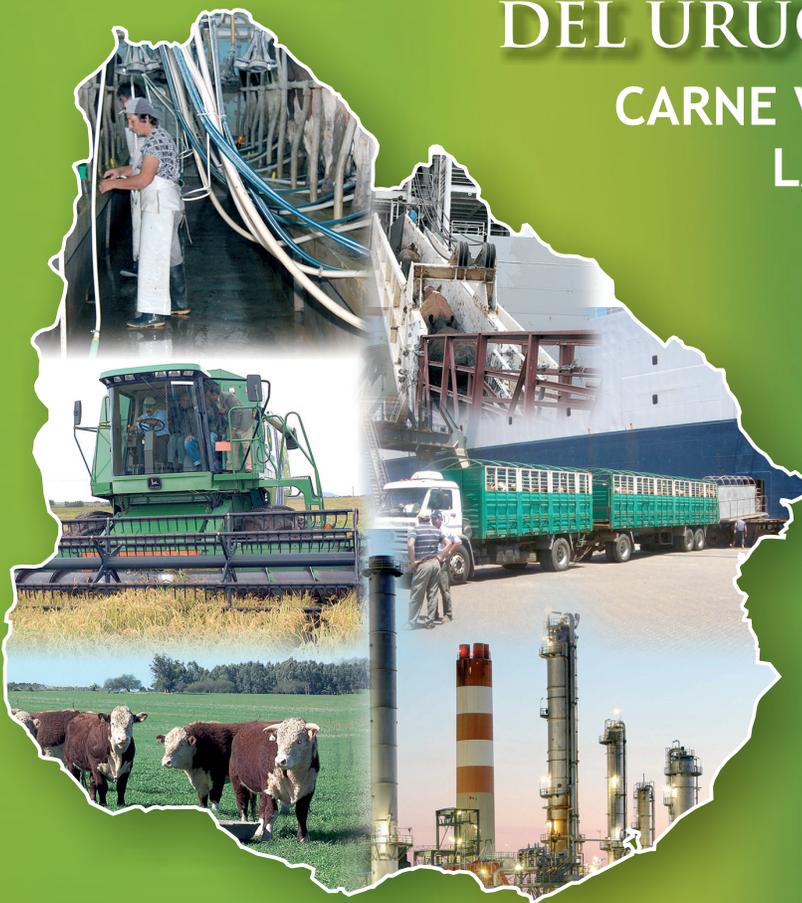


PRIMER ESTUDIO DE LA HUELLA DE CARBONO DE TRES CADENAS AGROEXPORTADORAS DEL URUGUAY:

CARNE VACUNA
LÁCTEOS
ARROZ



**PRIMER ESTUDIO DE LA
HUELLA DE CARBONO DE
TRES CADENAS
AGROEXPORTADORAS DEL
URUGUAY:
CARNE VACUNA
LÁCTEA
ARROCERA**

Informe Final

Mayo, 2013

Coordinadores Interinstitucionales

Coordinador General del estudio: Walter Oyhantcabal (MGAP)

Coordinador Sector Carne Vacuna: Gonzalo Becoña (MGAP)

Coordinador Sector Lácteo: Laura Astigarraga (FAGRO)

Coordinador Sector Arrocerero: Alvaro Roel (INIA)

Coordinador Fase Industrial: Carlos Saizar (LATU)

Equipo de trabajo interinstitucional

MGAP: María Methol

FAGRO: Carolina Lizarralde, Pablo Modernel y Valentin Picasso

INIA: Camila Bonilla, Jorge Sawchik, Alejandro La Manna, Verónica Ciganda

LATU: Guadalupe Martinez

PNUD: Luis Ordeig

Agradecimiento

A instituciones, empresas y técnicos que a través de sus aportes colaboraron a la realización del presente trabajo.

Instituto Plan Agropecuario (IPA) y sus técnicos: Alejandro Saravia, Valentin Taranto y Esteban Montes, Marcelo Pereira y Alfredo Irigoyen

INIA y sus técnicos: José Terra, Guillermina Cantou, Pedro Blanco, Claudia Marchesi, Leonidas Carrasco, Bruno Lanfranco

FAGRO: Pilar Irisarri

PNUD: Federico Ferla

LATU y sus técnicos: Gabriela Suburú, Daniela Escobar, Gonzalo Useta

Dr. Stewart Ledgard (AgResearch, NZ)

Dr. Naoki Yoshikawa (Ritsumeikan University, Japón)

A.U.T.HA. (Asociación Uruguaya de Transportistas de Hacienda)

ISUSA Industria Sulfúrica S.A.

Alvaro Ferrés, AUPCIN (Asociación Uruguaya de Productores de Carne Intensiva Natural)

Dr. -Sergio Gonzalez (INIA, Chile)
DIEA, OPYPA (MGAP)

Andrés Barreira (Sociedad de Productores de Leche de Florida)
Raúl Uruga y Conrado Tangari (SAMAN)
Gonzalo Pinedo (GLENCOR)
Silvana Tarlera (Facultad de Química)
Asociación Cultivadores de Arroz (ACA)
COPAGRAN (Cooperativa Agraria Nacional)

Editor y Compilador

Gonzalo Becoña y Walter Oyhantcabal (MGAP)

Abreviaciones Institucionales

DIEA: Dirección de Estadísticas Agropecuarias

FAGRO: Facultad de Agronomía

INIA: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

IPA: Instituto Plan Agropecuario

MGAP: Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca

OPYPA: Oficina de Planeamiento y Política Agropecuaria

PNUD: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo

UDELAR: Universidad de la República

Índice

1. Introducción	6
2. Gases de Efecto Invernadero y las implicancias en Uruguay	8
2.1. Gases de efecto invernadero	8
2.2. Emisiones en el Uruguay	10
3. Huella de Carbono y Metodologías de Cálculo	12
3.1. Huella de Carbono	12
3.2. Metodologías de cálculo	13
3.2.1. Metodología específica del Sector Lácteo	¡Error! Marcador no definido.
3.3. Contexto Internacional de la Huella de Carbono	¡Error! Marcador no definido.
4. Estudio de Huella de Carbono de tres Cadenas Productivas: Carne Vacuna, Lácteo y Arrocerero. 14	
4.1. Metodología de Cálculo Utilizada	14
4.2. Bases establecidas para el estudio	17
5. Sector Carne Vacuna	18
5.1. Alcance	18
5.2. Calidad de datos	21
5.3. Resultados	24
6. Sector Lácteo	30
6.1. Alcance	30
6.2. Calidad de datos	32
6.3. Resultados	35
7. Sector Arrocerero	38
7.1. Alcance	39
7.2. Calidad de los datos	43
7.3. Resultados	44
8. Lecciones aprendidas del trabajo.....	48
9. Conclusiones.....	51
9.1. Sector Carne Vacuna Fase Primaria	51
9.2. Sector Lácteo Fase Primaria	51
9.3. Sector Arrocerero Fase Primaria	52
9.4. Fase Industrial	52
10. Bibliografía	53

1. Introducción

Este primer estudio sobre Huella de Carbono de tres cadenas agroexportadoras relevantes de Uruguay se ejecutó a instancias del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), entre Octubre de 2010 y Setiembre 2011, denominado “Huella de Carbono de tres de los principales rubros de exportación”. Se realizó en base a un trabajo interinstitucional donde participaron conjuntamente la Unidad Agropecuaria de Cambio Climático (UACC-MGAP), el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República (FAGRO-UDELAR) y el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU). Además contó con el apoyo y participación del PNUD y diversas organizaciones públicas y privadas nacionales, empresas y organizaciones de productores.

En los últimos años, la creciente preocupación internacional por los impactos adversos del cambio climático, ha impulsado a las organizaciones e instituciones a profundizar su conocimiento respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y su mitigación. A esto se suma que la mayoría de las cadenas de producción de alimentos, en los últimos años, están recibiendo señales desde los consumidores en relación con la calidad de los productos y los impactos ambientales relacionados a su producción y distribución.

Uno de los ejes de atención se ha centrado en los impactos ambientales de las actividades agropecuarias, en particular como consecuencia del enriquecimiento de nutrientes de las aguas subterráneas y superficiales y la contribución de los gases de efecto invernadero como el metano y el óxido nitroso al calentamiento global.

En este contexto, la “Huella de Carbono” (HC), se ha transformado en un indicador reconocido internacionalmente para comprender, con un enfoque de análisis de ciclo de vida, la dinámica de los GEI relacionados a los procesos productivos y el consumo de bienes y servicios de los seres humanos. Este indicador podría transformarse en un factor condicionante de las relaciones comerciales entre países. Especialistas en industrias alimenticias pronostican que la huella de carbono puede ser un factor más de decisión de compra por parte de los consumidores, como forma de contribuir a reducir las emisiones de GEI.

Hasta la fecha de esta publicación no es obligatorio presentar la información sobre la huella de carbono de los alimentos para acceder a los mercados del primer mundo. Algunos importantes supermercados como Tesco han hecho experiencias de etiquetado de algunos de sus productos con la información de la huella de carbono, en tanto que cadenas como Walmart requieren a sus proveedores que tengan inventarios corporativos de emisiones y políticas para su gestión. Empresas multinacionales como Unilever o empresas de comidas rápidas han comenzado a establecer sus propios modelos y metodologías de cálculo con el objetivo de comparar emisiones de diversos proveedores de materias primas.

La huella de carbono puede definirse como las “emisiones totales de gases de efecto invernadero (expresada como CO₂-equivalente¹), de un producto a través de todo su ciclo de vida (desde producción de materias primas hasta disposición del producto terminado; excluyendo las emisiones por uso del producto)”². El aspecto metodológico resulta de vital importancia, ya que no existe una normativa única de validez internacional y hay diferencias en la utilización de factores de emisión³. En función de esto adquiere gran relevancia considerar que dos valores de huella de carbono de un mismo producto difícilmente puedan ser comparables. No obstante, existe consenso a nivel internacional acerca de que el conocer la HC permite identificar rutas para controlar, reducir o mitigar las emisiones y su impacto.

Los inconvenientes se presentarán cuando estas iniciativas deriven en acciones mandatorias y legales que establezcan la obligatoriedad respecto a la provisión de información sobre de HC a la ciudadanía. En la actualidad existe el proceso en Francia, denominado “Grenelle de l’environnement”, donde se busca a través de una legislación disponer de información transparente, objetiva y completa, de la HC de productos, excluyendo el consumo y el impacto medioambiental del embalaje.

En otros casos los inconvenientes pueden pasar por la obligatoriedad, por parte de distribuidores de exigir la información de la HC de productos alimenticios como parte de la transacción con el objetivo de que el consumidor realice su propia elección. Una reciente prueba de esto, es la exigencia de una cadena multinacional de supermercados (TESCO) a su proveedor de vino envasado proveniente de Chile, respecto a la estimación HC en su etiquetado o el caso de la exportación de cortes de cordero desde Nueva Zelanda al Reino Unido.

También, en el contexto del cambio climático, se cuestiona diariamente la sustentabilidad ambiental de los sistemas de producción o procesos industriales. Mientras no se establezca un consenso internacional en la cuantificación, estos procesos son vistos como una oportunidad para posicionamiento internacional. Incluso para demostrar una concientización respecto a que los procesos productivos influyen en las emisiones de GEI. Tal es el caso de empresas multinacionales que se encuentra elaborando desde inventarios corporativos (caso Marfrig), metodologías de cálculo (caso Unilever), para cuantificar sus propias huellas de carbono y de los diferentes proveedores de materias primas; hasta plataformas de multinacionales del rubro

¹ Sumatoria de los distintos gases de efecto invernadero, luego de que sus cantidades han sido transformadas en CO₂-e mediante el uso de los respectivos potenciales de calentamiento global (PCGs)

² Carbon Trust, 2007. www.carbontrust.co.uk

³ Como definición un factor de emisión es un valor representativo que busca relacionar la cantidad de un contaminante (GEI) liberado a la atmósfera, con la actividad asociada a la generación de este contaminante. Estos factores se expresan generalmente como el peso del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia, o duración de la actividad emisora.

alimenticio (caso McDonald's, entre otras) acordando metodologías de medición (caso SAI platform).

Conocer en qué rango se ubican la HC de algunos de nuestros principales productos de exportación brinda información valiosa sobre rutas de control, cómo reducir o mitigar las emisiones y el impacto ambiental de los diferentes procesos de la cadena.

En definitiva, este tema hoy está presente en la agenda internacional y puede establecerse a mediano plazo como una nueva exigencia de los mercados de países desarrollados. La Comisión Europea está analizando actualmente opciones de política comunitaria que incorporen luego de 2015 información a los consumidores sobre emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales (agua, biodiversidad).

El presente estudio procuró, como premisa fundamental, generar información propia al respecto en los principales productos de exportación, que permita, por un lado, identificar las variables que se asocian a las emisiones de GEI, conocer la contribución de la fase primaria de las cadenas a las emisiones totales y, por otro lado, identificar medidas de mitigación de la huella de carbono. Esto puede permitir en el futuro, en algunos casos, transformar una posible amenaza, en oportunidad y enfocar estrategias de mitigación en las áreas donde se obtenga mayor relación costo-beneficio.

2. Emisiones de gases de efecto invernadero en Uruguay

2.1. Gases de efecto invernadero

La atmósfera se compone principalmente de nitrógeno y oxígeno (gases denominados mayoritarios), los cuales no tienen un rol relevante en el balance de la radiación solar. Sin embargo, los llamados gases minoritarios de la atmósfera pueden absorber la radiación y producir el efecto invernadero (calentamiento de la atmósfera). Dichos gases, en orden de mayor a menor concentración son: el vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y otros menos abundantes (hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, etc.). El vapor de agua, si bien se encuentra en mayor proporción y se le atribuye un 70% del efecto invernadero, se produce de forma natural y es el único donde el hombre no tiene incidencia. Sin embargo sobre los restantes, las actividades humanas afectan directamente la concentración de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), los cuales generan respectivamente el 50%, 18% y 6% del calentamiento global de origen antropogénico.

Debido a que los GEI presentan diferente capacidad para capturar las radiaciones térmicas en la atmósfera, se ha desarrollado el concepto de Potencial de Calentamiento Global (PCG) para calcular la contribución de un determinado gas al calentamiento global. El PCG es un índice que

aproxima el efecto de calentamiento en el tiempo de una masa unitaria de un determinado gas de efecto invernadero en la atmósfera actual, en relación con la del CO₂⁴.

A la enorme capacidad de absorción de la radiación infrarroja del CH₄ y N₂O se suma su persistencia en la atmósfera, que puede llegar a extremos de diez años en el caso del metano, y hasta 120 años para el óxido nitroso. Entre otras causas, este comportamiento determina que el PCG de estos gases sea de 25 y 298 veces la del dióxido de carbono, respectivamente⁵.

Metano

La fermentación ruminal y el estiércol contribuyen al 30% del potencial de calentamiento global de todas las emisiones de la agricultura y al 5% del calentamiento potencial global de todas las fuentes antropogénicas⁶.

En el sector agropecuario Uruguayo las fuentes principales de CH₄ son las emisiones entéricas de los rumiantes, el estiércol de los animales (especialmente en sistemas confinados) y la producción de arroz, alcanzando casi el 92.6 % del total de dichas emisiones.

Los rumiantes, debido a las características de su sistema digestivo, tienen la capacidad de aprovechar y convertir el material fibroso en alimentos de alto valor nutritivo, como la carne y la leche. Los rumiantes emiten CH₄ por la boca. Este CH₄ se genera por acción de microorganismos del rumen durante en la fase final el proceso de digestión, y es la forma natural de librarse del exceso de hidrógeno que acidificaría el rumen. El nivel de producción de CH₄ está directamente relacionado con la calidad de la dieta del animal, y el consumo de forrajes fibrosos de baja digestibilidad conlleva a altas tasas de producción de CH₄ de los animales, en comparación con forrajes de mayor calidad o dietas altas en granos.

