emisiones y la D de 0% de las emisiones; mientras que si se seleccionara un enfoque de control operativo sería la fábrica D la que reportaría el 100% de las emisiones y la C, el 0%.

Fuente: Elaboración propia

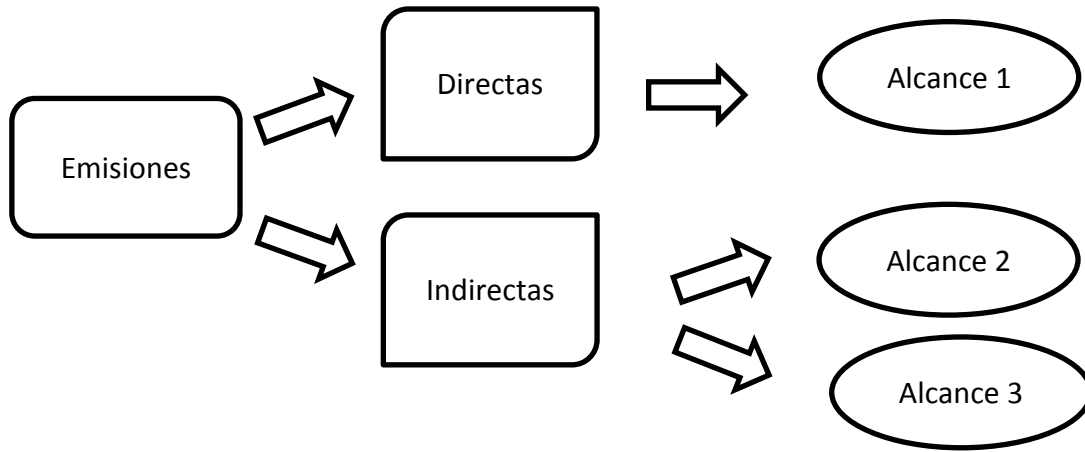
Tal como se observa, existen diversos enfoques a partir de los cuales se puede establecer qué partes de la compañía van a estar incluidas dentro del inventario de GEI, y cuál va a ser su porcentaje de atribución. Es importante que la compañía seleccione un enfoque y lo aplique consistentemente, para evitar así el doble conteo de GEI.

1.3.2 Límites operativos (alcances)

Se utilizan para determinar cuáles fuentes de emisión se deben de incluir y la manera de clasificar las emisiones (figura 1.1):

- **Directas:** Corresponden a las emisiones que provienen de fuentes propiedad de o controladas por la compañía que reporta los GEI. Se enmarcan dentro de un Alcance 1 (fermentación entérica, producción de estiércol, fertilizantes sintéticos, combustible, etc.).
- **Indirectas:** Tienen que ver con las emisiones necesarias para la producción de la compañía que reporta los GEI, sin embargo, son controladas por otra empresa. Se enmarcan dentro de un Alcance 2 (fuentes de electricidad) o Alcance 3 (otras fuentes subcontratadas para brindar un servicio de mantenimiento).

Figura 1.1. Pasos para la identificación y cálculo de emisiones de GEI.



Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, el consumo de combustible fósil para llevar a cabo las operaciones de finca en maquinaria propiedad de la compañía pertenecería a un Alcance 1, mientras que el consumo de electricidad para las operaciones de planta, cabría dentro de un Alcance 2. Por otro lado, si se contrata a una empresa para proveer los granos, ése sería un Alcance 3; sin embargo, si la empresa utiliza sus propios camiones para recoger los granos, ese transporte estaría dentro de un Alcance 1 al estar dentro del control financiero y operativo de la compañía.

Capítulo II: Identificación y cálculo de emisiones en la industria cárnica

Para realizar un cálculo de las emisiones de GEI en las empresas de la industria cárnica, es necesario llevar a cabo un proceso de gestión de la huella de carbono, en donde se comienza por identificar las posibles fuentes de emisión de acuerdo con los límites organizacionales y operacionales, se recolectan los datos y se concluye con el cálculo de la huella como se ilustra en la figura 2.1.

Figura 2.1. Pasos para la identificación y cálculo de emisiones de GEI.



Fuente: Elaboración propia

A continuación se describen cada uno de estos pasos.

2.1. Identificación de fuentes

Las fuentes de emisión de GEI en las industrias van desde la combustión estacionaria (calderas, calentadores), la combustión móvil (vehículos, tractores), los procesos físicos y químicos (fundición de aluminio), hasta la fuga voluntaria e involuntaria de emisiones (gases de refrigeración)¹.

En el caso de la industria cárnica, el inventario de GEI puede incluir procesos tales como la preparación del terreno para el establecimiento de los forrajes usados como alimentos; el tipo de pastoreo y dieta alimenticia usada; la fertilización de los forrajes; el transporte y uso de alimentos concentrados (balanceados); la fisiología de los animales (en especial la fermentación ruminal en los bovinos); y la gestión de las excretas. El Anexo 1 resume las categorías y subcategorías de animales sobre los cuales se podrán aplicar los procedimientos de esta Guía Metodológica.

Para efectos de la presente Guía Metodológica, se tomarán en consideración las emisiones producidas en las fuentes vinculadas a la producción animal y la planta de procesamiento de carne (figura 2.2), que son las siguientes:

1. Fisiología animal: fermentación entérica en el rumen.

¹ Para mayor detalle, ver el apéndice D del Protocolo GHG de Estándar Corporativo (WBCSD/WRI).

2. Gestión de las excretas (estiércoles y orina).
3. Uso de fertilizantes sintéticos en pastizales.
4. Combustible en operaciones de la planta de procesamiento de carne y producción, así como el transporte de empleados de la planta y de los productos procesados.
5. Electricidad de las operaciones de la planta de procesamiento de carne y producción.
6. Fugas de gases de refrigeración de la planta de procesamiento de carne.
7. Consumo de productos químicos y materias primas que puedan ser emisoras utilizadas en la producción y la planta de procesamiento de carne, lo cual incluye los gases utilizados en mantenimiento.
8. Gestión de residuos orgánicos producidos en la planta de procesamiento de carne (excretas residuales del intestino, vísceras rojas y verdes).

Figura 2.2. Emisiones de GEI a nivel de producción y planta de procesamiento.

Animales	<ul style="list-style-type: none"> • Fermentación entérica del rumen • Usualmente libera CH₄
Excremento	<ul style="list-style-type: none"> • Produce en el campo CH₄ y N₂O
Fertilizantes	<ul style="list-style-type: none"> • Si es usado en pastizales • Libera N₂O
Combustible	<ul style="list-style-type: none"> • Planta de procesamiento de carne • Transporte utilizado (materiales y/o empleados) en las operaciones de finca, planta y distribución
Electricidad	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizada en las oficinas y en la planta de proceso
Refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de gases refrigerantes para almacenar la carne
Materias Primas	<ul style="list-style-type: none"> • Productos químicos que liberen gases • Otras materias primas
Residuos Orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de excremento residual del intestino • Vísceras rojas y verdes que emiten gases

Fuente: Elaboración propia

2.2. Recolección de datos

Tras identificar cuáles de las actividades de la producción pecuaria se llevan a cabo en su industria, es necesario que el usuario realice un mapeo de los departamentos o personas clave dentro de la empresa que manejan o facilitan el acceso a dicha información.

Después de tener esto claro, lo recomendable es establecer un sistema de gestión de información sencillo, completo y accesible, donde puedan consolidarse las bases de datos de todos los inventarios (rubros de emisión) de GEI identificados para la actividad pecuaria. Este sistema de información debe asegurar la calidad y el control de la calidad de los inventarios de GEI.

Luego de conseguir todos los datos referentes a los rubros en donde se da la emisión de GEI, el paso a seguir es realizar el cálculo de la huella de carbono.

2.3. Cálculo de la huella de carbono

Pasos para la medición

Existen diversos métodos de estimación de las emisiones como la medición directa, el cálculo estequiométrico y las emisiones estimadas. El abordaje sobre el cual se basa la presente Guía es el de **enfoque de emisiones estimadas**, que corresponde al método de Nivel 1 de “Caracterización básica para poblaciones de ganado”, de acuerdo con las recomendaciones técnicas del IPCC (2006).

El primer paso dentro del enfoque de emisiones estimadas, consiste en seleccionar un rubro (v.g. electricidad) y sumar sus datos de consumo dentro de un período de tiempo previamente definido (ejemplo: total de consumo en kWh durante el año 2011). Posterior a ello, se procede a multiplicar ese total por el **factor de emisión (FE)**, valor utilizado para estimar las toneladas de emisión que surgen a partir de una actividad liberadora de GEI (figura 2.3).

Figura 2.3. Proceso básico de cálculo de emisiones estimadas (t).

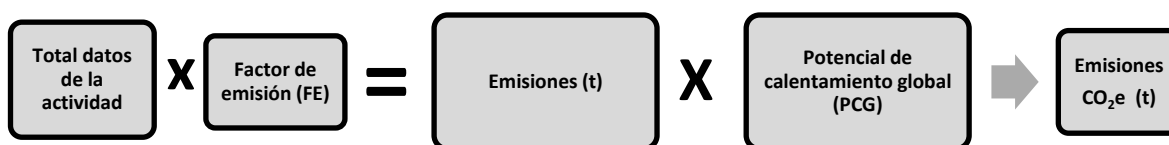


Fuente: Elaboración propia con elementos del IPCC

Con el fin de determinar el grado de daño provocado por esas toneladas de emisión a la atmósfera, se multiplican estas por un **potencial de calentamiento global (PCG)**, y con ello se obtiene el total de emisiones de **dióxido de carbono equivalente, CO₂e (figura 2.4)**.

Los CO₂e son una unidad de medición que permite evaluar la liberación de GEI dentro de una métrica común a nivel global, al haber seis tipos de gases que se reportan en el inventario de GEI.

Figura 2.4. Cálculo de emisiones de dióxido de carbono equivalentes (CO₂e).



Fuente: Elaboración propia con elementos del IPCC

Lo más recomendable es que las empresas utilicen los factores de emisión proporcionados por los organismos gubernamentales en su propio país. Sin embargo, en caso de no estar disponibles, el IPCC (2006) se ha encargado de reunir una serie de datos en torno a los FE y PCG que pueden utilizarse durante el proceso de cálculo (ver Anexos 2 y 3).

Con el propósito de proporcionar un mayor nivel de claridad al lector, a continuación se describen los ejemplos de la aplicación del enfoque de emisiones para las distintas fuentes de emisión de GEI, que surgen dentro de las operaciones de producción y planta de procesamiento de la industria cárnica.