En el caso del arroz, el anegamiento provoca intercambio de gases entre el aire y las zonas sumergidas (a través del aerénquima⁷) favoreciendo así la producción de metano por degradación de la materia orgánica, estando relacionadas las emisiones con la biomasa radicular. Por tanto las variedades de arroz y las medidas de manejo son las que influyen en las emisiones de CH₄.

Oxido Nitroso

⁴ Informe Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático 2001 (*IPCC*, su sigla en inglés). Al detectar el problema del cambio climático mundial, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en 1988.

⁵ Informe IPCC 2006.

⁶ Reid et al, 2004.

⁷ Tejido especializado que permite tanto la entrada como el escape de gases, y el cual sería la principal vía de emisión de metano (Le Mer y Roger, 2001).

Como fuera expresado anteriormente el N₂O contribuye en un 6% al efecto de calentamiento global, y se estima que un 65% del total de emisiones mundiales de este gas provienen del sector agropecuario⁸.

En Uruguay constituye el tercer GEI expresado por unidad másica, pero debido a su PCG representa el segundo en emisiones y se generan casi en su totalidad (99%) en el sector “Agricultura”⁹. A su vez 90% proveniente de excreciones de animales en pastoreo.

Las emisiones de N₂O de origen agropecuario son el resultado de los procesos biológicos de desnitrificación y nitrificación en suelo, a partir directamente de las deyecciones de heces y orina de los animales, las aguas residuales de explotaciones ganaderas y los fertilizantes nitrogenados aplicados a las pasturas y cultivos¹⁰. A esto se suman las emisiones indirectas principalmente por volatilización de NH₃ y por lixiviación desde el suelo.

2.2. Emisiones en el Uruguay

Desde la ratificación por parte de Uruguay, en julio 1994 de la Convención Marco de las Naciones Unidas en Cambio Climático (CMNUCC) y del Protocolo de Kioto en noviembre 2000, la Unidad de Cambio Climático de la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA-MVOTMA), ha tenido entre sus cometidos facilitar la aplicación de la Convención en el país y realizar el Inventario Nacional de Emisiones Netas de Gases de Efecto Invernadero¹¹ (INGEI). Actualmente se encuentran bajo la responsabilidad de la UACC (MGAP) la elaboración de los inventarios correspondientes a los sectores “Agricultura” y Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Forestación. Para elaborar dichos inventarios se utilizaron las Directrices del IPCC (versión revisada en 1996) y en casos en que se consideró conveniente, los factores de emisión de las directrices del IPCC 2006.

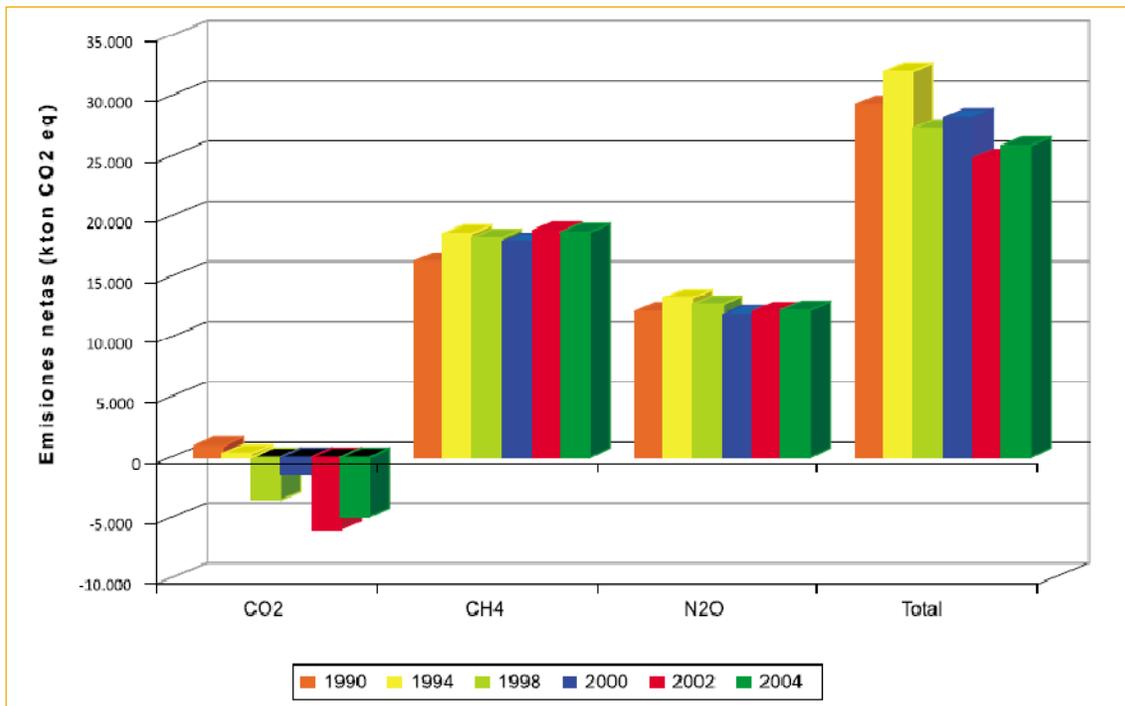
⁸ Livestock’s Long Shadow. Environmental issues and options. FAO. Steinfeld, et al. 2006.

⁹ Denominación proveniente del INGEI (MVOTMA, 2010).

¹⁰ O’Hara et al, 2003.

¹¹ http://www.dinama.gub.uy/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=380&Itemid=153

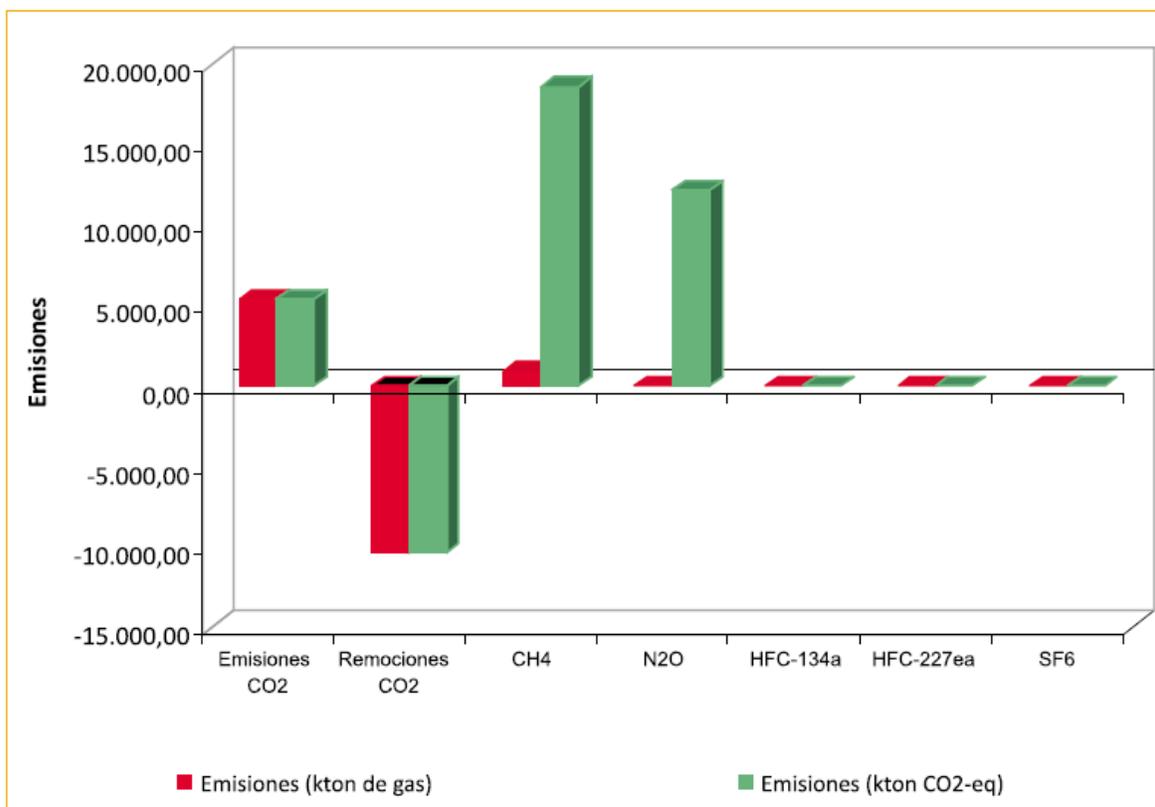
Cuadro 1 _ Evolución de emisiones netas de GEI para el período 1990-2004, expresadas en CO₂-e.



En el último informe publicado en 2010, donde se cuantifican las emisiones correspondientes al año 2004, las emisiones netas de GEI para Uruguay fueron de 25.932 kton CO₂-e¹² (teniendo en cuenta remociones de CO₂ por cambio de uso del suelo y silvicultura). Si bien la contribución de nuestro país representa tan solo 0,03% de las emisiones mundiales de los GEI antropogénicas, a diferencia del promedio mundial, el 80% de las mismas provienen de la agricultura, y en particular de la ganadería, donde el aporte del CH₄ y el N₂O representan el 56 y 30% respectivamente de las emisiones globales.

¹² FMAM-PNUD. Resumen Ejecutivo. Evolución de emisiones netas de GEI para el período 1990-2004.

Cuadro 2 _ Emisiones netas de GEI directos en 2004, expresados en kton de gas y kton de CO₂-e-



3. Huella de Carbono y Metodologías de Cálculo

3.1. Huella de Carbono

La HC surge como un concepto derivado de “food-miles”¹³, creado por movimientos ambientalistas británicos por el cual se promovía que los consumidores optaran por comprar alimentos locales para reducir las emisiones producidas por el transporte de larga distancia.

La HC se define como la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera por las actividades de producción y consumo de bienes y servicios por los seres humanos, variando su alcance desde una mirada simplista donde sólo se cuantifican las emisiones de CO₂ a otra más

¹³ Hace referencia a la distancia a la que los alimentos son transportados, desde su producción hasta que llega a las manos del consumidor. Es una dimensión utilizada en el estudio del impacto medioambiental de los alimentos.

completa, asociada al análisis de ciclo de vida (ACV)¹⁴ donde se incluyen todos los GEI, incluyendo los asociados a la elaboración de materias primas. En el caso de la HC de productos derivados de la agricultura, difieren de otros sectores como energía y transporte, ya que los GEI que principalmente se emiten no son CO₂, sino CH₄ y N₂O.

3.2. Metodologías de cálculo

Los modelos de cálculo existentes en la actualidad pueden ir de la cuna del producto hasta la tumba, o limitarse en la llegada del producto a puerto extranjero (“business to business”).

En la actualidad se han creado guías generales como la norma ISO 14.040 sobre gestión ambiental-ACV o la norma ISO 14.067 (en proceso de aprobación) referente específicamente a huella de carbono.

Por otra parte, para guiar los cálculos existen diversos protocolos específicos como Bilan Carbone, GHG Protocol o PAS 2050:2011. En la actualidad ésta última, preparada por BSI (British Standards Institution) conjuntamente con las organizaciones inglesas Carbon Trust-Defra, es la norma más utilizada.

Este tipo de guías establecen un protocolo con orientaciones sobre los aspectos que se deben ser tenidos en cuenta para la cuantificación de las emisiones, como por ejemplo, alcance del estudio, límites a establecer, etc.

Sin embargo, para el proceso de cálculo propiamente dicho, es necesario utilizar metodologías como las incluidas en las directrices nacionales para inventarios en GEI elaborado por el Panel Intergubernamental en Cambio Climático.

Estas directrices permiten diferentes “niveles de cálculo: 1, 2 y 3” en función de la disponibilidad de datos aportados y la disponibilidad de factores de emisión nacionales. Disponer de información desagregada sobre los datos de actividad (por ejemplo cantidad de animales por categoría, dieta de los animales, fertilizante aplicado, etc.) y de factores de emisión nacionales, reduce las incertidumbres en la estimaciones.

¹⁴ Análisis de ciclo de vida (ACV) (*LCA* su sigla en inglés), es una herramienta que investiga y evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia (extracción, producción, distribución, uso y desecho), siendo HC el componente del ACV que contempla el impacto por calentamiento global de la atmósfera, consecuencia de las emisiones de GEI.

En el caso del Sector Lácteo para hacer frente al problema de la falta de credibilidad y consistencia en el cálculo de la huella de carbono de la leche o productos derivados, la Federación Internacional de la Lechería (IDF) desarrolló una guía específica para productos lácteos¹⁵.

Para desarrollar la metodología de la guía se trabajó en colaboración con organizaciones ya involucradas en mejorar la estandarización de la metodología ACV. Dichas organizaciones fueron las siguientes: IPCC, Carbon Trust, WBCSD/ WRI, Intl dairy bodies, FAO, y se tomaron como base las guías PAS 2050 e ISO 14040, ISO 14044. En la guía específica, para alcanzar consistencia en el ACV de la lechería, es necesario trabajar como mínimo en un nivel de cálculo 2, o sea con factores de emisión específicos de cada país.

La incorporación de este enfoque de guía específica, permite la comparación entre diferentes sistemas de producción, regiones y productos como resultado de la aplicación del enfoque estandarizado¹⁶.

4. Estudio de Huella de Carbono de 3 Cadenas Productivas: Carne Vacuna, Lácteo y Arrocero

4.1. Metodología de Cálculo Utilizada

A partir de las consideraciones realizadas en el punto anterior el grupo de trabajo consideró que para el estudio en cuestión, se utilizaría la norma PAS 2050:2008¹⁷ que era la última versión disponible en ese momento, salvo para el sector Lácteo, en el cual se utilizó la guía específica IDF, también basada en la norma PAS.

La selección de la norma PAS y de otra basada en la PAS se explica porque es:

- Única metodología orientada a determinar huella de carbono de bienes y servicios, teniendo en cuenta que otras están referidas a huellas de carbono corporativas
- Permite establecer la huella de carbono desde dos enfoques distintos “de la cuna a la tumba” y “de la cuna al próximo negocio”
- Para el cálculo de emisiones se siguen las directrices del IPCC, especificando que el nivel a utilizar responde al nivel de información disponible en el país (nivel 2 o 3)

¹⁵ Denominada “A common carbon footprint for dairy”, publicada en el Bulletin of the International Dairy Federation 445/2010.

¹⁶ IDF, 2010.

¹⁷ Denominada “Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of good and services”.

- Base metodológica utilizada por otros países para desarrollar estudios comparativos (como por ejemplo Nueva Zelanda y Reino Unido para similares productos producidos en diferentes condiciones)

Esta norma a su vez, especifica claramente las fuentes de emisión que deben ser consideradas, como por ejemplo:

- Cambio en el uso del suelo si se registró posteriormente al 01/01/1990.
- Emisiones directas de la fermentación ruminal y los residuos biológicos animales.
- Transporte relacionado a la fase primaria (incluyendo transporte sin carga), así como marítimo hasta puerto de destino. En este estudio en particular, se consideró para cada cadena el transporte de los productos finales hasta puerto de destino, tomando el promedio ponderado de distancias a los puertos de destino en función de los volúmenes de exportación a cada uno de ellos.
- Emisiones Indirectas relacionadas a la fabricación (incluyendo extracción), transporte (desde los sitios de generación) y distribución de materias primas (fertilizantes, agroquímicos, etc.).
- Emisiones producto de recursos energéticos desagregados en combustible fósil y electricidad (esta última generada por fuente fósil).