2.4 Fuentes de emisiones de las operaciones de producción y planta de procesamiento

En esta sección se describen los principales rubros de medición de la huella de carbono que deben ser considerados en los distintos procesos que implica la operación de producción y planta de procesamiento. Estos rubros varían dependiendo del tipo de actividad pecuaria de que se trate. Esta guía práctica provee la información básica para ser aplicada en producción de ganado vacuno de engorde, porcinos, cabras, ovejas y aves de engorde.

Un aspecto importante que hay que tener muy claro es cuáles son los procesos de la operación (producción y planta de procesamiento) responsables de emisiones, ya que puede haber fuentes de emisión, como el combustible, utilizadas en ambos procesos. Esto con el objetivo de analizar las cantidades de emisiones por fuente y por proceso, para luego determinar dónde pueden existir oportunidades de reducción.

A nivel de producción, para los efectos de la aplicación práctica de esta guía metodológica solo se tomarán en cuenta las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) producidas por los animales con base en las subcategorías de ganado y las poblaciones anuales, tanto para la fermentación entérica como la gestión de excretas; no se toman en cuenta el tipo de dieta y la caracterización de los alimentos. A continuación, se describen los procedimientos de cálculo de emisiones para cada una de las principales fuentes de emisión.

2.4.1 Fermentación entérica

El ganado representa una fuente importante de emisiones de metano (CH₄) a nivel mundial. La cantidad de metano entérico (proveniente de sus procesos digestivos) emitida depende del tipo de animal, la cantidad de animales, el tipo de aparato digestivo y la clase y la cantidad de alimentos que consumen. Los rumiantes (ganado vacuno, búfalos, cabras y ovejas) son las mayores fuentes de emisión de metano entérico (IPCC, 2006a). En el cuadro 2.1 se explica el procedimiento para el cálculo de las emisiones de la fermentación entérica.

Cuadro 2.1. Procedimiento para calcular las emisiones de la fermentación entérica.

Emisiones de la fermentación entérica

i. La empresa debe mantener de forma permanente los inventarios actualizados de la cantidad de animales por categoría (por ejemplo, lactante, preinicio, inicio, cría, desarrollo, engorde, gestante, reemplazo, reproductores, etc.) que manejan en el sistema productivo, así como sus respectivos pesos promedios por categoría.

ii. Para el caso de los animales de engorde, debe calcularse la cantidad total de animales manejados en el año (población promedio anual, PPA) por medio de la siguiente ecuación:

$$PPA = \text{Días viva} * (\text{CAPA} / 365).$$

CAPA = Cantidad de Animales Producidos por Año.

De ser necesario, a la PPA obtenida se le suman los animales gestantes, lactantes y reproductores permanentes (aplica para el caso de los cerdos).

Ejemplo: En una empresa porcina se crían los animales de engorde por lo general en grupos durante 170 días. Por lo tanto, si el establecimiento crió 16.300 cerdos en un año, ¿cuál será su población anual promedio?

Aplicando la ecuación: $PPA = 170 \text{ días} * 16.300 / 365 \text{ días año} = 7.592$ cerdos de engorde

Adicionalmente, la empresa mantiene 652 cerdas gestantes, 170 lactantes y 8 verracos.

La población total promedio anual (PTPA) sería entonces de 8.422 cerdos

(7.592 de engorde + 652 gestantes + 170 lactantes + 8 verracos).

iii. Con el dato de PTPA, se multiplica dicho valor por el Factor de Emisión (FE) en kg de CH₄/cabeza/año (usar FE para las distintas especies de engorde del cuadro A2-1 del Anexo 2), y luego por el Potencial de Calentamiento Global (PCG) (usar PCG para las distintas especies de engorde del Anexo 3) del metano (CH₄) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones Entéricas: } (PTPA \times FE \text{ (kg CH}_4\text{/cabeza/año)} \times PCG \text{ (CH}_4\text{)}) / 1.000 = t \text{ CO}_2e$$

De acuerdo con el ejemplo anterior:

$$\text{Emisiones Entéricas: } (8.422 \text{ cerdos / año} \times 1 \text{ kg CH}_4\text{/cerdo/año} \times 21) / 1.000 = 176,86 t \text{ CO}_2e$$

Nota: La PTPA se asume como población de cerdos adulta, para efecto del uso del FE. Para el caso de otras especies de engorde, se debe realizar la sumatoria de acuerdo con el total de cada categoría presente en la empresa, y utilizando el FE correspondiente.

Fuente: Elaboración propia

2.4.2 Producción de Excretas

La producción de excretas (estiércoles y orines) de los animales de engorde representa otra fuente significativa de emisiones de CH₄ y N₂O. La cantidad emitida de cada uno dependerá del tipo de animal, el total de animales, las características digestivas y la clase y cantidad de alimentos que consumen.

Para los efectos de la aplicación práctica de esta guía, solamente se tomarán en cuenta las estimaciones provenientes de estos gases del tipo y categoría de animales Nivel 1, según IPCC (2006b). No se considerará la clase y cantidad de alimentos consumidos.

Adicionalmente, se relacionará el volumen total de excretas producidas de acuerdo a la especie animal, por su estrecho vínculo con los potenciales proyectos de reducción de emisiones que pueden implementarse, algunos de los cuales son sugeridos en esta Guía. En el cuadro 2.2 se expone el procedimiento para el cálculo de las emisiones de la producción de excretas.

Cuadro 2.2. Procedimiento para calcular las emisiones de la producción de excretas.

Emisiones de la producción de excretas

i. La empresa también debe registrar los pesos promedio de cada categoría animal en el inventario total de animales.

ii. Con el total de animales por categoría y el peso promedio por categoría, se estiman los volúmenes totales de producción de estiércol y orina generados en la empresa en un tiempo determinado (día, mes o año), utilizando los siguientes parámetros por especie:

- Bovinos / búfalos: 6,5% del Peso Vivo (PV)/día de heces y 2,5 - 3,0% PV/ día orina
- Cerdos: 3.5% PV/día de heces y 2,5-3,0% PV/ día de orina
- Cabras / ovejas: 10% del Peso Vivo/día de heces
- Aves de engorde: 80 g / ave / día

Con estos parámetros pueden estimarse razonablemente los volúmenes de estiércol y orina de la actividad productiva, y estos volúmenes calculados podrán ser utilizados para identificar e implementar posibles proyectos de reducción de emisiones. Sin embargo, estos parámetros o porcentajes no serán utilizados directamente para la medición de CH₄ y N₂O, ya que estas emisiones se calcularán por medio de los FE estimados por especie animal y documentados por el IPCC (2006b). Así, cada especie animal tiene una cantidad de kg/año de CH₄ y de N₂O establecida y normalmente aceptada como válida para estas estimaciones.

iii. Para calcular las emisiones de CH₄, se multiplica la PTPA por el Factor de Emisión (FE) en kg de CH₄/cabeza/año (usar los FE para las distintas especies de engorde del cuadro A2-2 del Anexo 2), y luego por el Potencial de Calentamiento Global (PCG) (usar PCG para las distintas especies de engorde del Anexo 3) del metano (CH₄) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones CH}_4 \text{ de excretas: } (PTPA \times FE \text{ (kg CH}_4\text{/cabeza/año)} \times PCG \text{ (CH}_4\text{)}) / 1.000 = t \text{ CO}_2e$$

De acuerdo con el ejemplo anterior:

$$\text{Emisiones de CH}_4 \text{ de excretas: } (8.422 \text{ animales} \times 2 \text{ kg CH}_4\text{/cerdo/año} \times 21) / 1.000 = 353,72 \text{ t CO}_2e$$

iv. Para estimar las emisiones de N₂O, se multiplica la PTPA por el Factor de Emisión (FE) en kg de NO/cabeza/año (usar FE para las distintas especies de engorde del cuadro A2-3 del Anexo 2), por el FE de N₂O (cuadro A2-3 del Anexo 2) y luego por el Potencial de Calentamiento Global (PCG) (usar PCG para las distintas

especies de engorde del Anexo 3) del N₂O de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O de excretas: } (PTPA \times FE \text{ (kg N/cabeza/año)} \times (FE \text{ N}_2\text{O}) \times PCG \text{ (N}_2\text{O)}) / 1.000 = t \text{ CO}_2e$$

De acuerdo con el ejemplo anterior:

Cálculo previo: 1,64 kg N (1000 kg masa animal/día / 10 animales = 0,164 kg N / animal de 100 kg x 365 días / año = 59,86 kg N / cerdo / año.

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O de excretas: } (8.422 \text{ animales} \times 59,86 \text{ kg N/cerdo/año} \times 0,02 \times 310) / 1.000 = 3.125,67 t \text{ CO}_2e$$

Nota: De acuerdo con el IPCC (2006), como regla general, el 50% del nitrógeno excretado está en el estiércol y el 50%, en la orina.

Fuente: Elaboración propia

2.4.3 Fertilización de pasturas

La fertilización de pasturas con fertilizantes sintéticos no es una práctica común en las fincas ganaderas de engorde en Centroamérica. Sin embargo, si la empresa fertiliza los forrajes de pastoreo o de corte y acarreo, debe tomar en cuenta la producción de emisiones directas como resultado de un proceso aeróbico microbioal de transformación del nitrógeno (N) en óxido nitroso (NO₂) (IPCC, 2006a). En esta Guía Metodológica no se contemplan las emisiones directas del nitrógeno proveniente de fertilizantes orgánicos y excretas en pasturas. Para el caso de las excretas ya fue descrito el proceso de cálculo. En el siguiente cuadro se presentan ejemplos de algunos fertilizantes sintéticos con sus respectivos contenidos de N, los cuales deben ser utilizados para realizar los cálculos de emisiones de esta fuente. El cuadro 2.3 muestra algunos ejemplos de fertilizantes sintéticos nitrogenados.

Cuadro 2.3. Ejemplos de fertilizantes sintéticos nitrogenados.

Fertilizante	% Nitrógeno
Urea	45 - 46
Sulfato amónico	21
Nutran	23
Nitrato amónico	34
Nitrosulfato amónico	26
F15-3-31	15
F18-5-15	18
F10-30-10	10

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 2.4 se explica el procedimiento para el cálculo de las emisiones directas de fertilizantes sintéticos en pasturas, basado en las recomendaciones del IPCC (2006a).

Cuadro 2.4. Procedimiento para calcular las emisiones directas de fertilizantes sintéticos en pasturas.