Por otra parte, la norma PAS detalla cuáles fuentes de emisión deberían ser excluidas del estudio:

- Manufactura y transporte de bienes de capital
- Animales que prestan servicio de transporte
- Traslado de personal entre el hogar y el sitio de trabajo

En definitiva, estas especificaciones resultan de importancia, especialmente en el momento de determinar aspectos fundamentales en la construcción del mapa o el alcance que tendrá el estudio (Figura 1). Al comenzar el trabajo se deben definir:

- Unidad Funcional a utilizar.
- Metodología de cálculo a emplear.
- Gases contabilizados.
- Potencial de Calentamiento Global.
- Límites del sistema sobre el que se desarrollará el estudio.
- Fuentes de datos.
- Cuantificación de incertidumbre

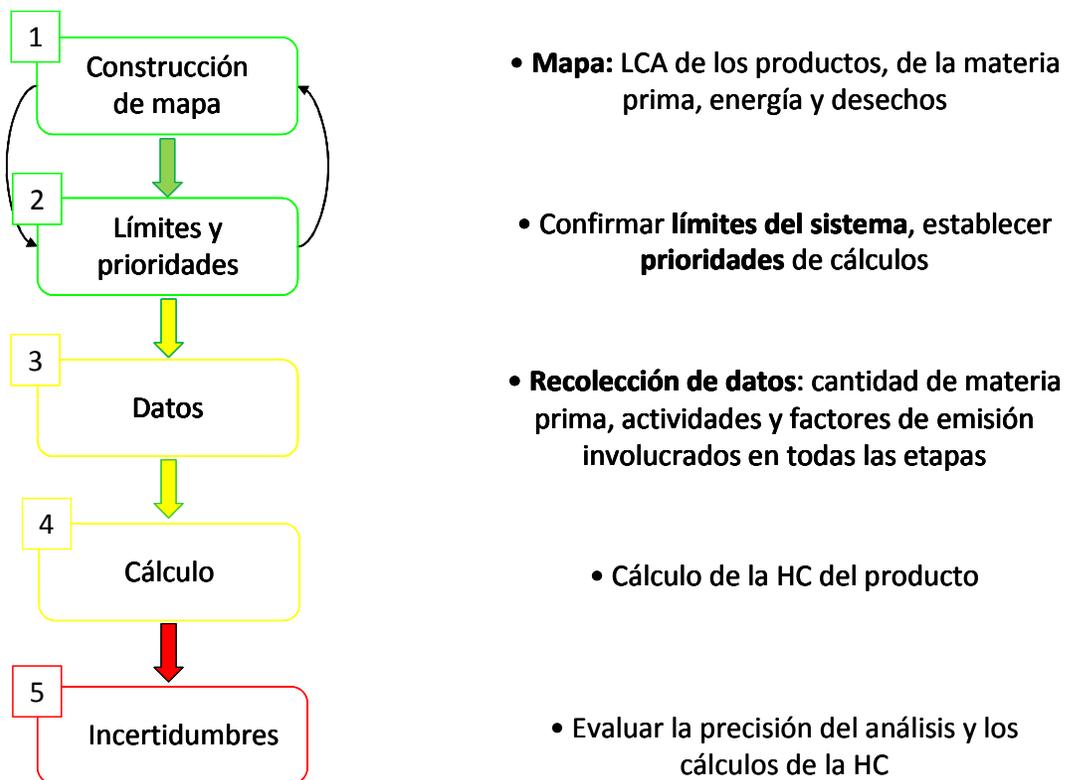
En las tres cadenas se emplearon unidades funcionales distintas para las fases primarias y las industriales con transporte a puerto de destino. Esto se debe a que es de interés comparar distintos sistemas de producción primaria en cada cadena, y la unidad funcional más conveniente para el cálculo de la fase primaria en general no coincide con la definida para el producto final posterior a la fase industrial. En el cálculo de la HC global expresada en la unidad funcional del

producto final, para acoplar las HC de la fase primaria con la fase industrial es necesario entonces multiplicar aquélla por un factor que considera la relación másica entre la unidad funcional de la fase primaria y la cantidad de ésta necesaria para producir la unidad funcional de la fase industrial.

A continuación se detallan los pasos a seguir que establece la norma y las actividades requeridas en cada paso.

Figura 1_ Pasos a seguir según la metodología PAS 2050:2008 para el cálculo de la HC

• PAS 2050:2008: 5 pasos para calcular la HC



4.2. Bases establecidas para el estudio

Debido a la complejidad del estudio y las notorias diferencias entre las diferentes cadenas referidas a indicadores productivos, insumos utilizados y especificidades metodológicas, los estudios fueron realizados por separado partiendo de definiciones generales comunes.

Los gases a contabilizar fueron dióxido de carbono, metano y óxido nitroso y en cuanto al PCG se asignaron los coeficientes correspondientes para un lapso de 100 años proporcionado por IPCC (IPCC, 2007).

Cuadro 3 _ Potencial de calentamiento global (PCG) para el lapso de 100 años.

Nombre común	Fórmula Química	PCG para 100 años
Dióxido de Carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	25
Óxido nitroso	N ₂ O	298

Como criterio de medición se utilizó la base másica de los diferentes gases emitidos durante los procesos, convertidos a CO₂-e.

$$\text{Emisión total de gases} = \sum \text{PCG} \times m$$

PCG: Potencial Calentamiento Global

m: kg emitido por cada gas durante el proceso productivo

5. Sector Carne Vacuna

5.1. Alcance

1) Unidad funcional

Se define como unidad funcional para las mediciones de la fase primaria un kilogramo de carne carcasa, en tanto que para la fase industrial y la HC global se considera un kilogramo de carne cruda envasada y puesta en puerto de destino (según criterio general establecido en 4.1).

2) Metodología de cálculo de emisiones

La metodología de cálculo de gases de efecto invernadero (GEI) se realizó en base a la última guía de trabajo del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 2006), Nivel 2 (Tier 2). Se siguieron las especificaciones para evaluación de ACV de emisiones de GEI de la norma PAS 2050 (2008).

3) Límites del sistema fase primaria

Los límites establecidos tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Animal: Se contabilizaron todas las emisiones derivadas directamente de procesos biológicos, así como indirectas producto de la excreta animal.
- Sub-Sistemas productivos:
 - Cría vacuna hasta el destete de terneros de 150 kg.
 - Recría de novillos desde 150 kg. – 350 kg.
 - Invernada de novillos desde 350 kg. – 486 kg.
 - Invernada de vacas desde 345 kg. – 414 kg.
- Energía y combustible: Incluye transporte de petróleo, refinación, combustión, y transporte de distribución del combustible.
- Insumos: Se contabilizaron todos los insumos utilizados en la producción de los diferentes suplementos (fertilizantes, agroquímicos en general, producción de semillas), con sus respectivas emisiones por manufactura. No así los utilizados en sanidad animal.
- Cambio en el uso de la tierra: No se contabilizan emisiones por cambio del uso de la tierra para el caso de cultivos agrícolas o deforestación, así como fijaciones de carbono por parte del suelo o por forestación.
- Transporte de ganado de reposición: Calculado entre sistemas de cría-recría y recría-terminación.

- Transporte de ganado terminado: Calculado entre sistemas de terminación hasta la planta frigorífica.
- Transporte del producto terminado: desde la planta frigorífica hasta el puerto y posterior viaje al mercado de destino.
- Transporte de insumos: Se consideró distancias desde FOB hasta el establecimiento.

4) Límites del sistema fase industrial y transporte a destino

De acuerdo a las norma PAS 2050, se considera un sistema “Business to Business”.

Figura 2 _ Límites del sistema



- Energía y combustibles: Incluye transporte de petróleo, refinación y combustión, el transporte de distribución no se tomó en cuenta, en base a un análisis de sensibilidad (incidencia <2%).
- Insumos: Se subdividieron en tres categorías, consumo de agua, envases y productos químicos.
- Residuos y efluentes: No se consideraron aquellos residuos y efluentes vendidos a terceros. En estos casos, únicamente fue considerado el traslado de los mismos.
- Transporte de Productos: Calculado hasta puerto extranjero.
- Transporte de Subproductos: Calculado hasta puerto extranjero o tomado hasta FOB en caso de venta interna.
- Transporte de Residuos: Hasta vertedero municipal o empresa tercerizada encargada de su tratamiento y/o venta.

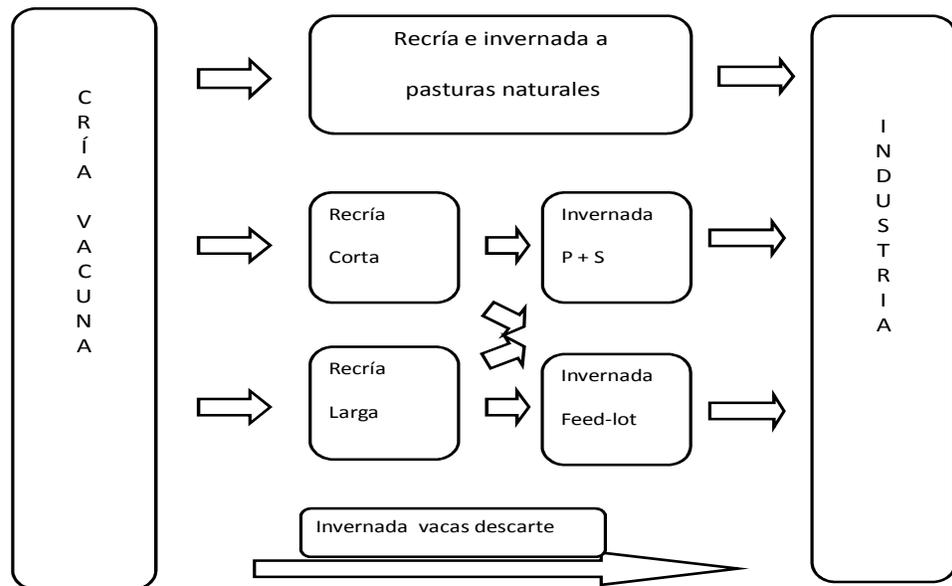
- Transporte de Insumos: Se consideró distancia desde FOB. No se incluye el traslado del ganado a planta.

5) Sistemas evaluados

Los sistemas de producción ganaderos establecidos para el estudio fueron los siguientes:

- Cría vacuna - Recría larga novillo - Invernada CN
- Cría vacuna - Recría larga novillo - Invernada P+S
- Cría vacuna - Recría corta novillo - Invernada P+S
- Cría vacuna - Recría larga novillo - Invernada FL
- Cría vacuna - Recría corta novillo - Invernada FL
- Vaca refugio - Invernada vaca

Figura 3 _ Sistemas evaluados



Cuadro 4 _ Tiempo, Ganancia de peso y dieta asignada por sub-sistema para las mediciones

	Tiempo (meses)	Asignación dieta	GDP promedio (kg PV/día)
Cría	12	95 % CN, 5 % CNm	-----
Recría corta	17	47 % CN, 53 % CNm	0.386
Recría Larga	24	100 % CN	0.274
Invernada CN	16	100 % CN	0.274
Invernada P+S	6	88.6 % P, 12.4 % S	0.743
Invernada Feedlot	4	57 % S, 9 % SP, 17 % HG, 2 % HS, 14 % F, 1 % U	1.115
Invernada Vacas	4	100 % CNm	0.570

CN_ campo natural, CNm_ campo natural mejorado, P_ pasturas artificiales y verdes de invierno, S_ suplemento (concentrados energéticos), SP_ silo planta entera, HS_ harina soja, HG_ harina girasol, F_ fibra, U_ urea

5.2. Calidad de datos

1) Período de tiempo

Los años considerados para el estudio, así como la fuente se detallan en el Cuadro 5. Para la fase industrial se consideró el período 2006-2010.

Cuadro 5_ Serie de años evaluados para los diferentes indicadores utilizados.

Indicador	Dato	Serie de años	Fuente
Porcentaje procreo (%)	66	1998 -2007	MGAP-DIEA
Entore de vaquillona (edad)	½ 2 años y ½ 3 años	2007-2010	En base a Dicose
Peso destete terneros (kg)	150	2008-2010	Remate por pantalla
Peso vacas descarte (kg)	345	2008-2010	Remate por pantalla
Peso faena novillos (kg)	486	2000-2007	INAC
Peso faena vacas (kg)	414	2000-2007	INAC
Faena novillos – vacas (%)	58-42	2008-2010	INAC
Rendimientos cultivos		2002/03 2009/10	MGAP-DIEA
Importación de petróleo		2006-2009	MIEM

2) Información de los sistemas evaluados en la fase primaria e industrial

Los sistemas de producción primaria y ganancias de peso considerados en la evaluación surgieron por común acuerdo en el grupo interinstitucional.

A continuación se enumeran las fuentes consultadas para su construcción:

- Indicadores productivos: Peso y porcentaje faena (INAC, 2010), Porcentaje procreo nacional (MGAP-DIEA, 2010), Edad de primer entore vaquillonas (en base a Dicose, 2010), Peso terneros al destete y vacas para invernada (Plaza Rural, 2010).
- Calidad y producción de forrajes y suplementos: Calidad pasturas y suplementos (INIA, 2007), producción pasturas (Díaz, 1995; Garcia, 1995; Leborgne, 1978; Millot y Zanoniani, s/publ), rendimientos cultivos agrícolas (MGAP –DIEA, 2010).
- Insumos utilizados: Importación fertilizantes por destino (MGAP-DGRNR-División suelos y aguas, 2010), Importación herbicidas por destino (MGAP – DGSA, 2010), Importación petróleo por destino.
- Actividades agrícolas: Consumo combustible de las distintas labores (CUSA, 2010; Sociedad de productores de leche de Florida (2010), cronograma de actividades (en base a opinión de expertos).

- Dietas consideradas en el sistema a corral se realizaron en base a información proporcionada por AUPCIN (2010) y opinión de expertos.
- Transporte: Hacienda (AUTHA), fertilizante (ISUSA).

La información de la fase industrial es representativa de aproximadamente el 40% de la producción nacional de carne.

3) Factores de emisión (FE) de los GEI de origen animal

Como se mencionó, en el caso de la producción animal los factores de emisión utilizados están de acuerdo a valores por defecto según IPCC (2006), los cuales se especifican en el *Anexo 1*.

Emisión metano

- **Ruminal**

Las emisiones de metano a partir de fermentación entérica se calcularon a partir de la energía bruta (EB) consumida, multiplicada por la proporción de esta energía que es perdida como metano según la guía del IPCC (2006). *Anexo 1*

- **Excreta**

La producción de heces, se calculó en base a los requerimientos de EB y digestibilidad del alimento. Considerando como factor de conversión los correspondientes a animales en pastoreo para la región climática templada (15°C) según el IPCC, con la salvedad de considerar en los sistemas confinados (feed-lot) los correspondientes a estiércol líquido (liquid slurry). *Anexo 1*

Emisión óxido nitroso

- **Directas**

Las emisiones directas de óxido nitroso de los suelos debido a las aplicaciones de nitrógeno (N) (fertilizante sintético y estiércol) se estimaron usando los FE por defecto del IPCC (2006) (*Anexo 1*). Para el caso del estiércol fue considerando la cantidad de nitrógeno consumido y excretado a partir de los requerimientos de EB y el porcentaje de proteína de la dieta.

- **Indirectas**

La pérdidas de nitrógeno y por consiguiente emisiones de óxido nitroso, también se producen por volatilización del amoníaco (NH₃) y el lavado de nitratos (NO₃) resultante del estiércol y el fertilizante depositado en el campo. Al igual que en el caso de las emisiones directas se calcularon en función del N excretado y el aplicado como fertilizante, usando los FE por defecto del IPCC (2006).

4) Factores de emisión de GEI utilizados para los insumos Fase primaria (FP) y Fase industrial (FI)

En el caso de los insumos se detallan a continuación:

- Energía y combustibles FP y FI: Factor de emisión nacional.
- Insumos FP: Manufactura fertilizante (Ledgard, 2010), manufactura herbicidas e insecticidas (Green, 1987).

Insumos FI: Agua (Dublin City Council, no incluye distribución), envases (Marko P. Hekker *et al.*¹⁸) y productos químicos (Franklin USA; LCA Food; ETH-ESU 96, epd-norge).

- Residuos y efluentes FP: IPCC 2006.

Residuos y efluentes FI: IPCC 2007 EPA 2008.

- Transporte FP: Factor de emisión de combustibles nacional, factor de emisión marítimo (com. pers. Ledgard, 2010, en base a Ecoinvent).

Transporte FI: Factor de emisión de combustibles nacional, factor de emisión marítimo (Guidelines for measuring and managing CO₂ emissions from freight transport operations).

5.3. Resultados

1) Resultado por sub-sistema de producción primaria

A partir del análisis de los resultados, se constató de acuerdo con la bibliografía internacional, que el sistema criador registra mayores emisiones de GEI que cualquier sistema de recría o internada. Es importante mencionar que si bien estos últimos se miden en función de los kilos obtenidos, en el caso de la cría se expresan en función de los kilogramos de ternero destetado. Esto implica que en estos sistemas se deben incluir emisiones de animales que puntualmente no están produciendo como es el caso de reemplazos o toros, y que contribuyen en las emisiones del sistema.

Tomando el sistema criador como un 100 % se detalla a continuación el peso relativo de los diferentes sub-sistemas en la huella de carbono dentro de la fase primaria, incluidas las emisiones relacionadas a la producción de alimentos y suministros.

¹⁸ Product use: the case of primary packaging . Marko P. Hekkert, Louis A. J. Joosten, Ernst Worrell, Wim C. Turkenburg.

Cuadro 6 _ Peso relativo de los diferentes sub-sistemas en la HC, tomando la Cría vacuna como base 100.

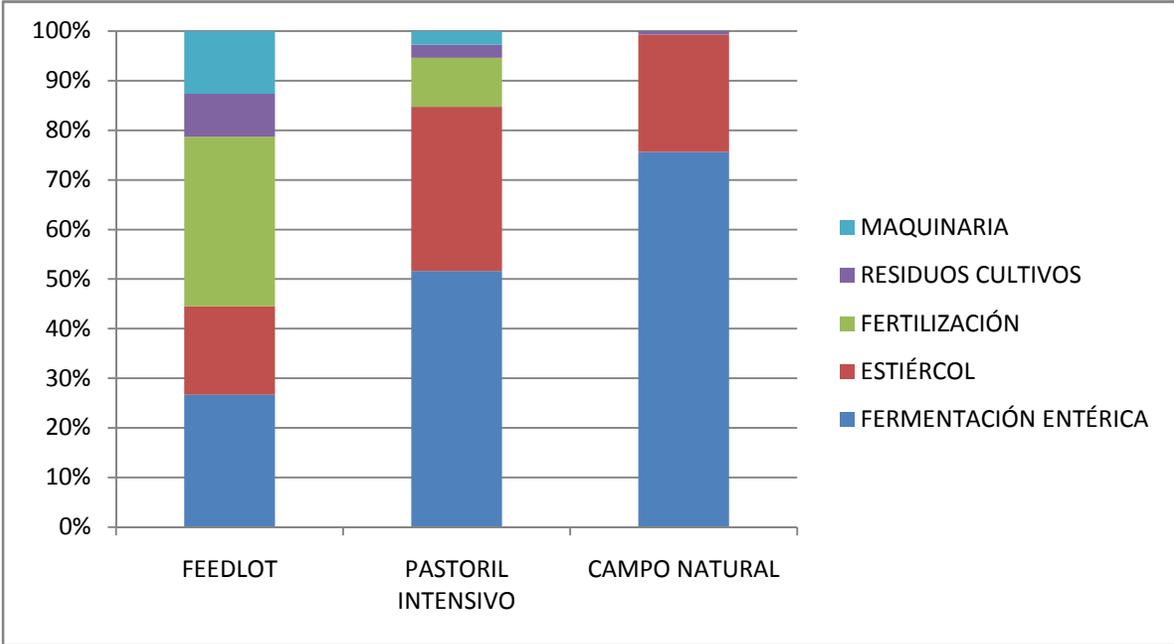
Sistema	Sub - Sistema	Emisiones Sistema Criador Base 100 (%)
Cría (para prod. 1 ternero)		100
Recriador (150 – 350 kg)	Recría Corta 17 meses	38.9
	Recría Larga 24 meses	57.1
Invernada (350- 486 kg)	Novillos Campo Natural (CN)	72.2
	Novillos Past. + Supl. (P+S)	29.4
	Novillos Feedlot (FL)	21.3
Invernada (366- 415 kg)	Vacas	45.4

Nota: Para el peso carcasa del ternero y recría se estimó en base al rendimiento final de novillos

El estudio dejó en claro que en el sistema global nacional, aproximadamente el 55 % de la HC proviene de la etapa criadora. Por otra parte las recría más cortas, así como los procesos de invernada más intensivos donde se registran GDP promedio mayores, verifican menores estimaciones de HC. Si bien los procesos de invernada de P+S, así como el FL, incrementan las emisiones producto de la producción de alimentos y suministro, la mejora en la eficiencia productiva contrarresta a éstas.

El dato que surge de la comparación de las distintas terminaciones de novillos es el cambio de las fuentes de emisiones, por lo que se registran cambios en la composición de las mismas.

Gráfico 1_ Comparación de las fuentes de emisión de los distintos sistemas de invernada de novillos.



2) Resultado por sistema de producción primaria

En este punto se analiza el impacto de incorporar a partir del destete del ternero, los procesos de recría e invernada. Teniendo en cuenta que la HC mide emisiones por unidad de producto, se observó que el sistema en base a recría e invernada a campo natural, donde las GDP promedio son menores, presentan una mayor HC. Continuando con la línea de razonamiento del punto anterior, se presentan los resultados obtenidos por sistema asignando base 100 a la mayor estimación de HC.

En los resultados además de las emisiones, mencionadas en el ítem anterior se incluyen las correspondientes a transporte de hacienda entre establecimientos por concepto de combustión.

Cuadro 7 _ Resultados impacto HC por sistema tomando el sistema a campo natural como base 100 y la participación de cada sistema en la HC nacional

Sistemas	Emisiones Sistema A CN Base 100 (%)	% Faena Nacional Ponderado Base 100	Participación en la HC Nacional
Cría, Recría e Invernada CN de Novillos	100	0.17	23.2
Cría CN - Recría Larga y Inv P+S de Novillos	86	0.09	9.9
Cría CN - Recría Corta y Inv P+S de Novillos	76	0.20	20.5
Cría CN - Recría Larga y Inv FL de Novillos	83	0.03	3.2
Cría CN - Recría Corta y Inv FL de Novillos	73	0.09	8.4
Invernada Vacas	61	0.42	34.7
Total		100	100

3) HC de la fase primaria

Al estimar HC de la fase primaria se consideró el aporte de las distintas etapas (según se detalla en los límites del sistema) considerando emisiones relacionadas a la manufactura y transporte de insumos desde el origen hasta la puerta del establecimiento, las propias dentro de los sistemas y el transporte de la hacienda hasta la misma industria. Si bien se registran un aporte proveniente a las actividades previas a la llegada de los insumos al establecimiento, éste no es significativo comparado con las emisiones dentro del propio sistema.

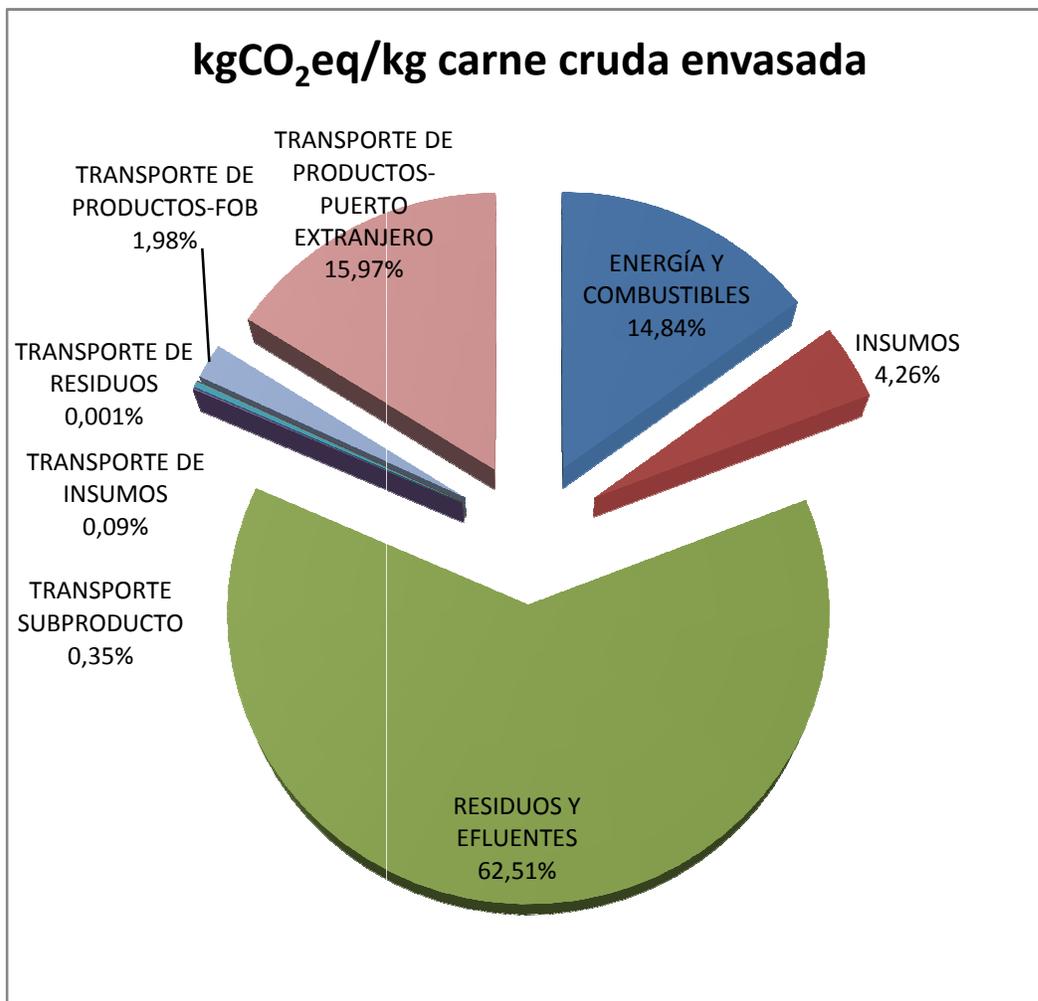
Cuadro 8 _ Peso porcentual en la HC de cada etapa dentro fase primaria

	Antes Establecimiento	Establecimiento	Transporte Industria	Total
Aporte porcentual a la HC dentro de la fase primaria (%)	1.5	97.9	0.6	100

4) HC de la fase industrial y transporte a destino

A partir del análisis durante la etapa desde que la hacienda ingresa al frigorífico, es procesada, empacada y transportada a destino, el transporte del producto significa tan sólo el 18% dentro de esta etapa. Las emisiones principales en la fase industrial están asociadas a la gestión de los residuos y efluentes (62%), superando en un factor de 4 a la categoría que le sigue en magnitud, que es energía y combustibles (15%).

Gráfico 2 _ Aporte en la HC de las distintas etapas dentro fase industrial y transporte destino

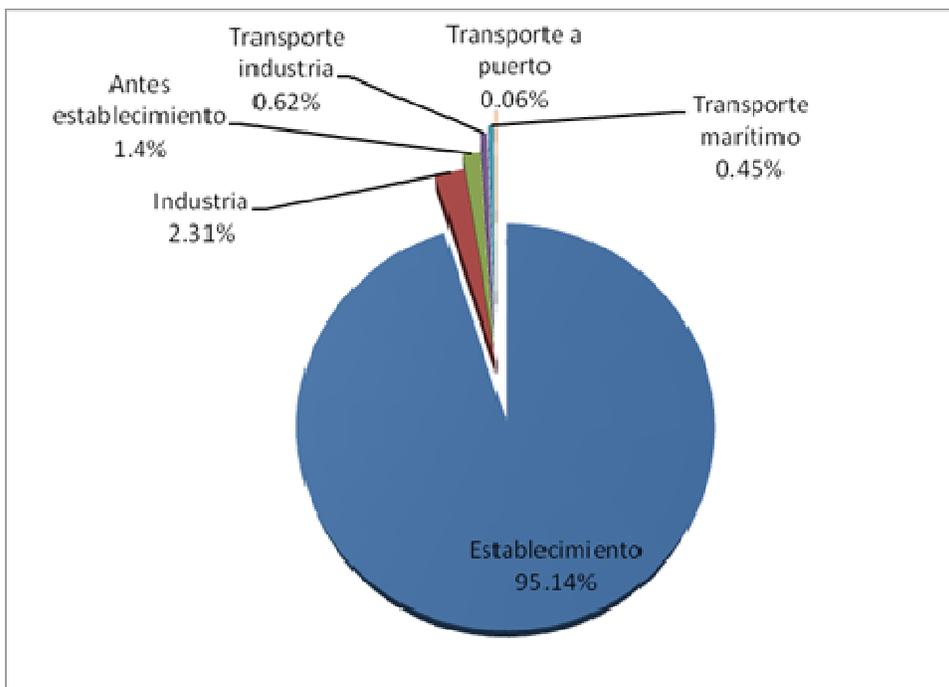


5) Huella de Carbono global de la Carne Vacuna

Finalmente al reunir los distintos eslabones dentro del proceso de producción de la carne vacuna hasta el puerto de destino, y su respectivo aporte a la huella de carbono, se observa el impacto mayoritario que representa la fase primaria. Especialmente las actividades dentro del establecimiento son las que determinan el 95% de la huella de carbono global de la carne vacuna.

Esto se explica por el alto impacto de las emisiones de GEI proveniente tanto de la fermentación ruminal como del manejo del estiércol.

Grafico 3 _ Aporte en la Huella de Carbono de las distintas etapas dentro de la cadena producción de carne vacuna



6. Sector Lácteo

6.1. Alcance

1) Unidad funcional

La unidad funcional en la fase primaria es un litro de leche corregido por grasa y proteína (LCGP), considerando un 4% de grasa (G) y 3,3% de contenido de proteína (P).

$$\text{LCGP (kg/año)} = \text{Producción (kg/año)} \times [0,1226 \times \%G + 0,0776 \times \%P + 0,2534]$$

La unidad funcional para la fase industrial es un litro de leche en polvo entera (LPE), envasada en bolsa de papel Kraft laminado de 25 kg, puesta en puerto de destino (según criterio general establecido en 4.1).

2) Metodología de cálculo de emisiones

Al igual que el sector cárnico, la metodología de cálculo de medición de gases de efecto invernadero (GEI) se realizó en base a las directrices del IPCC de 2006, utilizando cuando posible un Nivel 2. Se siguieron las especificaciones para evaluación de ACV de emisiones de GEI de la guía específica del IDF y factores de emisión por defecto (IPCC, 2006) en los casos de falta de información específica para el país.

3) Límites del sistema fase primaria

Los límites del sistema en la fase primaria van desde las emisiones de todos los insumos utilizados en el proceso productivo para la obtención de leche hasta la portera del establecimiento e incluyen:

- Producción de leche en el predio (metano de fermentación entérica de animales productivos y reposición y emisiones de la excreta)
- Producción de alimentos en el predio (gasoil, emisiones directas e indirectas de óxido nitroso del suelo)
- Manejo de efluentes del tambo (metano y emisiones directas e indirectas de óxido nitroso)
- Extracción de leche (electricidad, refrigeración)
- Producción y suministro de alimentos comprados

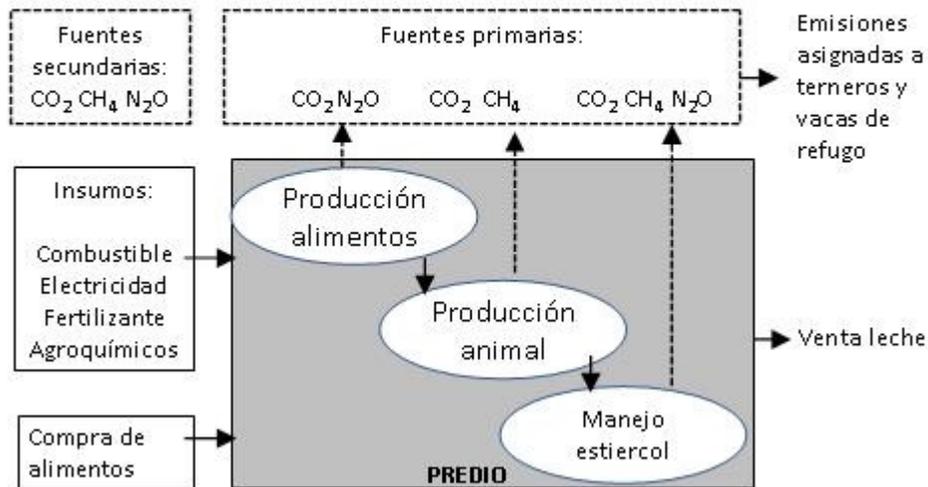
- Producción de fertilizantes sintéticos y su distribución
- Producción y distribución de cualquier otro agroquímico, ej herbicidas

Este listado representa aproximadamente el 95% de las emisiones de GEI que se consideraron en un ACV, es decir desde la producción del alimento hasta la portera del establecimiento (venta). De este modo se cumple con uno de los requerimientos clave de los estándares de la norma PAS 2050. En la práctica los flujos de material o energía que contribuyeron menos del 1% del total de emisiones, fueron excluidos.