Emisiones directas de fertilizantes sintéticos en pasturas	
i.	Debe sumarse la cantidad total de fertilizante aplicado en las pasturas o en las áreas de forrajes de corte y acarreo. Si el dato de aplicación se tiene por hectárea, se multiplica por la cantidad de hectáreas fertilizadas en el período de cálculo. <i>Ejemplo: Una hectárea de pasto Brachiaria brizantha se fertiliza con 870 kg de urea / año.</i>
ii.	Con base en la cantidad de nitrógeno que contiene el fertilizante sintético utilizado, se estima la cantidad de kg N aplicado a los forrajes. <i>Ejemplo: 870 kg de urea/ha/año x 46% N (urea) = 400 kg N/ha/año</i>
iii.	La cantidad total de kg N se multiplica por 0,01, que corresponde al factor de emisión para N ₂ O en las aplicaciones de N (kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹) <i>Ejemplo: 400 kg N x 0,01 = 4 kg N₂O-N / ha / año</i>
iv.	El resultado se multiplica por la relación 44 / 28, que corresponde a la conversión de emisiones de N ₂ O-N en emisiones de N ₂ O. <i>Ejemplo: 4 kg N₂O-N x 44/28 = 6,29 kg N₂O /ha/año</i>
v.	Finalmente, se multiplica el resultado por el PCG del N ₂ O (Anexo 3) y se relaciona a t CO ₂ e. <i>Ejemplo: 6,29 kg N₂O /ha/año x 310 (PCG N₂O) = 1.950 kg CO₂e/ 1.000 = 1,95 t CO₂e</i> <i>De acuerdo con el ejemplo, por cada hectárea del pasto fertilizada con urea, se emiten 1,95 t CO₂e.</i>

Fuente: Elaboración propia

2.4.4 Combustibles

Los combustibles representan una de las mayores fuentes de emisión en toda actividad productiva. Para esta fuente de emisión, hay que remitirse al cuadro A2-4 del Anexo 2 en donde se encuentran los FE de los distintos combustibles, para que la empresa pueda utilizar los correspondientes directamente a su operación. El cuadro 2.5 presenta el procedimiento para el cálculo de las emisiones de combustibles.

Cuadro 2.5. Procedimiento para calcular las emisiones de combustibles.

Emisiones de combustibles

i. La empresa debe reunir la información de los registros del consumo de todos los combustibles que utiliza (gasolina, diésel, bunker, queroseno, LPG, gasolina de aviación, jet fuel, etc.). En caso de los valores en galones, se procedería a convertirlos a litros bajo el factor de conversión proporcionado por UNEP (2000) de 3.785 l/galón:

$$\text{Total de consumo de combustible (gal)} \times \text{Factor de conversión de galones a litros} = \text{Consumo de combustible (l)}$$

$$\text{Ejemplo: } 2.000 \text{ gal} \times 3,785 \text{ l / galón} = 7.570 \text{ litros}$$

ii. Una vez que se tiene el consumo total de combustible en litros para un período determinado de interés para la empresa (mensual, anual), se multiplica dicho valor por el FE (cuadro A2-4) y el PCG (Anexos 3) correspondiente del combustible utilizado para obtener el total de CO₂e.

$$\text{Emisiones de combustibles: Total del consumo de combustible (l)} \times \text{FE CO}_2 \text{ (t CO}_2 \text{ / l)} \times \text{PCG CO}_2 = \text{t CO}_2\text{e}$$

$$\text{Ejemplo: } 7.570 \text{ l} \times 0,00268 \text{ t CO}_2 \text{ / l} \times 1 = 20,29 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Fuente: Elaboración propia

2.4.5 Electricidad

La energía eléctrica se produce de distintas fuentes, por lo que hay que considerar el porcentaje producido a través de combustibles fósiles. Dependiendo de esa proporción, la electricidad tendrá un factor de emisión que variará año con año, y de país a país. Estos datos deben ser obtenidos de la compañía eléctrica local que brinda el servicio donde se ubica la empresa, o por la autoridad local encargada de brindar los datos oficiales. El cuadro 2.6 presenta el procedimiento para el cálculo de las emisiones de electricidad. En el cuadro A2-5 del Anexo 2 se resumen los FE de electricidad para los países centroamericanos.

Cuadro 2.6. Procedimiento para calcular las emisiones de electricidad.

Emisiones de la electricidad

- i. La empresa debe reunir la información de los registros del consumo de energía eléctrica Kilo Watt hora (kWh) reportados por la(s) compañía(s) eléctrica(s) que brinda el servicio. La información del gasto total en moneda local de electricidad no es adecuada, ya que el costo por kWh puede variar durante el año e incluso entre zonas geográficas. El dato primario para el cálculo debe ser el kWh.
- ii. Una vez obtenido el consumo total de kWh en un período determinado de interés para la empresa (mensual, anual), se multiplica dicho valor por el FE (cuadro A2-5 del Anexo 2), según el año de cálculo para obtener el total de CO₂e. Para el caso de Costa Rica en el año 2011 se tiene:

$$\text{Emisiones de electricidad: Total del consumo de electricidad (kWh)} \times \text{FE CO}_2 \text{ (t CO}_2 \text{ / kWh)} \times \text{PCG CO}_2 = \text{t CO}_2\text{e}$$

$$\text{Ejemplo: } 1.000 \text{ kWh} \times 0,000824 \times 1 = 0,824 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Fuente: Elaboración propia

2.4.6 Gases refrigerantes

Los gases refrigerantes y otros productos relacionados también representan fuentes importantes de emisión de GEI, tales como los hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), hidrofurocarbonos (HFCs) y los clorofluorocarbonos (CFCs). En el Anexo 3 se presenta un resumen de los PCG de algunos de los gases. Sin embargo, la empresa deberá indagar las fichas técnicas de los refrigerantes y otros gases que utilice en su operación, sea con el proveedor o por internet, para obtener los FE y PCG (Anexo 3) específicos para cada uno de esos productos, y con ello poder calcular con mayor certeza las emisiones provenientes de estas fuentes. El cuadro 2.7 explica el procedimiento para el cálculo de las emisiones de gases refrigerantes.

Cuadro 2.7. Procedimiento para el cálculo de gases refrigerantes.

Emisiones de gases refrigerantes

- i. La empresa debe reunir la información de los registros del consumo de gases refrigerantes y otros productos de mantenimiento y reparación, para identificar aquellos que tengan componentes de emisión de GEI. En caso de que los valores se obtengan en libras, se procedería a convertirlos a toneladas bajo el factor de conversión proporcionado por UNEP (2000) de 2204.6:

$$\text{Total de consumo de gases (gal)} / \text{Factor de conversión de libras a toneladas} = \text{Consumo de gases (t)}$$

Ejemplo: $4.500 \text{ gal} / 2.204,6 = 2,04 \text{ t}$

ii. Una vez que se tiene el consumo total de gases refrigerantes en toneladas para un período determinado de interés para la compañía (mensual, anual), se multiplica dicho valor por el FE y el PCG (Anexo 3) correspondiente de este gas, para obtener el total de CO₂e.

Ejemplo: $2,04 \text{ t} \times 1 \times 1.300 = 2.917,2 \text{ t CO}_2\text{e}$

iii. Este mismo procedimiento de cálculo se hace para cada uno de los gases refrigerantes, y se suman los resultados finales por gas, lo que permitirá obtener el total de emisiones de CO₂e de este tipo de fuentes.

iv. En caso de no existir datos acerca del consumo de gases refrigerantes se utiliza la siguiente fórmula:

Capacidad de carga del equipo (t) x % de fuga anual x tiempo de uso dentro del período de reporte (años) x FE x PCG = Consumo de t CO₂e

Ejemplo: $1.5 \times 0,25 \times 0,5 \times 1 \times 1.300 = 243,75 \text{ t CO}_2\text{e}$

La información acerca del tipo de gas refrigerante y la capacidad de carga del equipo se puede encontrar inscrita en el equipo, en el manual del equipo o en los reportes de mantenimiento de este.

El porcentaje de fuga anual corresponde a la cantidad de gas refrigerante que se libera inintencionadamente en un año. Si a la hora de la recarga mensual de gas se encuentra una fuga de 2 t y esto se mantiene durante doce meses, entonces se tendría un 24% de fuga anual.

Fuente: Elaboración propia

2.4.7 Productos químicos y materias primas

En la industria cárnica se emplea una amplia gama de productos químicos y otras materias primas, algunas de las cuales representan fuentes de emisiones de GEI de acuerdo con sus componentes. Productos químicos como el cloruro de metileno, tolueno, metanol, acetaldehído, acetona y los hidrofluoroéteres (HFE), son algunos ejemplos. La empresa deberá obtener las fichas técnicas de los productos utilizados en su operación, sea con el proveedor o por internet, para disponer de los FE y PCG específicos para cada uno de ellos, y calcular las emisiones correspondientes a estas fuentes. El cuadro 2.8 presenta el procedimiento para el cálculo de productos químicos y materias primas.

Cuadro 2.8. Procedimiento para el cálculo de emisiones de productos químicos y materias primas.

Emisiones de productos químicos y materias primas

i. La empresa debe reunir toda la información de consumo de los productos químicos y materias primas que utilice en toda la operación en un momento determinado (mensual, anual), tanto durante la producción como en la planta de procesamiento.

Ejemplo: Una empresa porcina consume 1.540 litros de penetrante industrial al año en sus labores de mantenimiento.

ii. Debe gestionar las fichas técnicas de cada uno de ellos, para precisar si son o no emisores de GEI. Si lo son, debe asegurarse de obtener los FE y PCG de cada uno de acuerdo con sus componentes propios.

Ejemplo: La empresa revisa la ficha técnica del penetrante industrial, cuya composición es de un 75% de cloruro de metileno. El cloruro de metilo es un componente emisor de GEI, que tiene un FE de 1,00 kg CO₂e / litro y un PCG de 8,7.

iii. Con los datos de FE y PCG, para cada uno de estos productos debe realizar las conversiones correspondientes para pasarlos a t CO₂e. Debe tomar en cuenta el porcentaje del componente emisor en el total del producto consumido en un tiempo determinado (mensual, anual).

Emisiones del producto químico:

Total de producto (litros o kg) x % (componente) x FE (del producto específico) x PCG (del componente específico) entre 1.000 kg/t = t CO₂e

Ejemplo:

1..540 x 75% x 1,0 x 8,7 = 10.049 kg / 1.000 kg/t = 10, 05 t CO₂e

Fuente: Elaboración propia

2.4.8 Residuos de la industria cárnica: vísceras rojas, verdes y sangre

En la industria cárnica, los residuos de vísceras rojas (corazón, hígado, pulmón y lengua), vísceras verdes (contenido de estómago y tripas) y sangre, representan una proporción importante de residuos sólidos orgánicos que deben ser gestionados de forma responsable por su impacto como emisores de GEI. En el cuadro 2.9 se resumen las proporciones de cada uno de estos residuos según la especie animal.

Cuadro 2.9. Aprovechamiento de las distintas especies domésticas para producción de carne.

Especie	Rendimiento en canal promedio, %	Vísceras rojas (comercializables: hígado, corazón, lengua), %	Vísceras verdes, %	Sangre, %	No comestible (huesos, grasa, cabezas), %	Piel, %
Bovinos	40	5	6	3	39	7
Cerdos	64	3	3	10	20	n.d.
Ovejas	56	3	10	5	14	12
Cabras	54	9	14	5	11	7

Fuente: Adaptado de UNEP (s.f.).

Por lo general, una parte considerable de estos residuos son comprados o entregados y procesados por empresas externas, para tratarlos y utilizarlos como subproductos o materias primas para otras actividades productivas. Cuando esto es así, las emisiones producidas por este tipo de residuos no deben ser contabilizadas por la industria cárnica que los suministra, sino por el comprador.

Sin embargo, las vísceras rojas y verdes así como la sangre que sobra del procesamiento cárnico, deben ser tratadas de forma correcta en sitios de eliminación específicos desarrollados por la propia empresa, como parte de la gestión responsable de estos y según el marco regulatorio que rija en cada país.

Los sitios de eliminación de estos residuos orgánicos deben ser diseñados de tal forma que permitan disminuir las emisiones de gases como resultado de su descomposición y transformación. Estos sitios pueden ser vertederos para residuos sólidos, espacios de procesamiento mediante biocompostaje, plantas de tratamiento de residuos líquidos, biodigestores, incineradores, lagunas de oxidación, entre otros.

De acuerdo con el IPCC (2006c), las mediciones de GEI en cada uno de los sitios de eliminación requieren de una serie de información específica a nivel técnico de la que muchas veces no se dispone, y la cual es compleja de determinar, o demanda una inversión considerable de dinero para obtenerla.

Por lo anterior, esta Guía Metodológica fundamenta las estimaciones de los cálculos de emisiones de CH₄ y N₂O, de acuerdo con el procedimiento establecido en el “*Capítulo 4 de Tratamiento Biológico de Desechos Sólidos*” del IPCC (2006c), porque permite el uso de fórmulas más sencillas basadas en dos posibles técnicas de tratamiento (compostaje y digestión anaeróbica por medio de biodigestión) adaptadas para su aplicación.

El usuario de esta Guía Metodológica debe comprender que los resultados de la aplicación de este procedimiento para estimar la fuente de emisión (residuos de la planta de procesamiento),

representarán una aproximación del cálculo y no un dato preciso (por las limitaciones de no disponer de información específica para aplicar otros métodos más precisos). Sin embargo, sí le permitirá incluir este dato dentro del cálculo total de emisiones de la industria para la toma de decisiones que corresponda. Los valores por defecto para las emisiones de CH₄ y N₂O procedentes del tratamiento biológico de desechos de acuerdo con el IPCC (2006c) se incluyen en el Anexo 4. El cuadro 2.10 explica el procedimiento para el cálculo de las emisiones de residuos de la industria cárnica de acuerdo con lo indicado.

Cuadro 2.10. Procedimiento para el cálculo de emisiones de residuos de la industria cárnica.

Emisiones de residuos de la industria cárnica (estimados con base en tratamiento biológico de desechos según IPCC, 2006c)

i. La empresa debe reunir la información sobre la cantidad total y el tipo de residuos (vísceras rojas, verdes y sangre) de la industria cárnica que deberá tratar en los sitios de eliminación propios en un período de tiempo dado (mensual, anual). Si no dispone de información precisa de la cantidad de estos residuos producidos, debe estimarla con base en información disponible respecto a la especie animal sacrificada (ver cuadro de aprovechamiento de las distintas especies domésticas para producción de carne).

Ejemplo: Una industria porcina desecha por año un total de 80.800 kg de vísceras verdes y 45.360 litros de sangre. Todas las vísceras rojas son vendidas a un comprador que llega por ellas a la planta de procesamiento.

ii. La empresa deberá decidir la cantidad de estos residuos estimada según el tipo de tratamiento: compostaje o biodigestión. Si ya dispone de alguno de estos tratamientos es más sencilla y precisa la estimación. De lo contrario, tendrá que elegir el más aproximado a sus características de gestión de este tipo de residuos.

Ejemplo: Aunque la empresa porcina cuenta con vertedero y una laguna de oxidación para el tratamiento de los residuos, se decide estimar las emisiones tomando como referencia el tratamiento biológico de compostaje con base en peso húmedo (ver Anexo 4).

iii. De acuerdo con el tipo de tratamiento biológico elegido, se seleccionan los FE para CH₄ y N₂O, con base en la información disponible en el Anexo 4. Deben elegirse tomando en cuenta si los residuos están en peso seco o húmedo. Es recomendable utilizar los datos específicos de FE si se disponen por país.

Ejemplo: Para la estimación de los factores de emisión con base en peso húmedo son 4 g de CH₄/kg y 0,3 g de N₂O/kg de desechos tratados.

iv. Estimar las emisiones de CH₄ procedentes del tratamiento biológico elegido con base en la siguiente fórmula^{1/}:

Emisiones CH₄ del tratamiento biológico =

$$\text{Cantidad de desechos orgánicos (kg)}^{2/} \times \text{FE de CH}_4 / 1000 \text{ g/kg entre } 1000 \text{ kg/t} \times \text{PCG CH}_4 = \text{t CO}_2\text{e}$$

Ejemplo:

$$80.800 \text{ kg} \times 4 \text{ g de CH}_4/\text{kg} = 323.200 \text{ g CH}_4 / 1.000 \text{ g} = 323,2 \text{ kg} / 1.000 \text{ kg} = 0,323 \text{ t}$$

$$CH_4 \times 21 (PCG) = 6,79 \text{ t CO}_2e$$

v. Estimar las emisiones de N₂O procedentes del tratamiento biológico elegido con base en la siguiente fórmula^{1/}:

$$\begin{aligned} & \text{Emisiones N}_2\text{O del tratamiento biológico} = \\ & \text{Cantidad de desechos orgánicos (kg)}^{2/} \times \text{FE de N}_2\text{O} / 1000 \text{ g/kg entre } 1000 \text{ kg/t} \times \\ & \text{PCG N}_2\text{O} = \text{t CO}_2e \end{aligned}$$

Ejemplo:

$$\begin{aligned} 80.800 \text{ kg} \times 0,3 \text{ g de N}_2\text{O/kg} &= 24.240 \text{ g N}_2\text{O} / 1000 \text{ g} = 24,24 \text{ kg} / 1000 \text{ kg} = 0,024 \text{ t} \\ \text{N}_2\text{O} \times 310 (PCG) &= 7,51 \text{ t CO}_2e \end{aligned}$$

Fuente: Elaboración propia.

1/ Esta fórmula se fundamenta en la Ecuación 4.1 del Capítulo 4 de "Tratamiento Biológico de Desechos Sólidos" del IPCC (2006), pero para su aplicación en esta Guía Metodológica no se considera la cantidad total de CH₄ recuperado durante el año del inventario. 2/ El cálculo se modifica en sus factores, en lugar de usar Gg de desecho producido (1 Gg = 1 000 000 000 g = 10⁹ g) se aplica directamente en kg de desechos tratados.

2.4.9 Emisiones indexadas

Cuando la empresa haya realizado los cálculos para cada una de las fuentes de emisión identificadas y estimadas, convertidas todas a t CO₂e (que corresponde a la unidad estándar para reportar las emisiones de carbono), puede realizar la sumatoria para obtener el dato correspondiente a cada proceso de la operación (producción y planta de procesamiento), y posteriormente la suma total de emisiones de carbono. Es conveniente conocer el detalle de emisiones por fuente y proceso, porque permitirá a la empresa tomar decisiones específicas para adoptar tecnologías y buenas prácticas que reduzcan las emisiones en cada una de ellas.

Con los datos totales obtenidos, la empresa debe relacionar la producción de emisiones de carbono (kg o t CO₂e) por cada kg o t de carne procesada en la planta de procesamiento, lo que permitirá la generación de indicadores de monitoreo y la verificación de emisiones de forma específica para la industria cárnica.

En el Anexo 5 se presenta un ejemplo de aplicación de esta Guía Metodológica en una industria porcina basado en un caso real. En el Anexo 6 se presenta un ejemplo de medición en ganado bovino de carne, el cual no incluye las estimaciones de planta de procesamiento de carne, ya que el anterior demuestra con claridad los inventarios que deben ser tomados en cuenta en esta parte de la operación de la industria cárnica.

Capítulo III: Seguimiento de las emisiones a través del tiempo

3.1 Elección del Año Base

Con el objetivo de conocer cómo evolucionan las emisiones de una empresa, es importante compararlas a través del tiempo. Para ello es imprescindible escoger un año base, el cual es el año más antiguo con datos de emisiones verificables, tomando en cuenta los siguientes criterios:

1. **Producción:** En el año escogido la producción debe representar un volumen y calidad aproximadamente típicos, sin grandes interrupciones en la producción por eventos climáticos, de mercado, laborales, más allá de los vaivenes normales en el mercado.
2. **Energía:** Debe observarse que los proveedores de energía no hayan variado enormemente sus fuentes y factores de emisiones. El proveedor de electricidad podrá tener pequeñas variaciones anuales en su factor de emisión, pero estas no deberían obedecer a cambios dramáticos en la forma de generar dicha energía para ofrecerla a las empresas. Entre más energía limpia produzca un proveedor más bajo será el factor de emisión, mientras que cuanto más dependa de hidrocarburos más alto será el factor de emisión y esto afectará el cálculo final del año base.
3. **Tecnología en la empresa:** También debe ser un año típico en cuanto al tipo de tecnología utilizada por la empresa para su proceso productivo, sin grandes cambios tecnológicos más allá de las mejoras de eficiencias normales por procesos productivos.

En caso de que las emisiones fluctúen drásticamente cada año, el año base se podrá determinar a partir de las emisiones promedio de una serie de años consecutivos.

Se debe procurar que el año base contemple la mayor cantidad de datos posibles respecto a las fuentes de emisión de GEI identificadas, y que sea el referente a partir del cual se va a aplicar la misma metodología comparativa en los años subsecuentes.

3.2. Recálculo del año base

En algunas ocasiones es necesario calcular nuevamente los datos del año base, pero estos ajustes se deben hacer siempre con una justificación en cuanto a cambios significativos en la estructura de la organización, cambios significativos en la metodología de cálculo, o descubrimiento de errores significativos en el cálculo. Esto permitirá comparar las emisiones con un marco más preciso que el establecido anteriormente.