El modelo incluye todas las entradas (insumos, compra alimento), los procesos productivos que se realizan en el predio y la salidas de leche y carne.

Figura 4_ Descripción del sistema de producción de leche

Esquema de las principales fuentes de emisiones de GEI en un sistema de producción de leche



Adaptado de Rotz, 2009

4) Límites del sistema fase industrial y transporte a destino

Al igual que en la fase industrial de la producción de carne vacuna envasada, se considera un sistema "Business to Business", de acuerdo a la norma PAS 2050. Los criterios empleados son los mismos que se detallan para dicha cadena en el punto 4 del numeral 5.1.

5) Asignación de leche y carne

Para los sistemas de producción de leche, donde el foco principal es la producción de leche, la carne generada por exceso de terneros o refugo de vacas es un co-producto. En estos casos el enfoque más adecuado es usar el método de asignación física sugerido por la guía IDF (2010).

$$AF = 1 - 5.7717 \times R$$

AF = factor de asignación para leche

R= M carne/ M leche

M carne = suma del peso vivo de todos los animales vendidos incluyendo terneros y animales de refugio

M leche = suma de sólidos de la leche corregidos por 4% grasa y 3,3% proteína usando la ecuación del IDF, 2010.

Como valores por defecto para R, se puede utilizar 0,025 kg carne/kg leche, lo que rinde una asignación por defecto de 14,4% de carne y de 85,6% para leche.

6) Asignación de emisiones de GEI a LPE en planta industrial multiproducto

Los factores de asignación empleados para estimar las emisiones de GEI en la producción de leche en polvo entera en las plantas industriales multiproducto son los establecidos en la Tabla 1 de la guía IDF (2010).

6.2. Calidad de datos

1) Periodo de tiempo

Se trabajó en base a la Encuesta N° 278 de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias (MGAP, 2009) correspondiente al año agrícola 2006-2007, periodo caracterizado por condiciones particularmente adversas para la lechería (verano 2006/07 seco, otoño 2007 muy lluvioso).

El análisis de la HC se realizó para un tambo promedio calculado en base a las estadísticas de la Encuesta N° 278. Para la fase industrial se consideraron los valores promedio para el período 2006-2010.

Cuadro 9_ Características del tambo promedio (en base a la Encuesta 278 - MGAP, 2009)

Tamaño del predio (ha)	285
Superficie lechera (ha SPL)	216
Indicadores de productividad	
Producción de leche (l/ha SPL)	2367
Vaca masa/ha SPL	0,51
Litros/ VM	4650
Dotación (UL/ha SPL)	1,26
Consumo de concentrado (g/l)	243
Leche total producida (l)	512.000
Leche remitida	95%
Grasa (%)	3,67
Proteína (%)	3,26
Indicadores del rodeo	
Edad al primer servicio (meses)	27
Intervalo inter-parto (meses)	15
Tamaño rodeo (cabezas)	240
Relación VO/VM	0,81
Relación VM/stock	0,44
Tasa de reemplazo	33%
Peso vivo (kg)	580

2) Información adicional para el análisis de la huella de carbono en la fase primaria e industrial

La metodología de la guía IDF (2010), recomienda adoptar las normas propuesta por PAS 2050 donde se deben incluir todos los cambios directos en el uso del suelo desde el 1 de enero 1990 en adelante. Debido a que la lechería en Uruguay en este período no se ha expandido en área, si no que más bien ha disminuido el área asignada a esta rubro (DIEA, 2009), este ítem será omitido en el estudio.

El consumo de alimento (CMS) se calculó a partir de la energía requerida para mantenimiento, actividad de pastoreo y producción, en función del peso vivo promedio de cada categoría y de la producción de leche promedio por vaca masa. La composición de la dieta se elaboró a partir del uso del suelo del tambo promedio¹⁹ y del consumo de concentrado por litro de leche. La información de composición del alimento, energía metabolizable de los ingredientes del alimento, producción de leche y peso del animal se basaron en los promedios nacionales para Uruguay.

¹⁹ Uso del suelo estimado para el tambo promedio (MGAP, 2009): pradera 89 ha de las cuales el 30% es de primer año, verdeo de invierno 43 ha, verdeo verano 45 ha, cultivo de verano para ensilar 22 ha, campo natural 17 ha.

La información de la fase industrial es representativa de aproximadamente el 60% de la producción nacional del sector.

3) Factores de emisión de los GEI de origen animal

Al igual que fuera mencionado en el caso de la HC de la carne vacuna los factores de emisión utilizados están de acuerdo a valores por defecto según IPCC (2006). *Anexo 1*.

Emisión metano

- **Ruminal**

El cálculo de las emisiones de metano producto de la fermentación ruminal para el caso del ganado lechero coincide en la forma de cálculo con las mencionadas para ganado vacuno. De acuerdo a la calidad del alimento se selecciona el valor de $Y_m = 6,5\%$. *Anexo 1*

- **Excreta**

La producción de heces, se calculó en base al CMS y digestibilidad del alimento (aproximadamente 70%). Se estimó que solo una proporción pequeña (10%) de las heces de las vacas lecheras es tratada como un sistema de manejo de estiércol (liquid slurry)²⁰. El resto, incluido las heces de las vaquillonas, es depositado directamente en el campo durante el pastoreo.

Las emisiones de metano por almacenamiento del estiércol se calcularon multiplicando la cantidad de materia orgánica en el estiércol por el factor de emisión específico, de acuerdo con la guía del IPCC (2006). *Anexo 4*

Emisión óxido nitroso

- **Directas**

Las estimaciones de emisiones directas de óxido nitroso a la aplicación de fertilizantes al suelo son coincidentes con las mencionadas en el caso de carne vacuna. Las excreciones de N se calcularon como la cantidad total de N en el alimento consumido menos la cantidad de N en leche y animales (IPCC, 2006). Como ya se mencionó, alrededor del 90% del estiércol se deposita directamente en las pasturas y el 10% restante en la sala de ordeño.

- **Indirectas**

Las emisiones indirectas de óxido nitroso son producto de la volatilización del amoníaco (NH_3) y el lavado de nitratos (NO_3) resultante del estiércol y fertilizante que se deposita en el campo. Estas emisiones se calcularon usando los FE por defecto del IPCC (2006).

²⁰ Berra, 2005.

5) Factores de emisión de GEI utilizados para los insumos de la Fase primaria (FP) y de la Fase industrial (FI)

Se emplearon los mismos factores de emisión que para la cadena cárnica, que se detallan en el punto 4 del numeral 5.2.

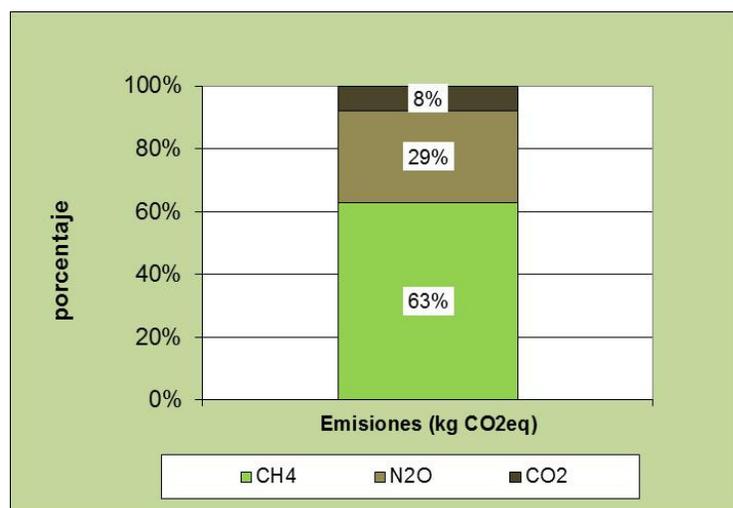
Los fertilizantes nitrogenados sintéticos utilizados son principalmente urea (46 N) y binario (18 N-46 P₂O₅) para los que se utilizó el FE según la guía del IPCC (2006). Se asume que la electricidad es usada en su mayoría para el ordeño y la refrigeración, mientras que el gasoil se usa para cultivos, tanto dentro como fuera del predio, y para la aplicación de estiércol, transporte de animales, etc. La energía adicional (ej fuel-oil, gasoil para el transporte, etc) se usa básicamente para el procesamiento y transporte de alimentos.

6.3. Resultados

1) Huella de Carbono de la fase primaria

Para el total de emisiones de GEI para la producción de leche hasta la portera del predio, la contribución relativa del metano fue de 63% (fermentación entérica y manejo de estiércol), mientras que la del óxido nitroso fue de 29% (emisiones directas e indirectas de estiércol y fertilizante). La contribución del dióxido de carbono fósil a la huella de carbono de la leche fue tan sólo de 8% (gráfico 4).

Gráfico 4_ Contribución relativa de los GEI en las emisiones a nivel predial para el tambo promedio

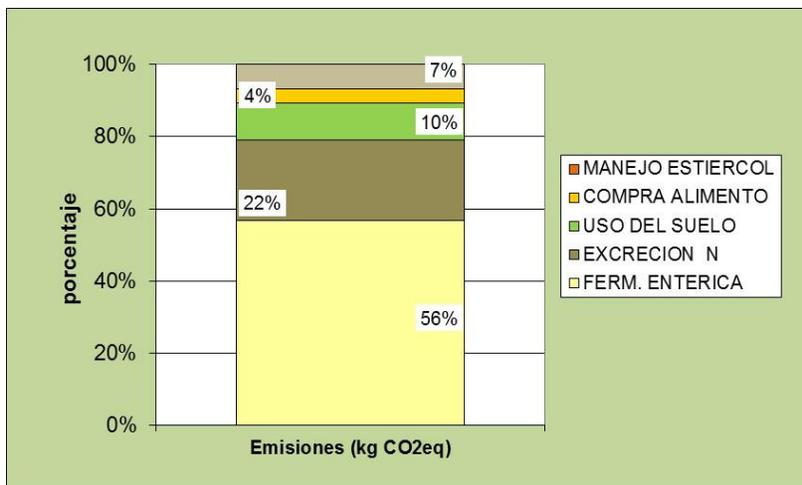


La fermentación entérica es en particular la actividad que contribuye en mayor proporción a las emisiones de GEI, mientras que las emisiones de manejo del estiércol son prácticamente despreciables, dado que los animales pastorean todo el año. Las emisiones directas e indirectas

del óxido nítrico proveniente de la excreta depositadas durante el pastoreo siguen en orden de importancia a la fermentación entérica. En tercer lugar aparecen las emisiones de GEI provenientes de la producción de alimento en el predio.

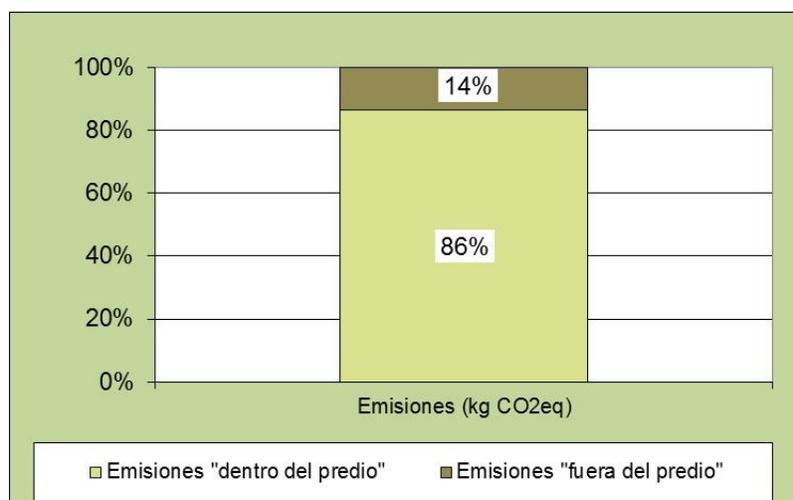
En el gráfico 5 se presenta la contribución porcentual a la huella de carbono de la leche de las diferentes actividades a nivel predial.

Gráfico 5_ Emisiones de GEI por fuente de emisión, expresadas en porcentaje según su contribución a la emisión global del sistema de producción.



El análisis de las emisiones de GEI de la fase primaria muestra un peso relativo importante del proceso productivo (emisiones dentro del predio) en el total de las emisiones (86%) (gráfico 6).

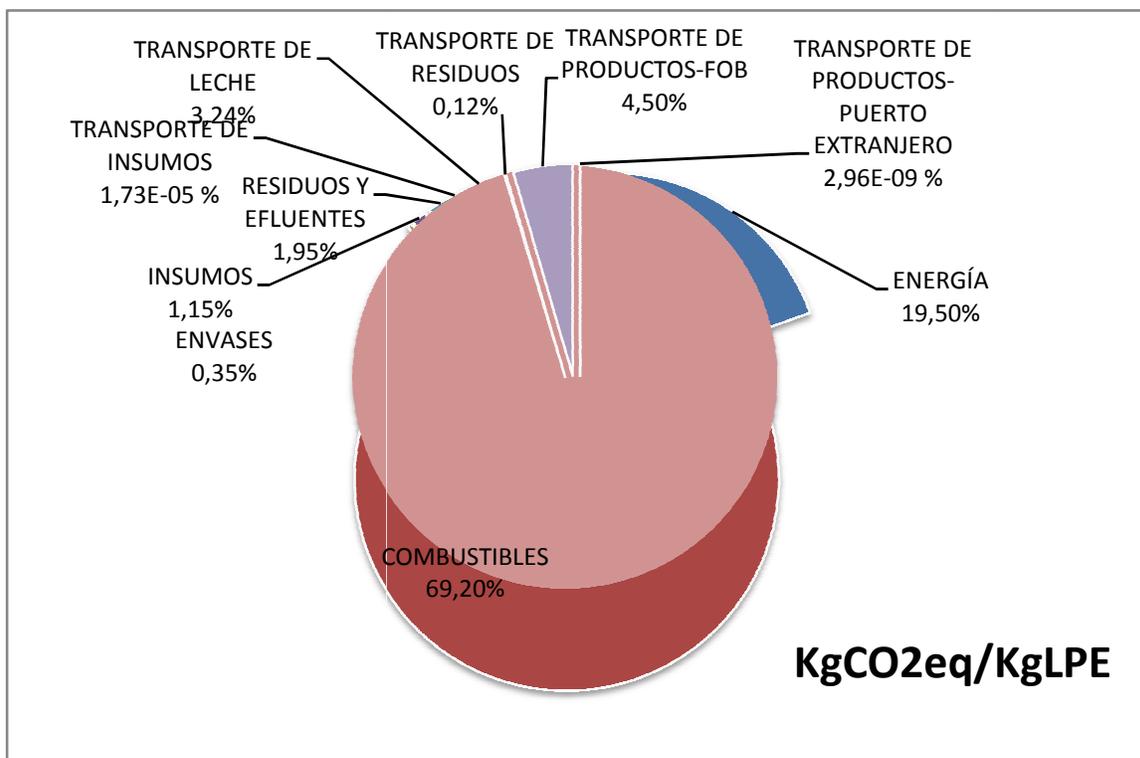
Gráfico 6_ Proporción relativa de las emisiones de GEI dentro y fuera del predio dentro de la fase primaria de la lechería



2) Huella de Carbono de la fase industrial y transporte a destino

En el gráfico 7 que se presenta a continuación, se resumen los resultados porcentuales obtenidos en la fase industrial, incluyendo el transporte a destino, para cada categoría de emisiones y promediadas durante el período evaluado.