1. **Cambios en la estructura de la empresa:** Las empresas suelen enfrentarse a cambios relacionados con la transferencia de propiedad o con el control de las actividades (por ejemplo, fusiones, adquisiciones, desinversiones, la nueva compra de servicios a

terceros, la nueva producción propia de actividades emisoras, etc.). En el caso de que la compañía adquiera una actividad, deberá de incluir en el recálculo las fuentes de emisión de dicha actividad. Por el contrario, si la empresa transfiere una actividad, deberá de excluir del recálculo esas actividades previamente inventariadas.

2. **Cambios en la metodología de cálculo:** La ciencia avanza, y es posible que los factores de emisión para distintos gases puedan sufrir modificaciones, o que se identifiquen nuevas fuentes o emisiones además de las ya existentes. Así, por ejemplo, es posible que el factor consensuado para la emisión de gasolina cambie en unos años, lo cual justificaría el recálculo del año base.
3. **Descubrimiento de errores significativos en el cálculo:** Es normal que al inicio de la implementación de la metodología de cálculo sucedan errores que, conforme se va adquiriendo un mayor conocimiento técnico en el tema, suelen identificarse *a posteriori*. Por ello resulta necesario realizar el recálculo para eliminar los datos erróneos y tener una aproximación más certera de la huella de carbono.

Es importante tomar en cuenta que cuando el año base se recalcula, también es necesario realizar el ajuste en los años subsiguientes, para permitir observar las tendencias en las emisiones con similares parámetros de comparación.

3.3 Tendencia de emisiones

Dentro de los posibles análisis que se pueden realizar entre los cálculos de distintos períodos de información, se encuentran los siguientes:

1. **Comparación:** Para analizar la tendencia en las emisiones, estas se comparan con el año base. Las emisiones totales en CO₂e se comparan primero con el número total de toneladas emitidas en la operación. Lo esperable es mantenerlas dentro de rangos aceptables con respecto al año base y observar una tendencia a la reducción, para lo cual es necesario que, al menos durante dos años consecutivos, se observe una disminución en las emisiones totales. Asimismo, es importante la comparación de las fuentes principales y el tipo de emisiones según el alcance, lo cual permitirá detectar cambios en la composición de la huella de carbono.
2. **Datos relativos o indexados:** Sin embargo, también es esperable que mientras la producción crezca, exista algún incremento en las emisiones, sobre todo en ciertas fuentes. Por eso lo deseable es reportar las emisiones en forma indexada de acuerdo a la unidad de producción estándar que maneje la industria. Recomendamos para esta guía utilizar la cantidad de toneladas de CO₂e/Kg producida de carne (indicador del producto final de la empresa). Así podrá compararse de forma más directa en cuanto a la producción, ya como un factor ajustado en la fórmula.
3. **Frecuencia de monitoreo:** Las emisiones pueden subir o bajar de un año a otro, ante lo cual es importante contar con una justificación y un sistema de monitoreo que permita

estar calculando las emisiones sobre una base mensual (si esto no es factible, lo deseable es al menos trimestralmente). Estas emisiones pueden subir o bajar dramáticamente en forma visible debido a nueva tecnología, por la absorción de nuevos procesos en la producción o la adquisición de nuevas operaciones (incluyendo fincas de producción y lugares de procesamiento con tecnología distinta).

Capítulo IV: Estrategias para la gestión de reducción de emisiones de GEI

El cálculo de la huella de carbono tiene sentido siempre y cuando se implementen mecanismos para reducirla. Una vez calculada la huella del año base, la empresa debe diseñar una estrategia para la reducción de emisiones, proceso que describimos a continuación.

Paso 1: Apoyo de la alta gerencia y de los colaboradores.

Un proceso de reducción puede implicar cambios en procesos y algunas inversiones que, aunque modestas, pueden requerir del apoyo necesario de la alta gerencia. Los ejecutivos deben estar convencidos de que este proceso es una prioridad y mejorará la empresa, ya que entonces lo transmitirán en prioridades, recursos y eficiencias organizacionales. Adicionalmente, los colaboradores (empleados) deben entenderlo, debido a que son ellos los que llevarán registros detallados, deberán implementar algunas mejoras en los procedimientos y, por supuesto, sugerir ideas de reducción. Por lo tanto, lo primero por hacer con los colaboradores es entrenarlos y realizar una inducción sobre la huella de carbono y por qué la empresa trabajará en este proceso. Es conveniente tener una fuente de información continua como pizarras informativas, reuniones con el personal en donde se toque este tema como punto de agenda, el uso de intranet o correos electrónicos con seguimientos al proceso.

Paso 2: Acordar una meta para la reducción de emisiones.

Una vez calculada la huella de carbono, se debe estudiar también su composición por fuentes de emisión. Esto permitirá indicar en qué áreas de trabajo existen mayores posibilidades de reducción. El proceso es analizar cada fuente e identificar posibles acciones para mitigar las emisiones. La meta para su reducción debe ser acordada por la alta gerencia e idealmente comunicada internamente dentro de la empresa, para poder contar con el apoyo de los colaboradores.

Paso 3: Identificar e implementar planes de reducción.

Las áreas de mayor pertinencia deben traducirse en oportunidades específicas de reducción (p.e. reducir la dependencia de combustibles fósiles para generar energía). Se debe realizar un plan de acción por cada oportunidad detectada, involucrando a las distintas áreas afectadas o con participación en los procesos tocados por el plan de acción. Algunos ejemplos de posibles iniciativas pueden ser:

- Sustituir iluminación por luces energéticamente eficientes.
- Mejorar la distribución de producto optimizando recorridos de flotilla vehicular y disminuir el consumo de combustible.
- Emplear en las calderas alguna de las opciones de energías renovables o de menor uso de combustibles fósiles (precalentamiento de agua con paneles solares, uso de biogás de biodigestor en la caldera para sustituir el búnker, usar calderas de biomasa pequeñas

o medianas que funcionan con pellets de material residual de la industria de aserraderos).

- Reemplazar gases refrigerantes o de aire acondicionado por gases energéticamente más eficientes.
- Uso de biodigestores para la gestión de las excretas y residuos de plantas de procesamiento.

Paso 4: Evaluar resultados.

Una vez definidos los planes de acción, es importante darles un mecanismo de seguimiento, mediciones periódicas de avance de emisiones, y de revisión con la gerencia. Estos resultados deben comunicarse también internamente al menos a las partes directamente involucradas. Cuando sea posible, el equipo de trabajo podría calcular los ahorros en términos monetarios de dichas iniciativas en la operación. Como un aspecto importante a tomar en cuenta, la empresa debe evaluar la publicación voluntaria de los resultados, lo cual le daría una mayor visibilidad y la posibilidad de posicionarse como líder en la industria, con las ventajas de atraer un poco más de colaboración intersectorial, recursos, y de poder dictar la pauta en estos temas, más que ser una seguidora dentro de la industria.

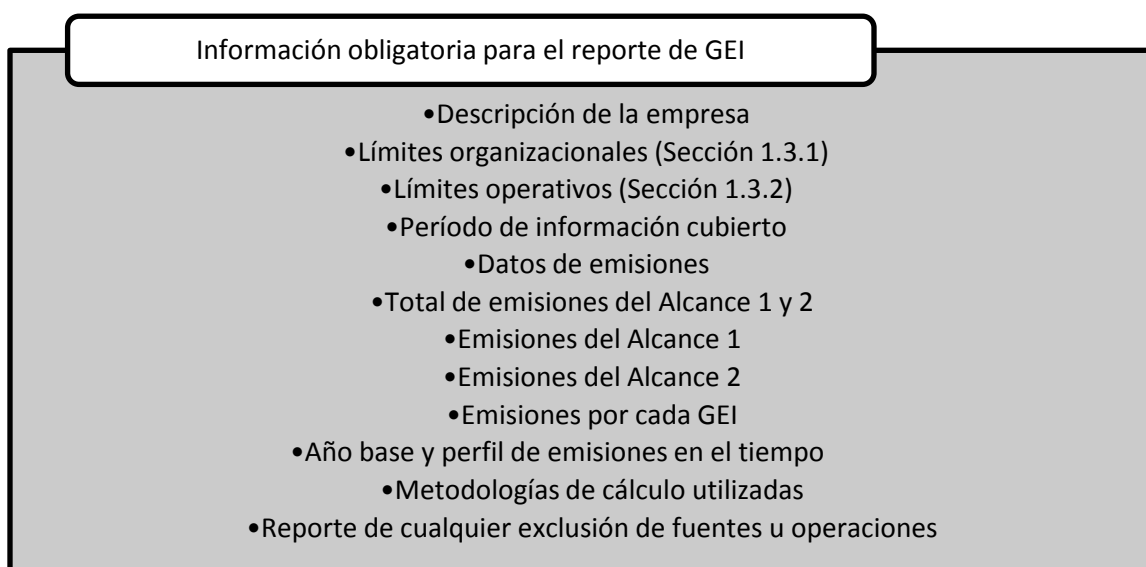
Estos cuatro pasos son elementos básicos de procesos generales, y deberán ser adaptados a la realidad de cada empresa.

Capítulo V: Reporte de emisiones de GEI

El reporte de emisiones de GEI se basa en los mejores datos disponibles al momento de su publicación. Se espera que la información sea fiel a los principios de relevancia, integridad, consistencia, transparencia y precisión. En él se deben de reconocer las limitaciones del proceso y acceso a la información, comunicar si se hizo un recálculo y especificar las razones por las cuales se efectuó de acuerdo con lo señalado en la sección 3.2 de esta Guía Metodológica.

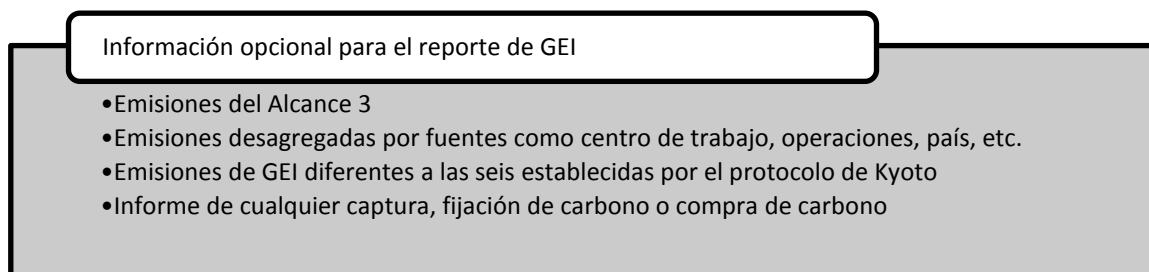
La información incluida en un informe de GEI es bastante amplia, por lo que en las figuras 5.1 y 5.2 se especifica lo obligatorio y lo opcional que debe aparecer en él, respectivamente, de acuerdo con el Estándar Corporativo del Protocolo de GHG²:

Figura 5.1. Elementos que deben de reportarse obligatoriamente en el informe de GEI.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.2. Elementos opcionales en el informe de GEI.



²/ El estándar corporativo del Protocolo GHG brinda una pauta general para las empresas; sin embargo, la compañía debe presentar la información en función de la audiencia establecida, revisando los requisitos específicos correspondientes a auditorías internas, auditorías externas, programas nacionales, programas voluntarios, etc., para los que desea hacer la información accesible.

Capítulo VI: ¿Es necesario certificar el inventario de emisiones?

La certificación del inventario de emisiones es un proceso en el que un ente acreditador externo verifica que la cuantificación, monitoreo, reporte y verificación del inventario de GEI de una organización cumplen con el estándar internacional de la Norma ISO 14064-1: 2006.

Al momento de la publicación de la presente Guía Metodológica, no existe un requisito a nivel centroamericano para que las empresas de la industria cárnica estén certificadas con dicha norma. No obstante, existe una demanda creciente en el mercado local e internacional de productos cuya elaboración no sea perjudicial para el medio ambiente, por lo que resulta importante tener un proceso sistemático y ordenado para cualquier consulta de clientes o mercados internacionales.

En caso de que la organización opte por certificar su inventario, se recomienda seguir las pautas establecidas en la Norma ISO 14064 (de aplicación internacional) o en la Norma Técnica Voluntaria: Sistema de Gestión para demostrar la C-Neutralidad (INTE 12-01-06:2011), la cual, al momento de elaboración de esta guía, aplica solamente para Costa Rica.

Anexos

ANEXO 1. CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS ANIMALES

Categoría	Subcategoría
Vacunos adultos	Hembras: <ul style="list-style-type: none">• Vacas destinadas principalmente a la producción de carne• Vacas utilizadas con más de un fin productivo: para producción de leche, para producción de carne, como animales de tiro Machos: <ul style="list-style-type: none">• Toros utilizados principalmente con fines de reproducción• Bueyes usados principalmente como animales de tiro• Novillos destinados principalmente a la producción de carne
Vacunos o búfalos jóvenes	<ul style="list-style-type: none">• Terneros en la etapa anterior al destete• Vacunos o búfalos en crecimiento• Vacunos o búfalos alimentados principalmente con granos en corrales de engorde
Ovejas adultas	<ul style="list-style-type: none">• Ovejas de cría, destinadas principalmente a la producción de carne o lana, o de ambas cosas• Ovejas de ordeño, cuyo principal destino es la producción de leche con fines comerciales
Otros ovinos adultos (>1 año)	<ul style="list-style-type: none">• No se recomiendan subdivisiones adicionales
Ovinos jóvenes	<ul style="list-style-type: none">• Machos enteros• Machos castrados• Hembras

Fuente: Adaptado de los cuadros .4.1 y 4.2 del Capítulo 4 "Agricultura" del IPCC (2006a).

ANEXO 2. FACTORES DE EMISIÓN

Cuadro A2-1. FACTORES DE EMISIÓN DE METANO POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA PARA ESPECIES DE ENGORDE (kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹)

Categoría	Peso (kg)	Factor de emisión (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)
Vaca de cría	400	64
Toro	450	61
Novillos	230	49
Cerdos	n.d.	1
Cabras ^{1/}	n.d.	5
Ovejas ^{1/}	n.d.	5

Fuente: Adaptado de IPCC (2006a) y Sagarpa y FAO (2012) ^{1/}

Cuadro A2-2. FACTORES DE EMISIÓN DE METANO POR GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL PARA VACUNOS, PORCINOS Y BÚFALOS (kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹)

Categoría	Factor de emisión (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)
Toros / vacas	1
Cerdos	2
Búfalos	2
Ovejas	0,20
Cabras	0,22
Aves de corral	0,02

Fuente: Adaptado de IPCC (2006b)

Cuadro A2-3. TASA DE EXCRECIÓN DE NITRÓGENO ^{1/} (kg N (1000 kg masa animal)⁻¹ DÍA⁻¹)

Categoría	Tasa de excreción de nitrógeno ¹ (kg N (1000 kg masa animal) ⁻¹ día ⁻¹)	Factor de emisión (kg N ₂ O-N animal ⁻¹ año ⁻¹)
Toros / vacas	0,36	0,02
Cerdos ^{2/}	1,64	0,02
- Mercado	1,57	0,02
- Cría	0,55	0,02
Pollos de engorde	1,10	0,02
Búfalos	0,32	0,02
Ovejas	1,17	0,01
Cabras	1,37	0,01

Fuentes: ^{1/} Resumen de las *Directrices del IPCC de 1996, 1997*; European Environmental Agency, 2002; USA EPA National NH₃ Inventory Draft Report, 2004; y datos de inventarios de GEI del Anexo I que las Partes presentaron ante la Secretaría de la CMNUCC en 2004.

^{2/} La excreción de nitrógeno de los porcinos está basada en una población del país estimada en 90% de porcinos de mercado y 10% de cría.

Cuadro A2-4. PRODUCCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO POR TIPO DE COMBUSTIBLE
(kg CO₂e / litro combustible)

Combustible	kg CO ₂ e / litro
Gasolina	2,26
Diésel	2,69
Búnker	3,01
Queroseno	2,48
LPG	1,61
Gasolina de aviación	2,69
Jet fuel	2,46

Fuente: Adaptado del IMN (s.f.)

Cuadro A2-5. FACTOR DE EMISIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO
(kg CO₂e / kWh)

País	Año	CO ₂ Kg CO ₂ e / kWh
Guatemala ^{1/}	1999 - 2002	0,418
Honduras ^{1/}	1999 - 2002	0,290
El Salvador ^{1/}	1999 - 2002	0,302
Nicaragua ^{1/}	1999 - 2002	0,650
Panamá ^{1/}	1999 - 2002	0,286
Costa Rica ^{2/}	2011	0,0824

Fuentes: 1/ UNEP (2000): The GHG Indicator: UNEP Guidelines for Calculating Greenhouse Gas Emissions for Businesses and Non-Commercial Organizations U.S. Energy Information Administration, based on data from the following sources: International Energy Agency (IEA), Electricity Information Database 2007 and CO₂ Emissions from Fuel Combustion Database 2006, <http://www.iea.org>, October 2007. 2/ IMN (s.f.)

ANEXO 3. POTENCIALES DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG)

Gas de Efecto Invernadero	Potencial de calentamiento global (PCG)
CO ₂ ^{1/}	1
CH ₄ ^{1/}	21
N ₂ O ^{1/}	310
HFC ₂	140 - 11 700
HFC 134a ^{1/}	1.300
HFC 152a ^{1/}	140
HFC 404a ^{1/}	3.922
R402a ^{2/}	2.447
R402b ^{2/}	2.150
R404a ^{2/}	3.260
R404b ^{2/}	3.260
R407c ^{2/}	1.526
R410a ^{2/}	1.725
R507 ^{2/}	3.300
R508b ^{2/}	10.350
ISCEON M049 ^{2/}	2.230
PFCs ^{1/}	7 000 – 8 700
SF ₆ ^{1/}	23 900

Fuente: Adaptado de IPCC (2006)^{1/} e IMN (2012)^{2/}.

ANEXO 4. FACTORES DE EMISIÓN PARA EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LOS DESECHOS

Factores de emisión por defecto para las emisiones de CH₄ y N₂O procedentes del tratamiento biológico de los desechos.

Tipo de tratamiento biológico	Factores de emisión de CH ₄ (g de CH ₄ / kg de desechos tratados)		Factores de emisión de N ₂ O (g de N ₂ O/ kg de desechos tratados)	
	Sobre la base de peso seco	Sobre la base de peso húmedo	Sobre la base de peso seco	Sobre la base de peso húmedo
Preparación de abono orgánico (compost)	10 (0,08 – 20)	4 (0,03 – 8)	0,6 (0,2 – 1,6)	0,3 (0,06 – 0,6)
Digestión anaeróbica en las instalaciones de biogas	2 (0 – 20)	1 (0 – 8)	Se asume insignificante	Se asume insignificante

Fuente: Adaptado del cuadro 4.1 del Capítulo 4 "Tratamiento Biológico de los Desechos Sólidos" del IPCC (2006).

ANEXO 5. EJEMPLO DE MEDICIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN UNA INDUSTRIA PORCINA (BASADO EN UN CASO REAL)

La industria porcina “Máximo Siglo 21” se especializa en la producción de carne de cerdo para el mercado nacional e internacional, y se encuentra localizada en Costa Rica. La gerencia actual tiene el interés de gestionar su huella de carbono usando como año base el 2012, con el propósito de identificar e implementar medidas de reducción de gases de efecto invernadero en toda su operación, incluyendo producción y planta de procesamiento, enfocadas estratégicamente en una reducción de costos. La conformación de la piara de la empresa se muestra en el cuadro A5-1:

Cuadro A5-1. Factores de emisión por defecto para las emisiones de CH₄ y N₂O procedentes del tratamiento

Categoría		Número de animales en 2012	Peso Vivo (kg)	Factor de conversión en Unidad Animal (U.A.)	U.A. ^{1/} en 2012
Cerditos	Lactantes	4.827	7	0,07	338
	Preinicio	4.882	25	0,25	1.221
	Inicio	2.238	45	0,45	1.007
Cerdos	Desarrollo	5.369	75	0,75	4.027
	Engorde	3.615	100	1,00	3.615
Cerdas	Gestantes	2.611	200	2,00	5.222
	Lactantes	680	200	2,00	1.360
	Reemplazos	1.097	145	1,45	1.591
Verracos	Verracos	31	250	2,50	78
Total		25.350			18.459

^{1/}U.A. = 100 kg PV Fuente: Elaboración propia

La empresa produjo y comercializó un total de 65.230 cerdos en el 2012. El cerdo en engorde en todas las etapas dura 165 días hasta sacarlo al mercado. La empresa tuvo un rendimiento en canal del 70% y un peso promedio en canal de 77,1 kg / cerdo.