Gráfico 7_ Aporte en la Huella de Carbono de las distintas etapas dentro fase industrial y transporte a destino

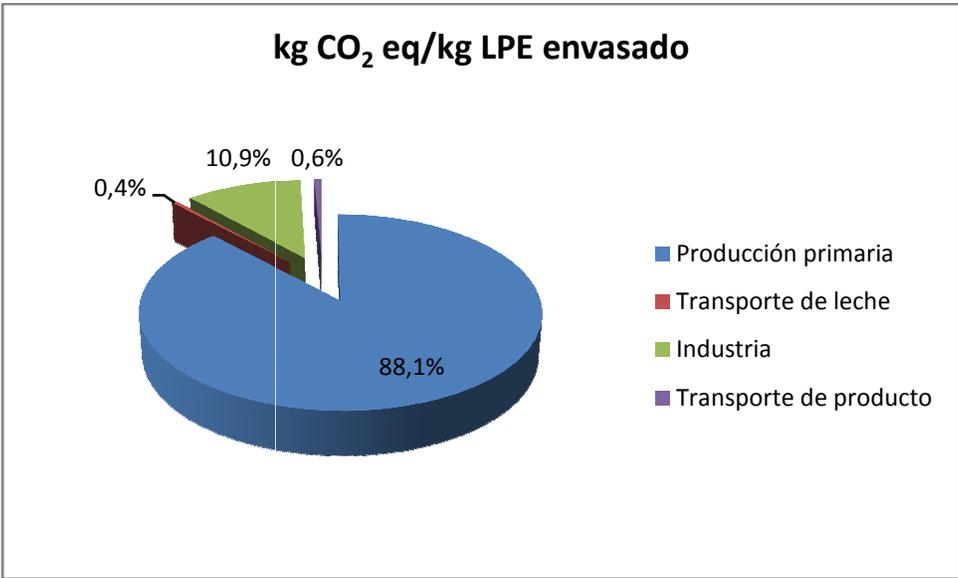


3) Huella de Carbono global de la Leche

De acuerdo a lo expresado por los exportadores consultados, el producto de interés para el sector, relacionado al cálculo de huella de carbono, fue la leche en polvo entera. De acuerdo a esto se unificaron las fases de producción primaria e industrial. Para generar la equivalencia se consideró que se utilizan 8.3 kg de leche cruda para producir 1 kg de leche en polvo entera siendo el factor de asignación determinado por la metodología IDF para plantas multiproducto 0.69.

A continuación se presenta, en porcentajes, la incidencia de la fase primaria, industrial y transporte en las emisiones de la producción de leche en polvo entera envasada.

Gráfico 8_ Aporte en la HC de las distintas etapas dentro de la cadena producción láctea



El 88.1% de las emisiones provienen de la fase primaria de producción, correspondiendo un 11% a la fase industrial, siendo el transporte de leche y el transporte del producto a puerto extranjero poco significativos. De esta forma, los mayores esfuerzos, en cuanto a mitigación se refieren deben enfocarse en la fase primaria de producción.

7. Sector Arrocerero

7.1. Alcance

1) Unidad funcional

Se define como unidad funcional para las mediciones de la fase primaria 1 kg de arroz cáscara, en tanto que para la fase industrial la unidad funcional es 1 kg de arroz blanco pulido con 5% de quebrado, envasado en bolsas de PP de 50 kg y puesto en puerto de destino (según criterio general establecido en 4.1).

2) Metodología de cálculo de emisiones

Para el cálculo de ciclo de vida de emisiones de GEI se utilizaron las normas de la PAS 2050:2008 y para las emisiones del cultivo de arroz el valor fue obtenido del INGEI publicado en 2004.

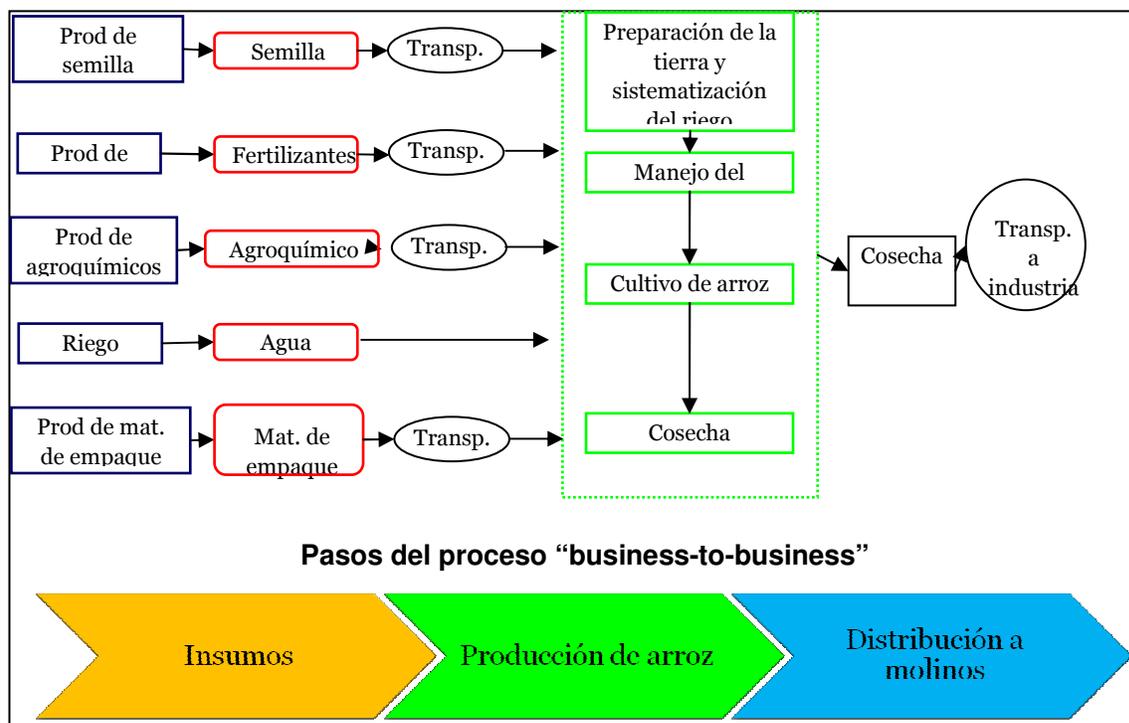
3) Límites del sistema

De acuerdo a la metodología de cálculo establecida por la PAS 2050, se consideró un sistema Business to Business. Los límites establecidos para el estudio tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Energía y combustible: Incluye transporte de petróleo, refinación, combustión y el transporte de distribución del combustible. Para el caso de la energía eléctrica se incluye el costo de producción de la misma.
- Insumos: se contabilizaron todos los insumos utilizados para el cultivo de arroz (fertilizantes, herbicidas, fungicidas, semilla), con sus respectivas emisiones por manufactura y transporte (internacional y nacional).
- Cambio de uso de la tierra: No se contabilizaron emisiones por cambio del uso de la tierra.
- Transporte de insumos (internacional): Se tomó en cuenta la distancia entre Uruguay y los principales países exportadores de herbicidas, fungicidas y fertilizantes.
- Transporte de insumos (nacional): Se estableció una distancia promedio (información brindada por los molinos) entre los puertos y los molinos y entre los molinos y las chacras. Además se estableció una capacidad de carga promedio de los camiones que transportan los insumos.

- Transporte de producto: Se estableció una distancia promedio entre los molinos y las chacras y una capacidad de carga promedio de los camiones que transportan el arroz cáscara (información brindada por los molinos).
- Cultivo de arroz: Se contabilizaron todas las emisiones de metano derivadas directamente del cultivo de arroz.
- Sistema productivo primario: Se contabilizaron las emisiones debidas a la preparación de la tierra, siembra y cosecha del arroz, aplicaciones de agroquímicos y fertilizantes y riego por bombeo eléctrico.

Figura 5 _ Límites del sistema arrocero



4) Límites del sistema fase industrial y transporte a destino

Para el caso de Energía y Combustibles, Insumos, Residuos y Efluentes, Transporte de Productos, Transporte de Subproductos y Transporte de Residuos los límites establecidos son similares a la huella de carbono del sector cárnico y lácteo. La diferencia se observa en el transporte de insumos importados, para el cual se realizó el cálculo desde puerto extranjero, en tanto que en el caso insumos comprados en plaza se consideró distancia desde FOB. No se considera el traslado del arroz con cáscara a planta.

5) Sistema primario evaluado

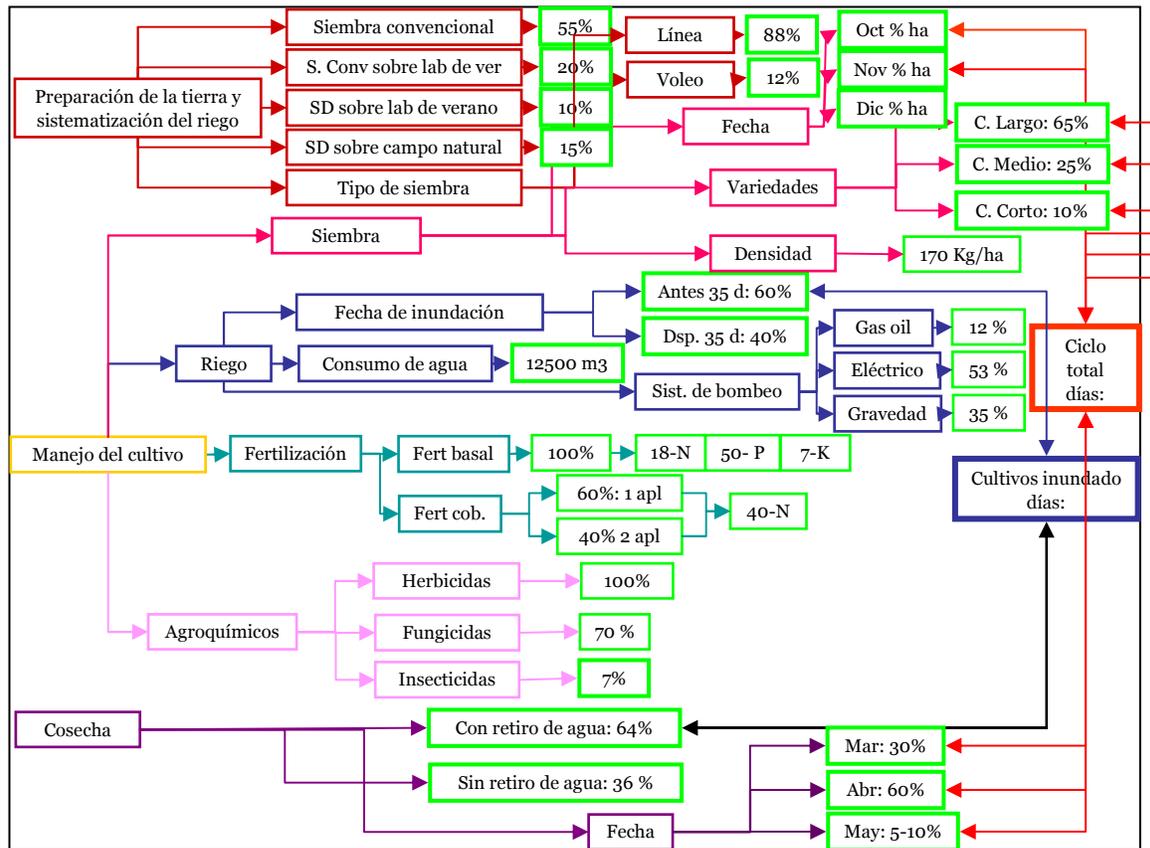
El sistema establecido y evaluado surge de común acuerdo en un taller realizado en el LATU el 24 de noviembre de 2010. El mismo estuvo integrado por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), la Gremial de Molinos, la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA), el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), la Facultad de Química y Agronomía y el Instituto Plan Agropecuario (IPA).

La propuesta de información relevada se detalla en Anexo 2

Resultados del Taller Huella de Carbono - Arroz

Como resultado final del taller surgió un sistema productivo que caracteriza la chacra de arroz promedio de la producción nacional. El esquema de la misma se representa a continuación.

Figura 6 _ Sistema productivo arrocero considerado

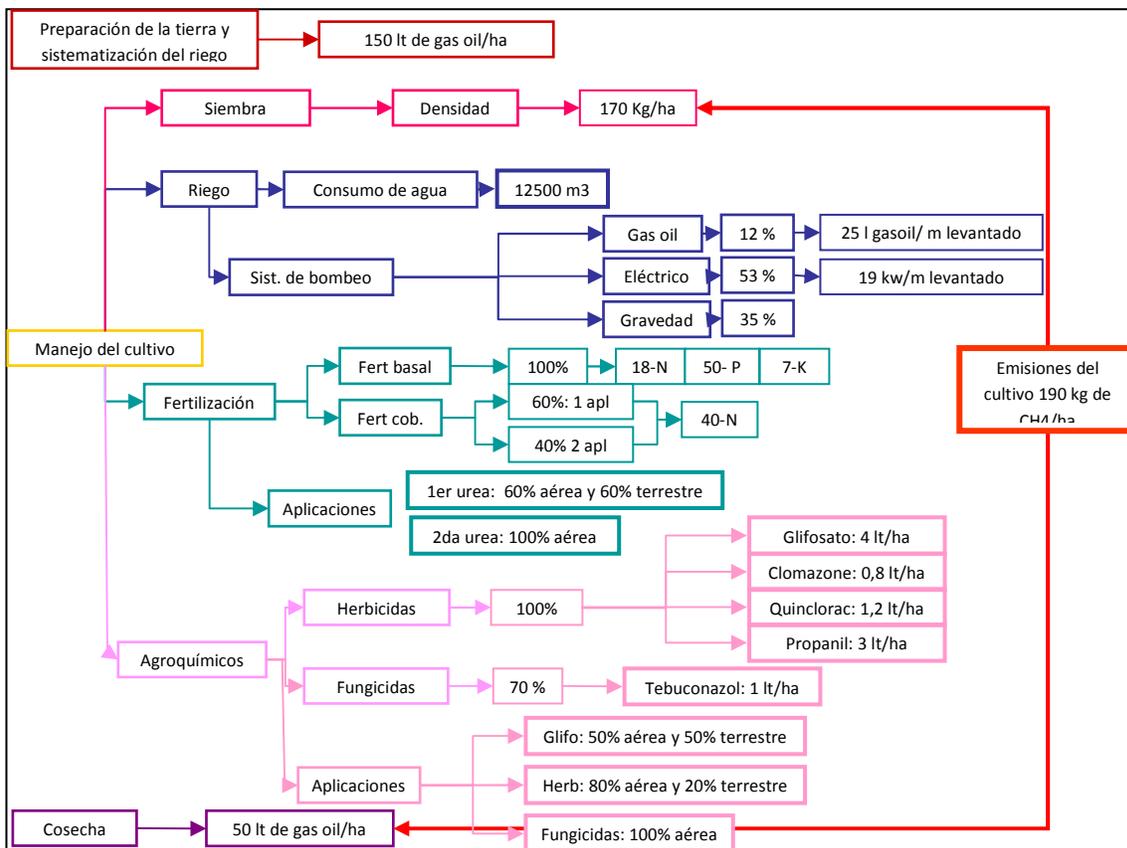


Datos utilizados para el cálculo de huella de carbono Versión 1

Para el cálculo de la primera versión de la huella de carbono de la fase primaria de arroz se simplificaron algunos de los datos antes detallados. Los datos de actividad e insumos utilizados se detallan en el Anexo 5.

El esquema previamente construido con los datos recolectados en el taller se redujo al sistema que se detalla a continuación, con el cuál se realizó el cálculo de la huella de carbono de la fase primaria del arroz.

Figura 7 _ Sistema productivo utilizado para el cálculo de la versión 1 de la huella de carbono de la fase primaria de arroz.