El **límite organizacional** se basó en un enfoque de control para la consolidación de datos, abarcando de esta manera las operaciones de producción primaria, y la planta de procesamiento y vísceras verdes, en donde la compañía tiene un control total de dichas operaciones. En cuanto al **límite operacional**, se estableció como Alcance 1 las operaciones provenientes de fermentación entérica de la piara, excretas producidas, combustión móvil e inmóvil, y gases refrigerantes en planta de procesamiento y vísceras verdes. El Alcance 2 correspondió al consumo de electricidad.

Todas las excretas (sólidas y líquidas) son evacuadas de la infraestructura de producción por medio de lavado de arrastre y conducidas por canales a los tanques donde son bombeadas a la máquina extrusora. En total, diariamente se generan 145 m³ de mezcla (excretas+ agua), de los cuales 58 m³ son agua. Los sólidos obtenidos del proceso de separación (12 ton d⁻¹) son utilizados para la alimentación de ganado vacuno y el líquido o influente (38 m³) es bombeado de la primera laguna para su tratamiento hacia dos lagunas de oxidación posteriores. A pesar de que las lagunas de oxidación son un sistema de tratamiento aprobado a nivel nacional para el funcionamiento de estas operaciones, emite gases de efecto invernadero. Si la empresa desea reducir estas emisiones, debe entonces considerar otro tipo de tratamientos y tecnologías que capturen estas emisiones como los biodigestores (reactores anaeróbicos).

En el área de la sala de sacrificio de cerdos las aguas se caracterizan por tener grasas y residuos pequeños de tejido animal que se van por la tubería. Estos materiales son retenidos en las trampas contiguas a la sala de sacrificio. La sangre y otros residuos como las vísceras verdes y rojas son recolectados y retirados de la empresa por un gestor de residuos externo. Actualmente, las aguas residuales del proceso, tanto del sacrificio como del levante de los animales, son transferidas de un lugar a otro por medio de bombas. Una vez procesadas son vertidas en las lagunas de oxidación donde continúan un proceso de descontaminación.

El residuo orgánico principal producido son las excretas de cerdo (con 5% de materia seca y 78% de sólidos volátiles), las cuales representan el 95% (83 m³ / día, 315 días de proceso por año) de los residuos sólidos totales diarios (87 m³). Los otros sustratos son residuos de la sala y de sacrificios de cerdos (4 m³) dentro de los que se pueden citar las vísceras rojas (corazón y pulmón, 800 kg / día, 315 días por año), las vísceras verdes (contenido de estómago y tripa, 1.710 kg/ día, 315 días por año) y la sangre (960 litros/día, 315 días por año).

La empresa utiliza como fuentes principales de energía la electricidad, el diésel y el gas propano (LPG). Se consumió un total de 1.171.100 kW durante el 2012, del cual un 72% se utilizó en la planta de procesamiento. El total de diésel consumido durante el año fue de 37.900 litros: un 73% (27.562 litros) se utilizó en la caldera de la planta de procesamiento, y el resto (10.338 litros), en la flotilla vehicular y procesos menores de la empresa. El gas propano (LPG) es otra de las fuentes de energía empleadas por la empresa. Del total anual de 6.038 litros, el 89% (5.374 litros) se usa para las actividades ligadas al procesamiento de la carne y el resto (664 litros), en el área de producción.

La empresa cuenta con tres equipos refrigerantes para la planta de procesamiento. Los dos equipos más antiguos utilizan gas refrigerante R22, y se recargan con un promedio de tres libras por mes. El tercer equipo tiene un año de instalado, utiliza el gas refrigerante HFC 404a, y se recarga con una libra de gas por mes, aproximadamente.

Cálculos por fuente de emisión

Población Total Promedio Anual (PTPA):

Aplicando la ecuación: PPA = 165 días * 65.230/ 365 días año = 29.488 cerdos de engorde

La empresa mantiene 2.611 cerdas gestantes, 680 lactantes y 31 verracos.

La población total promedio anual (PTPA) es de 32.810 cerdos en el 2012.

Fermentación entérica:

Fermentación Entérica: $(32.810 \text{ cerdos} / \text{año} \times 1 \text{ kg CH}_4/\text{cerdo/año} \times 21) / 1.000 = 689,01 \text{ t CO}_2e$

Excretas:

CH₄ Excretas: $(32.810 \text{ cerdos} \times 2 \text{ kg CH}_4/\text{cerdo/año} \times 21) / 1.000 = 1.378,02 \text{ t CO}_2e$

N₂O Excretas: $(32.810 \text{ cerdos} \times 59,86 \text{ kg N}/\text{cerdo/año} \times 0,02 \times 310) / 1.000 = 12.176,84 \text{ t CO}_2e$

Combustibles:

Diésel en planta de procesamiento = $27.562 \text{ l} \times 0,00268 \text{ t CO}_2 / \text{l} \times 1 = 73,87 = \text{t CO}_2e$

Diésel en producción = $10.338 \text{ l} \times 0,00268 \text{ t CO}_2 / \text{l} \times 1 = 27,71 = \text{t CO}_2e$

LPG en planta de procesamiento = $5.374 \text{ l} \times 0,00161 \text{ t CO}_2 / \text{l} \times 1 = 8,65 = \text{t CO}_2e$

LPG en producción = $664 \text{ l} \times 0,00161 \text{ t CO}_2 / \text{l} \times 1 = 1,07 = \text{t CO}_2e$

Electricidad:

Electricidad en planta de procesamiento: $843.192 \text{ kW/año} \times 0,000824 \times 1 = 694,79 \text{ t CO}_2e$

Electricidad en producción: $327.908 \text{ kW/año} \times 0,000824 \times 1 = 270,20 \text{ t CO}_2e$

Gases refrigerantes (cámara de frío en planta de procesamiento):

Refrigerante R22: $((3 \text{ libras} \times 460 \text{ g} \times 12 \text{ meses}) / 1.000 \text{ g/kg}) / 1.000 \text{ kg/tn} = 0,01656 \text{ t R22}$

PCG R22 = 1.780

Refrigerante R22: $0,01656 \text{ t} \times 1 \times 1.780 = 29,48 \text{ t CO}_2e$

Refrigerante HFC 404a: $((1 \text{ libra} \times 460 \text{ g} \times 12 \text{ meses}) / 1.000 \text{ g/kg}) / 1.000 \text{ kg/tn} = 0,00552 \text{ t HFC 404}^a$

PCG HFC 404a = 3.922

Refrigerante HFC 404 a: $0,00552 \text{ t} \times 1 \times 3.922 = 21,65 \text{ t CO}_2\text{e}$

Vísceras verdes (VV) (solo se calculan VV porque todas las vísceras rojas son vendidas):

CH₄ de VV:

$$1.710 \text{ kg/día} \times 315 \text{ días} = 538.650 \text{ kg VV}$$

$$538.650 \text{ kg VV} \times 4 \text{ g de CH}_4/\text{kg} = 2.154.600 \text{ g CH}_4 / 1.000 \text{ g} = 2.154,6 \text{ kg CH}_4$$

$$2.154,6 \text{ kg CH}_4 / 1.000 \text{ kg} = 2,15 \text{ t CH}_4 \times 21 \text{ (PCG)} = 45,15 \text{ t CO}_2\text{e}$$

N₂O de VV:

$$538.650 \text{ kg VV} \times 0,3 \text{ g de N}_2\text{O}/\text{kg} = 161.595 \text{ g N}_2\text{O}/1.000 \text{ g} = 161,60 \text{ kg N}_2\text{O}$$

$$161,60 \text{ kg N}_2\text{O} / 1.000 \text{ kg} = 0,16 \text{ t N}_2\text{O} \times 310 \text{ (PCG)} = 49,60 \text{ t CO}_2\text{e}$$

En el cuadro A5-2 se resume el total de emisiones de CO₂e de la industria porcina “Máximo Siglo 21”.

Cuadro A5-2. Total de emisiones de CO₂e de la industria porcina “Máximo Siglo 21”.

Rubro de inventario	Proceso	
	Producción, t CO ₂ e	Planta de procesamiento, t CO ₂ e
Fermentación entérica	689,01	
CH ₄ Excretas	1.378,02	
N ₂ O Excretas	12.176,84	
Diésel	27,71	73,87
LPG	1,07	8,65
Electricidad	270,20	694,79
Refrigerante R22		29,48
Refrigerante HFC 404a		21,65
CH ₄ Vísceras verdes		45,15
N ₂ O Vísceras verdes		49,60
Subtotal / proceso, t CO ₂ e	14.542,85	923,19
TOTAL, t CO₂e		15.466,04
Distribución por proceso, %	94,03%	5,97%

EMISIONES INDEXADAS

Tomando en consideración que en el 2012 fueron procesados 65.230 cerdos con un peso promedio en canal de 77,1 kg / cerdo, la producción total fue de 5.029,23 t de carne procesada. Al relacionarla con las 15.466,04 t CO₂e, el ***índice resultante corresponde a 3,08 t CO₂e / t carne procesada.***

RECOMENDACIONES PARA LA EMPRESA:

Con base en los resultados de emisiones totales de la empresa, es necesario que concentre su atención en la gestión de las excretas porque representan el 88% del total emitido. El establecimiento de un biodigestor favorece la gestión de los gases, lo cual puede reducir significativamente el impacto ambiental y generar beneficios adicionales por su conversión a bioelectricidad para la propia empresa. Cabe mencionar que en caso de implementar dicho sistema, en lugar de utilizar un enfoque de emisiones estimadas se debe de realizar un cálculo estequiométrico del proceso de digestión anaeróbica, para lo cual se recomienda revisar el capítulo 10: Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol del IPCC (2006b).

A nivel de la instalación eléctrica, se recomienda a la empresa poner medidores por separado en cada parte del proceso (dentro de la granja y la planta de procesamiento), para tener conocimiento preciso de la distribución y consumo eléctrico en cada una de ellas y se pueda determinar en qué lugares implementar mecanismos de ahorro energético.

Es conveniente que la empresa controle el uso de los motores de los distintos equipos en la planta de procesamiento, de tal forma que no pasen encendidos si no están en uso, porque representa un potencial de ahorro significativo. Para ello se puede poner controladores para los motores, ya que si estos no están funcionando en un momento dado, los controladores permiten bajar su potencia y el consumo. Los variadores de frecuencia representan una opción para controlar la carga de los motores, así como el uso de arrancadores de estado sólido. El ahorro energético también debe ir acompañado de la implementación de buenas prácticas en el consumo, las cuales deben inducirse y monitorearse en todo el personal de la empresa.

A nivel del consumo de combustibles, se recomienda a la empresa revisar su sistema de mantenimiento de vehículos y maquinaria propia, de tal forma que se asegure de su óptimo funcionamiento. Es conveniente considerar la inversión en vehículos y equipos modernos, eficientes en su consumo de carburantes.