7.2. Calidad de los datos

1) Período de tiempo

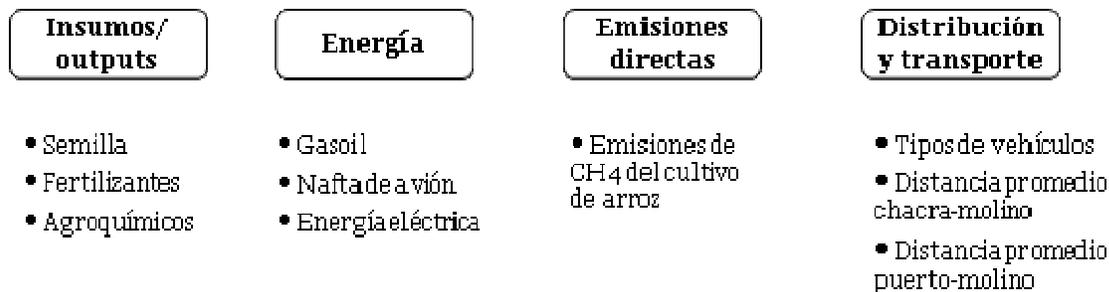
Se consideró el período 2008-2010 para la recolección de los datos de producción y actividad primaria. Los mismos fueron empleados para delinear el sistema evaluado. Para la fase industrial los datos cubren el período 2007-2010.

2) Información del sistema evaluado

Los tipos de datos colectados se clasifican en datos de actividad y factores de emisión:

- Datos de actividad (o datos primarios): refieren a insumos, energía utilizada y transporte involucrados en el LCA del arroz.
- Factores de emisión (o datos secundarios): Emisiones de GEI emitidos por unidad de producto utilizado (establecidos en los datos de actividad).

Figura 8 _ Actividades tenidas en cuenta para el cálculo de emisiones en la fase primaria



El sistema establecido en la evaluación y las fuentes de datos consideradas surgen de común acuerdo del grupo interinstitucional.

A continuación se enumeran las fuentes consultadas para su construcción:

- Indicadores productivos: Rendimiento nacional promedio (GTA, 2008-2010 y MGAP, 2008-2010).
- Insumos utilizados: Importación de fertilizantes por destino (MGAP-DGRNR-División suelos y aguas, 2010), Importación de herbicidas por destino (MGAP-DGSA, 2010), Importación petróleo por destino.

- Actividades agrícolas: Consumo de combustible para las distintas labores (ACA, 2010; CUSA, 2010), Cronogramas de actividades, dosis de fertilizantes, herbicidas y fungicidas (ACA, GTA, Gremial de molinos; 2010).
- Transporte nacional: ACA y Gremial de molinos 2010.

La información de la fase industrial es representativa de aproximadamente el 50% de la producción nacional de arroz.

3) Factores de emisión de los GEI del cultivo de arroz

Como fue mencionado anteriormente, en el caso del cultivo de arroz, los factores de emisión utilizados fueron extraídos del inventario nacional de gases (2004). El valor del mismo indica una emisión de 190 kg/ha/año de metano en el cultivo de arroz.

4) Factores de emisión de GEI utilizados para los insumos Fase primaria (FP) y Fase industrial (FI)

Se emplearon los mismos factores de emisión que para la cadena cárnica, que se detallan en el punto 4 del numeral 5.2., a excepción de residuos y efluentes en la fase primaria que no corresponde.

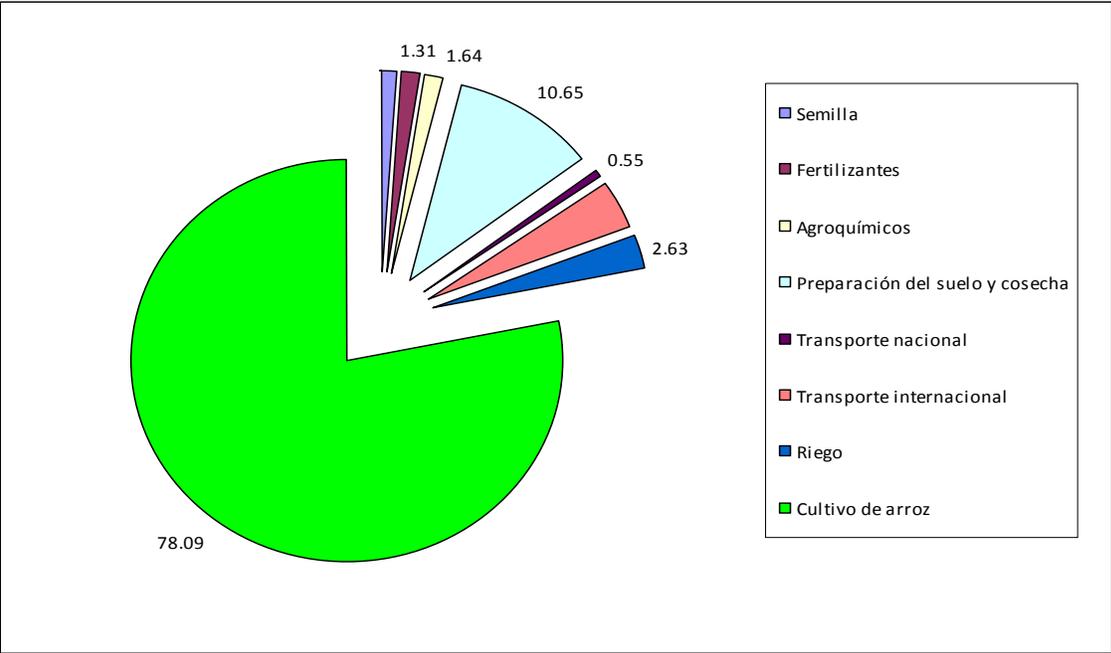
7.3. Resultados

1) HC de la fase primaria

El resultado (en términos porcentuales) de la huella de carbono de la fase primaria de la cadena arrocería se detalla en el siguiente cuadro, de acuerdo a los límites especificados en la sección 2.5.

Los resultados obtenidos son para un total de 200.000 ha de arroz cultivadas con un rendimiento promedio de 8.000 kg/ha.

Gráfico 9_ Representación de las emisiones correspondientes a cada una de las actividades e insumos involucrados en la fase primaria



La posibilidad de disgregar las emisiones en internacional y nacional permite obtener una perspectiva para la posterior gestión de las mismas con el fin de elaborar una estrategia para mitigar emisiones. Las emisiones nacionales son las controlables y por lo tanto es a ellas a las que se debe apuntar.

En el caso de la fase primaria, el 92% de las emisiones son nacionales y por tanto pasibles de ser reducidas.

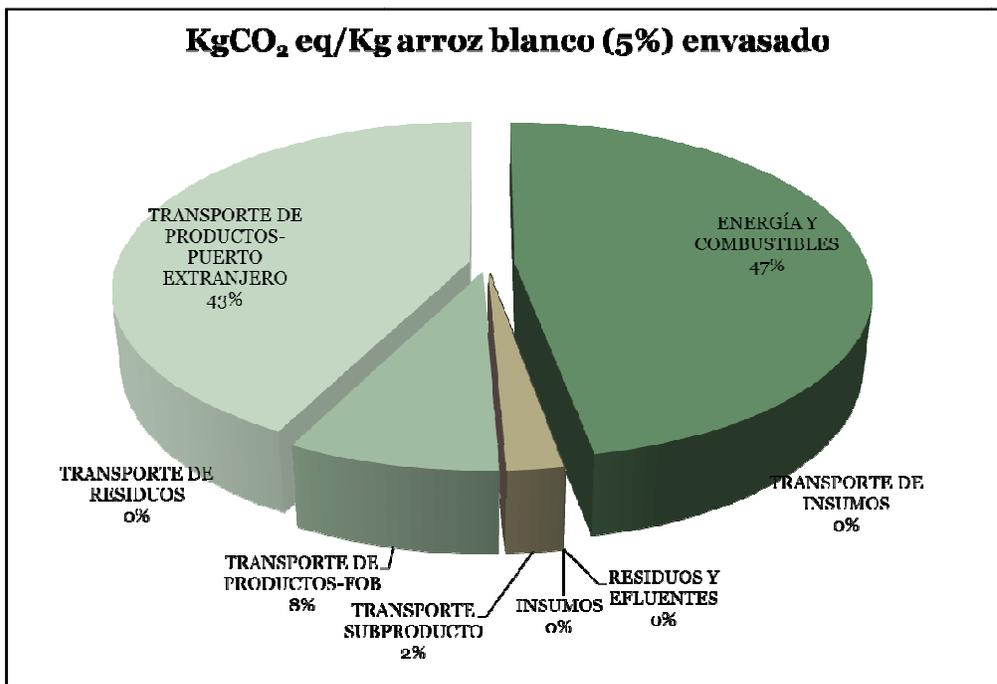
Gráfico 10_ Emisiones nacional e internacionales durante la fase primaria



2) HC de la fase industrial y transporte a destino

Los resultados (en términos porcentuales) de la huella de carbono para la fase industrial del sector arrocero, se detallan en el siguiente gráfico. Las emisiones a nivel nacional e internacional son comparables, siendo un 57% de las emisiones realizadas en territorio nacional y 43% de las emisiones generadas en el extranjero. Dentro de las emisiones nacionales se destaca al aporte de un 47% proveniente del uso de combustibles (44%) y energía eléctrica (56%).

Gráfico 11 _ Aporte en la HC de las distintas etapas dentro fase industrial y transporte a destino

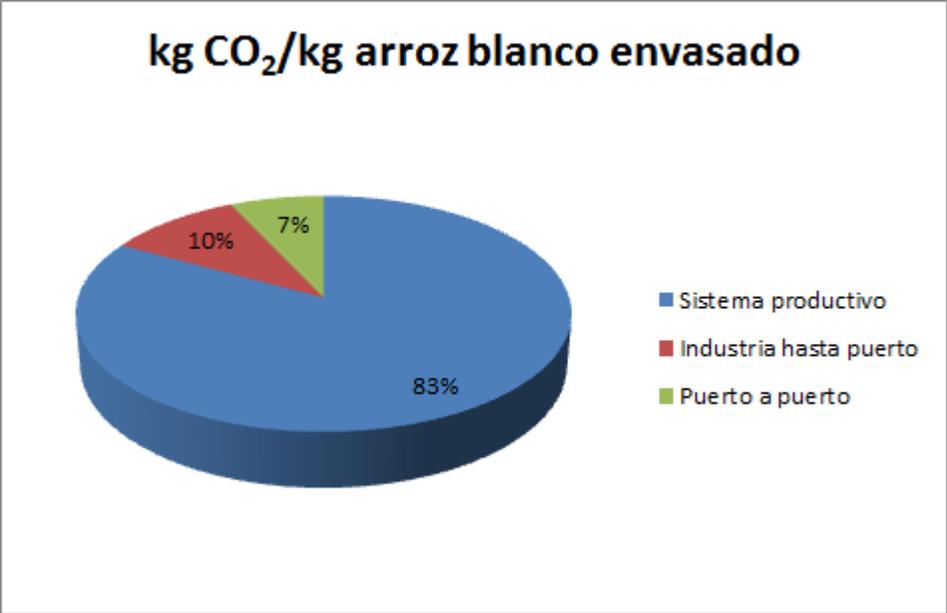


3) HC global del Arroz

Para transformar la unidad funcional del sector primario (kg CO₂/ kg arroz cáscara) a la unidad funcional del sector industrial (kg CO₂/ kg arroz blanco 5% envasado). Se considera que un 64% del arroz cáscara ingresado a molino es procesado como arroz blanco 5% y asignación másico-económica en función del volumen y precio de venta anual del arroz blanco 5% en sus diferentes presentaciones.

En el caso del sector arrocero al analizar la huella de carbono global desde importación de insumos al sistema hasta la entrega del producto, arroz blanco envasado, vemos que el sector primario es el responsable del 83% de las emisiones. Esto refleja la necesidad de profundizar la investigación en la generación de factores locales de emisión del cultivo.

Gráfico 12 _ Aporte en la HC de las distintas etapas dentro de la cadena producción arrocera



8. Lecciones aprendidas del trabajo

Como primer producto del trabajo, es importante resaltar que se logró generar un grupo técnico interinstitucional e interdisciplinario consolidado en la temática en sentido amplio, que permitirá en el futuro avanzar a partir de esta primera visión.

Se comprobó que la huella de carbono, estimada hasta puerto de destino en Europa, tiene su componente más significativo en las emisiones de metano y óxido nitroso que se producen en los predios agropecuarios.

El metano es el principal gas de efecto invernadero en las tres cadenas. En los vacunos de carne y leche la principal fuente es la fermentación entérica, en el arroz es la condición de inundación (anaerobiosis). El óxido nitroso es el segundo gas en importancia y la principal fuente es el estiércol vacuno (heces y orina).

Para las tres cadenas estudiadas, la industrialización, y el transporte nacional e internacional, realizan aportes relativamente reducidos a las emisiones por kilo producido. Si bien las emisiones desde el puerto de destino hasta el consumidor final en los hogares y la posterior disposición de los residuos son igual de importante en un ACV no fue considerada en este estudio ya que se optó un estudio "Business to business".

Dado el alto peso relativo de las emisiones en la fase primaria, la huella de carbono resulta muy dependiente de la eficiencia de los procesos y de las tecnologías aplicadas a nivel predial. Cualquier esfuerzo por reducir la intensidad de emisiones y así la huella de carbono, requerirá obtener resultados en este eslabón.

En los rubros estudiados, y en particular en la carne vacuna, coexisten sistemas de producción de muy diferente eficiencia y por tanto de diferente huella de carbono. Por ello carece de sentido práctico hablar de una huella de carbono promedio del país, asociando estáticamente los productos de exportación a un solo valor. En la práctica, si un importador exige la huella de carbono, lo hará para las partidas específicas que importe y no para un promedio estándar. Para el caso de la carne vacuna, los estudios realizados indican que la calidad de la dieta (digestibilidad) y la duración de ciclo de producción de un animal terminado tienen una influencia notable en la huella de carbono. Uruguay cuenta –considerando la trazabilidad– con posibilidades de satisfacer demandas de mercados que pidan carne con una huella de carbono baja, seleccionando la que proviene de animales más jóvenes, alimentados con forrajes y suplementos de alta calidad. Asimismo, la heterogeneidad constatada en la huella de carbono de diferentes sistemas productivos, señala que existe un amplio campo para avanzar.

Para el sector lácteo ocurre algo similar que el cárnico. La huella de carbono se asocia a la productividad de leche a nivel del establecimiento, por lo que mejorar la calidad del alimento

ofrecido influiría en la mitigación en las emisiones directas de GEI y por otro en el aumento de la producción, permitiendo reducciones en la HC.

La gestión futura del aporte a la huella de carbono en los casos de la carne vacuna y la lechería en la fase primaria necesita analizarse en tres niveles:

a. Animal: considerando efectos como manejo de la dieta y digestibilidad, observando posibles desarrollos tecnológicos (aditivos, etc.).

b. Rodeo: considerando la eficiencia de los procesos como clave la reducción de la intensidad de las emisiones. En especial en reducciones de períodos de recría y en el caso de cría vacuna mejoras en los índices reproductivos.

c. Paisaje: desarrollando enfoques de sistemas que involucren los usos de la tierra, la gestión de residuos y el potencial de secuestro en suelos y biomasa forestal. La consideración del secuestro de carbono podría tener un impacto significativo en la reducción de la huella de carbono.

En el caso del arroz, por su parte, la situación internacional se insinúa como favorable por dos razones: (i) el manejo de cultivo con inundación parcial produce menos metano que la inundación total, y (ii) los elevados rendimientos permiten reducir las emisiones totales por kilo producido.

Se ha identificado una agenda de investigación que permitirá resolver en colaboración las principales incertidumbres que tienen las estimaciones actuales. En ese sentido, las prioridades principales para la investigación implicarán: (i) el desarrollo de factores de emisión nacionales para óxido nitroso y metano en ganadería, lechería y arroz; (ii) la mejora de la comprensión de las maneras de influir sobre el metano de origen ruminal, manejando la dieta y la eficiencia de los procesos; y (iii) la mejora de la capacidad para estimar el impacto de distintas prácticas sobre el contenido de carbono orgánico en los suelos.