En cuanto a los refrigerantes utilizados para el sistema de enfriamiento en la planta de procesamiento, es necesario para la empresa invertir en el reemplazo de los dos equipos que utilizan el gas R22, debido a que son antiguos y generan una mayor recarga en su

mantenimiento. En su lugar, se debe seleccionar equipos con gases refrigerantes más amigables como el R410a, entre otros disponibles en el mercado.

ANEXO 6. EJEMPLO DE MEDICIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN UNA PRODUCCIÓN DE BOVINOS DE CARNE

Una finca ganadera de carne ubicada en Guácimo de Limón cuenta con un área efectiva de 1350 hectáreas. En esta finca, el manejo del hato lo realizan de la siguiente manera: el 50% de las hembras de vientre recibe monta directa con toros y el 50% restante recibe inseminación artificial. Las novillas se crían, levantan y preñan con monta directa, y luego se incorporan al hato como vacas de primer parto; estas presentan un porcentaje de preñez del 80%. Los terneros machos se crían, levantan y engordan para salir al mercado a los 35 meses de edad, con un peso vivo de 450 kg. El propietario no fertiliza las pasturas. En esta finca la estructura del hato en el último año se muestra en el cuadro A6-1.

Cuadro A6-1. Estructura del hato / año ubicado en Guácimo, Limón.

Categorías animales	Valor como Unidad Animal (UA)	Peso promedio Kg	UA	Total cabezas
Vacas	1,0	400	2.053	2.053
terneros/ terneras 0-1	0,3	120	456	1.521
novillos/novillas 1-2	0,6	240	876	1.460
novillos 2-3	0,8	320	482	804
novillas 2-3	0,8	320	639	799
detectores de celos	1,2	500	46	38
toros	1,2	500	46	38
Total			4.598	6.713

Asesoría en inventario de emisiones a nivel productivo:

El propietario tomó la decisión de intensificar su proceso productivo mediante una estrategia de reducción de costos. Consideró como punto de partida identificar las fuentes de emisión en la producción (fermentación entérica y excretas) y estimar las emisiones de gases de efecto invernadero a partir de ellas en el último año, con el propósito de identificar posibles proyectos de reducción para hacer más competitiva su actividad. Para ello utilizó los siguientes factores de emisión recomendados por categoría animal. En el cuadro A6-2 se presentan los factores de emisión de metano por fermentación entérica disponibles por cada categoría dentro del hato.

Cuadro A6-2. Factores de emisión de metano por fermentación entérica disponibles para las categorías dentro del hato.

Categoría	Peso (kg)	Factor de emisión (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)
Vaca de cría	400	64
Toro	450	61
Novillos	230	49

Fuente: Adaptado de IPCC (2006a).

Cálculos por fuente de emisión

Fermentación entérica por categoría animal:

Fermentación Entérica en vacas de cría:

$$(2.053 \text{ vacas} \times 64 \text{ kg CH}_4/\text{vaca/año} \times 21) / 1.000 = 2.759 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Fermentación Entérica en terneros(as) y novillos(as) de 1 a 2 años:

$$(2.981 \text{ animales} \times 49 \text{ kg CH}_4/\text{animal/año} \times 21) / 1.000 = 3.067 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Fermentación Entérica en novillos(as) de 2 a 3 años, detectores de celos y toros:

$$(1.679 \text{ animales} \times 61 \text{ kg CH}_4/\text{animal/año} \times 21) / 1.000 = 2.151 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Total emisiones por fermentación entérica: 7.977 t CO₂e

Excretas:

$$\text{CH}_4 \text{ Excretas: } (6.713 \text{ animales} \times 1 \text{ kg CH}_4/\text{animal/año} \times 21) / 1.000 = 140,97 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Cálculo previo de la excreción de Nitrógeno:

$$0,36 \text{ kg N (1000kg masa animal)} / 2 \text{ animales} \times 365 \text{ días} = 65,7 \text{ kg N/animal/año}$$

$$\text{N}_2\text{O Excretas: } (6.713 \times 65,7 \text{ kg N/animal/año} \times 0,02 \times 310) / 1.000 = 2.734,47 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Total emisiones por excretas: 2.875,44 t CO₂e

Las emisiones totales de GEI en la finca fueron de **10.852,44 t CO₂e**.

RECOMENDACIÓN PARA LA EMPRESA:

Con base en las estimaciones, el propietario deberá considera la opción de un confinamiento que le permita al mismo tiempo gestionar cambios en la dieta de los animales para reducir las

emisiones, y manejar las excretas por medio de un biodigestor. Deberá realizar los estudios correspondientes para tomar decisiones.

ANEXO 7. GLOSARIO ³

Año de base:

El año de inicio del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero.

Carbono equivalente (CO₂e):

Unidad de medida utilizada para comparar diferentes gases de efecto invernadero. Se utilizan los potenciales de calentamiento global (PCG) como factores para el cálculo del equivalente en dióxido de carbono.

Efecto invernadero:

Efecto que se produce cuando algunos gases presentes en la atmósfera en pequeñas cantidades permiten que la radiación solar penetre hasta la superficie terrestre y atrapan la radiación infrarroja ascendente emitida por la Tierra (que de otro modo escaparía al espacio).

Emisiones:

Liberación de gases de efecto invernadero y/o de sus precursores en la atmósfera, en una zona y por un período determinados.

Factor de emisión (FE):

Coefficiente que cuantifica las emisiones o absorciones de un gas determinado en una actividad dada, de acuerdo con un conjunto de condiciones de funcionamiento. Es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad.

Gases de Efecto Invernadero (GEI):

Gases cuya presencia en la atmósfera contribuye al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también se incluyen algunos gases artificiales de la industria y consumo de hidrocarburos. Estos son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxidos de nitrógeno (NO_x), ozono (O₃), clorofluorocarbonos (artificiales) y vapor de agua (H₂O).

Inventario de emisiones:

Determinación de las cantidades de emisiones de GEI que se incorporan al aire provenientes de todo tipo de fuente, en un período dado de tiempo y en un área determinada.

Potencial de Calentamiento Global (PCG):

Relación entre un kilogramo de gas de efecto invernadero emitido a la atmósfera y el de un kilogramo de CO₂ a través de un período de tiempo.

³ Adaptado del Glosario del IPCC (2006)

Referencias bibliográficas

Blank, P. y Kool, M. (2011). *The Agri-footprint. Methodological LCA framework, assumptions and applied data. Version 1.0*. Netherlands: Blonk Milieuadvies.

Carbon Clear Limited (2012). *Why Manage Carbon?* Recuperado de <http://www.carbon-clear.com/resource/why-manage-carbon/>

Centro de Producción Más Limpia (2009). *Resource Assessment for Livestock and Agro-Industrial Wastes – Colombia*. Recuperado de https://www.globalmethane.org/documents/ag_colombia_res_assessment.pdf

Fondo Europeo de Desarrollo Regional e Impiva (2009). *Guía de la producción más limpia para el sector de matadero y transformación de carne avícola de la comunidad Valenciana*. Recuperado de <http://www.produccionlimpia.ainia.es/guia.pdf>

Hamerschlag, K. (2011). *A Meat Eater's Guide to Climate Change + Health: What You Eat Matters*. Recuperado de <http://www.ewg.org/meateatersguide/a-meat-eaters-guide-to-climate-change-health-what-you-eat-matters/>

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica [INTECO] (2011). *Norma Técnica Voluntaria: Sistema de Gestión para demostrar la C-Neutralidad INTE 12-01-06:2011*. Costa Rica: INTECO.

International Organization for Standardization [ISO] (2006). *Norma ISO 14064 Estándar Internacional para el Inventario y Verificación de Gases de Efecto Invernadero*.

Instituto Meteorológico Nacional. [IMN]. (s.f.). *Factores de emisión de gases de efecto invernadero*. Recuperado de http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/factores_emision_gei_0.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (1997). *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouses Gas Inventories. CH4 and N2O Emissions from Livestock Manure*. Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/4_2_CH4_and_N2O_Livestock_Manure.pdf.

Intergovernmental Panel on Climate Change. [IPCC] (2006a). Agricultura. En *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Vol. 4)*. Recuperado de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>

Intergovernmental Panel on Climate Change. [IPCC] (2006b). Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol. En *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Vol. 4)*. Recuperado de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2006c). Tratamiento biológico de los desechos sólidos. En *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Vol. 5)*. Recuperado de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2007). Summary for Policymakers. *En Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Reino Unido y Nueva York: Cambridge University Press.

Junta de Andalucía – Consejería de Medio Ambiente (2011). *Guía de apoyo para la notificación de las emisiones procedentes de mataderos e industrias de productos cárnicos*. Recuperado de http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/administracion_electronica/Tramites/Vigilancia_Preencion/Modelos/EPRTR/Modelos/Guias_apoyo/Guia_ep_8a%20_8bi_matadero_v5.pdf.

Junta de Andalucía – Consejería de Medio Ambiente (2012). *Guía de apoyo para la notificación de emisiones a las actividades de gestión de residuos*. Recuperado de www.juntadeandalucia.es/...web/.../Guias.../guia_ep_5_v3.pdf

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, y Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (2012). *Subproductos de origen animal no destinados al consumo humano (SANDACH) generados en establecimientos alimentarios*. Recuperado de www.aesan.msssi.gob.es/AESAN/docs/docs/.../guia_sandach.pdf

Nebel, L. (2009). *Carbon Footprint Measurement: Methodology Report*. Recuperado de <http://www.fonterra.com/wps/wcm/connect/944cee00415ae42c834eebd111458f1c/Carbon%2BFootprint%2Bmethodology%2Bfinal.pdf?MOD=AJPERES>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2007). *Livestock's Long Shadow, Environmental Issues and Options*. Roma: FAO.

Ranganathan, J., Corbier, L., Bhatia, P., Schmitz, S., Gage, P. y Oren, K. (eds). (2004). *The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition)*. Washington, DC: World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development.

Thomas, C., Tennant, T. y Rolls, J. (2000). The GHG indicator: UNEP guidelines for calculating greenhouse gas emissions for businesses and non-commercial organisations. United Nations Environment Programme, NPI Global Care Investments, Gen`eve/London, Centre for Environmental Technology.

COWI Consulting Engineers and Planners AS (2000). *Cleaner Production Assessment in Meat Processing*. Recuperado de www.uneptie.org/shared/.../pdf/2482-CPmeat.pdf

Watson, R., Zinyowera, M., Moss, R. y Dokken, D. (1997). *The regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability. Summary for policymakers. Report of IPCC Working group II*. Recuperado de www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/region-en.pdf