Se concluyó que el desarrollo y aplicación de técnicas de medición y monitoreo de emisiones y capturas es una prioridad, tanto para reducir las incertidumbres asociadas a las estimaciones como para trabajar en mejora continua y poder reportar los avances. Las mencionadas incertidumbres en las estimaciones asociadas al uso de algunos factores de emisión importantes son muy relevantes. Los ejemplos más claros se observan en el FE para N₂O proveniente de la excreta animal, donde el valor establecido por defecto por el IPCC para emisiones directas, es el doble a los que utiliza Nueva Zelandia y cuatro veces más para el caso de emisiones indirectas producto de la lixiviación del Nitrógeno, ambos para sistemas pastoriles. Estos cambios para las condiciones de Uruguay solo pueden ser posibles como resultado de investigaciones que lo avalen. Según estimaciones preliminares pueden influir en reducciones de HC del de hasta el 20 % en la carne vacuna.

Es conveniente, por lo tanto, revisar y mejorar los estudios ya realizados, fortalecer las líneas de investigación en curso, analizar como incluir estos temas en las agendas de extensión hacia los productores, y agregar nuevos rubros al estudio de la huella de carbono (por ejemplo carne ovina y fruta de exportación).

Cuadro 11 _ Metas logradas y Desafíos para el futuro

METAS	CUMPLIMIENTO	DESAFÍOS
Versión 1 Huella de Carbono	✓	Necesidad de introducir mayor disgregación y complejidad en el cálculo de la próxima versión
Generar capacidades en metodología de cálculo	✓	<ul style="list-style-type: none"> - Recursos Humanos dedicados - Necesidad de publicar el trabajo realizado y automatizar la planilla electrónica - Necesidad de uniformizar criterios (fundamentalmente a nivel internacional)
Comparación primaria con datos internacionales	✓	<ul style="list-style-type: none"> -La productividad es uno de los factores claves en generar competitividad -Continuar monitoreando la situación internacional en este aspecto
Detección fases críticas	✓	Necesidad de robustecer medición a nivel de campo, especialmente en cuanto a factores de emisión

9. Conclusiones

9.1. Sector Carne Vacuna Fase Primaria

La huella de carbono nacional de la carne vacuna está fuertemente influenciada por las emisiones de metano y óxido nitroso, representando respectivamente entre 60-65 % y 30-35 % de las emisiones. Las emisiones de CO₂ serían de entre 5-10% y se refieren a la utilización de energía fósil (combustible) en la producción, provocados por la utilización de maquinaria, vehículos o producción de energía o indirectamente fuera de los establecimientos por ejemplo mediante el transporte de alimentos.

Las emisiones asignadas al proceso productivo representan el 95% de las emisiones de la huella de carbono global de la carne vacuna, considerando como límite final el puerto de llegada de la mercadería.

Teniendo en cuenta el proceso global de producción carne en la fase primaria desde la etapa criadora hasta la terminación de novillos, el sub-sistema cría aporta el 51% de las emisiones por sí solo.

Por último, se observó que la mejora en la eficiencia en el uso de los recursos, así como la calidad de la dieta que inciden en los indicadores productivos (reducción período recría, incremento en el porcentaje de destete, peso de destete, etc) influirían en la reducción de la huella de carbono.

Si bien los protocolos en uso a nivel internacional no incluyen el cálculo de las remociones de carbono en reservorios como el suelo, su estimación, por ejemplo mediante modelos calibrados, puede representar una oportunidad importante para visualizar el impacto en el incremento del carbono orgánico edáfico de estrategias de manejo del pasto que incrementen la productividad primaria neta. Esto permitiría visualizar, como dato accesorio a la HC, una fuente relevante de compensación de emisiones y de reducción de la intensidad de emisiones netas de los sistemas productivos de base pastoril.

9.2. Sector Lácteo Fase Primaria

Los resultados de huella de carbono de la leche ponen en evidencia la importancia que tiene la fermentación entérica en las emisiones globales a nivel de la fase primaria, adquiriendo mayor importancia en sistemas pastoriles como el prevalente en Uruguay. El análisis realizado remarca la importancia que tiene el aumento de la productividad para reducir la huella de carbono. Para

alcanzar estas mejoras en productividad es importante mejorar la producción de forraje por hectárea y la productividad por vaca así como también reducir la cantidad de animales improductivos en el rodeo.

9.3. Sector Arrocerero Fase Primaria

En el cálculo de la huella de carbono de arroz, las emisiones propias del cultivo de arroz representan el 83%. El metano es el principal responsable de estos resultados. Cabe destacar que las emisiones del cultivo dependen de muchos factores como la variedad, la temperatura y el rendimiento final.

La ventaja del sistema productivo uruguayo frente a los de otros países es el alto rendimiento alcanzado, el cual permite diluir las emisiones totales de la fase productiva. Esto pone al país frente al desafío de lograr una agricultura eficiente y sustentable que logre altos rendimientos.

Los cálculos realizados no implican una estimación detallada y por lo tanto es necesario llevar a cabo, para una próxima versión, un estudio que introduzca mayor complejidad y desagregación de los datos; implica entre otras cosas, robustecer las mediciones de las emisiones del cultivo a nivel nacional.

Más allá de haberse logrado un valor *per se* de la huella de carbono, la generación de este producto es una estrategia de diferenciación del sector y del país frente a otros competidores.

9.4. Fase Industrial

En el cálculo de la huella de carbono nacional de la fase industrial del sector cárnico bovino, un 80% de las emisiones estimadas son de carácter nacional y por ende mitigables. El mayor aporte está dado por los residuos y tratamiento de efluentes líquidos de las plantas industriales.

En el sector lácteo dado el alto nivel de producción nacional de leche en polvo entera, debido a las emisiones GEI por unidad de producto, se genera un efecto de dilución de la emisión global.

Dado que los factores de emisión utilizados para este estudio, corresponden a valores reportados por defecto (IPCC) o estimados para otras regiones, es imperioso el estudio y desarrollo de factores de emisión locales (para productos o insumos de origen nacional) o solicitud por parte de las empresas nacionales de la huella de carbono de sus proveedores internacionales, para obtener una estimación más acertada.

Las medidas de mitigación para reducir emisiones GEI en este sector, deben enfocarse al manejo eficiente de energía y combustibles en las plantas de producción.

De acuerdo a las metas planteadas por el Estado Uruguayo, en 2015 el 25% de la matriz energética global uruguaya, y cerca del 90% de su matriz eléctrica serán renovables, en tanto que este último

promedio para el período 2006-2010 fue 72% (MIEM, 2011). Para todas las cadenas productivas este aumento en el porcentaje de energías renovables se traducirá en una reducción de la huella de carbono debida al consumo eléctrico.

10. Bibliografía

Audsley E., Stacey K., D.J. Parsons D.J., Williams A.G., Agosto, 2009. Estimation of the greenhouse gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use.

Berra G. 2005. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de la República Argentina, año 2000. Disponible en:
http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/comunicaciones_nacionales/parte3_inventario_gases.pdf

Dicose. 2010. MGAP. <http://www.mgap.gub.uy/DGSG/DICOSE/dicose.htm>

DIEA. 2010. Anuario Estadístico Agropecuario MGAP.
<http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,352,O,S,0,MNU;E;27;6;MNU>

DIEA. 2009. La Producción lechera en el Uruguay año 2007. Serie de encuestas N° 278. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,104,O,S,0,MNU;E;39;12;MNU>

DINAMA. 2010. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: 2004. Resumen ejecutivo. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Unidad de Cambio Climático. Disponible en: <http://www.cambioclimatico.gub.uy/index.php/publicaciones>

Steinfeld, H.; Gerber, P.; Wassenaar, T.; Castel, V.; Rosales, M.; de Haan, C. (2006). FAO. Livestock's long shadow environmental issues and options.

Flysjo, A., Henriksson, M., Cederberg C., Ledgard S., Englund J. 2011. The impact of various parameters on their carbon footprint of milk production in New Zealand and Sweden. Agricultural Systems. doi:10.1016/agsy.2011.03.003

González Martineaux S.. "La huella carbono de productos agropecuarios exportables de Chile", Presentación en seminario interno del Grupo de Trabajo sobre HdeC de Uruguay.

IDF, 2010. International Dairy Federation. A Common Carbon Footprint for Dairy, The IDF Guide to Standard Lifecycle Assessment Methodology for the Dairy Industry. Disponible en: <http://www.idf-lca-guide.org/Files/media/Documents/445-2010-A-common-carbon-footprint-approach-for-dairy.pdf>

INAC, 2011. Instituto Nacional de Carnes. www.inac.gub.uy

INALE, 2011. Instituto Nacional de la Leche. Consultado 12 octubre. Disponible en: <http://www.inale.org/innovaportal/v/653/1/innova.front/destinos.html>

IPA, 2011. Instituto Plan Agropecuario www.planagropecuario.org.uy

IPCC, 2006a. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories- Volume 4 Agriculture, Forestry and Other land use, Emissions from Livestock and Manure Management (Chapter 10).

IPCC, 2006b. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories- Volume 4 Agriculture, Forestry and Other land use, N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Applications (Chapter 11).

IPCC, 2007. Cambio Climático 2007. Resumen para responsables de políticas.

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/spm.html

MIEM, 2011. Ministerio de Industria, Energía y Minería. Generación bruta de energía por planta. Estadísticas mensuales de generación de energía eléctrica por planta. Serie elaborada en base a información suministrada por la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE), con inicio en enero del 2000. Disponible en:

http://www.dne.gub.uy/estadisticas?p_p_auth=ofBMN2zi&p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=39886&_101_type=document&redirect=%2Fweb%2Fenergia%2F-%2Fseries-estadisticas-de-energia-electrica-

PAS 2050:2008. Publicly Available Specification, Specification for the assessment of life cycle greenhouse gas emissions of goods and services, BSI, British Standards Institution, London ISBN 978 0 580 50978 0

Schneider, H., Samaniego, J.L. (2010). CEPAL. La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios.

www.eclac.org/publicaciones/xml/5/38285/LCW.298_2.pdf

Anexos

Anexo 1

Factores de emisión utilizados para emisiones de CH₄ proveniente de la fermentación ruminal en función del alimento consumido, expresada como porcentaje de la energía bruta consumida (IPCC,2006).

Calidad alimento	Valor por defecto según dieta (%)
Pastura buena calidad	6.5
Pastura mala calidad	7.5
Concentrados	3.0

Factor de conversión para metano según manejo del estiércol animal y región climática templada (15 °C) (IPCC,2006).

Factor conversión según sistema	Valor por defecto según sistema (%)
Animales en pastoreo	1.5
Estiércol líquido	27.0

Factores de emisión para N₂O (kg N₂O -N/kg nitrógeno) y para pérdidas de nitrógeno (prop. del nitrógeno aplicado) producto de la excreción animal y fertilizante aplicado (IPCC,2006).

Descripción	Valores por defecto
Factores Emisión N₂O (kg N₂O-N/kg nitrógeno):	
Nitrógeno excretado por orina y bosta (pérdidas directas)	0.02
Nitrógeno del fertilizante (pérdidas directas)	0.01
Volatilización indirecta de nitrógeno de excreta y fertilizante	0.01
Lixiviación indirecta de nitrógeno de excreta y fertilizante	0.0075
Fracción perdida del nitrógeno agregado:	
Nitrógeno volatilizado (amonio) / N excretado	0.2
Nitrógeno volatilizado (amonio) /N en fertilizante	0.1
Nitrógeno lixiviado /N en fertilizante	0.3

Anexo 2

Detalle de información relevada para confeccionar el sistema productivo arrocero

1. Preparación de la tierra y sistematización del riego:

Con el fin de estimar un gasto de combustible por ha (lt/ha) para la preparación de la tierra y la sistematización del riego, y así obtener una estimación de emisión de CO₂/ha, la información relevada fue la siguiente:

- a. Porcentaje de área sembrada con siembra convencional.
- b. Porcentaje de área sembrada con siembra convencional sobre laboreo convencional.
- c. Porcentaje de área sembrada con siembra directa sobre laboreo de verano.
- d. Porcentaje de área sembrada con siembra directa sobre campo natural, retorno o rastrojo.
- e. Porcentaje de área sembrada con sembradora en línea.

f. Porcentaje de área sembrada con sembradora al voleo.

2. Siembra:

Para estimar el largo de ciclo promedio (días) del cultivo en el país y la información de las actividades realizadas en la siembra, la información recopilada fue la que se detalla a continuación. Cabe destacar que el largo de ciclo del cultivo en días, así como el período en el que permanece inundado, son datos importantes para el cálculo de la huella de carbono en arroz ya que a partir del mismo se estiman las emisiones de metano y óxido nitroso del propio cultivo.

- a. Porcentaje de área sembrada en octubre.
- b. Porcentaje de área sembrada en noviembre.
- c. Porcentaje de área sembrada en diciembre.
- d. Porcentaje de variedades sembradas: Ciclo largo, medio y corto.
- e. Densidad de siembra promedio.

3. Riego:

En lo que respecta al riego, existen tres tipos de datos importantes a ser relevados:

- a. Fecha de inundación:
 - Porcentaje de área inundada antes de los 35 días post-emergencia del cultivo.
 - Porcentaje de área inundada después de los 35 días post-emergencia del cultivo.
- b. Consumo de agua promedio utilizado durante todo el ciclo del cultivo.
- c. Sistema de bombeo:
 - Porcentaje de área regada con bomba a gas oil.
 - Porcentaje de área regada con bomba eléctrica.
 - Porcentaje de área regada por gravedad.

En lo referente a la fecha de inundación del cultivo, como se mencionó anteriormente, este dato es importante ya que permite estimar cuánto tiempo permanece inundado el cultivo (días) y por tanto por cuánto tiempo el mismo está emitiendo GEI.

La información de sistemas de bombeo empleados para el riego y la cantidad de agua utilizada durante todo el ciclo del cultivo de arroz, se utilizan para estimar las emisiones de GEI derivadas del consumo de energía utilizados para esta actividad.

4. Fertilización:

En lo que respecta a la fertilización, se relevó el porcentaje de área fertilizado basalmente y en cobertura así como también las dosis de fertilizantes empleadas. Los datos recabados

son necesarios para la estimación del total de fertilizante utilizado y las formas de aplicación del mismo. A partir de allí se podrá analizar y estimar las emisiones de GEI derivadas del ciclo de vida de los fertilizantes (emisiones por manufactura, transporte internacional y nacional). Además se estiman las emisiones derivadas del combustible empleado para las aplicaciones.

La información relevada fue la siguiente:

- a. Porcentaje de área con fertilización basal.
- b. Porcentaje de área con una aplicación de N en cobertura.
- c. Porcentaje de área con dos aplicaciones de N en cobertura.
- d. Dosis de N empleada para la fertilización basal.
- e. Dosis de P empleada para la fertilización basal.
- f. Dosis de K empleada para la fertilización basal.
- g. Dosis de N en fertilización en cobertura.

5. Agroquímicos:

Para el caso de los agroquímicos se relevaron las mezclas utilizadas y el porcentaje de área con aplicaciones. El fin del relevamiento es el mismo que para el caso de los fertilizantes.

- a. Porcentaje de área en la que se aplica herbicidas y mezcla empleada.
- b. Porcentaje de área en la que se aplica fungicida y mezcla empleada.
- c. Porcentaje de área en la que se aplica insecticida y mezcla empleada

6. Cosecha:

Al igual que para el caso de la siembra, el objetivo de la información recabada para la cosecha fue la estimación de la duración del ciclo del cultivo. Además se estimó un gasto promedio de combustible empleado por ha en la labor.

La información relevada para la cosecha fue la siguiente:

- a. Porcentaje de área cosechada en marzo.
- b. Porcentaje de área cosechada en abril.
- c. Porcentaje de área cosechada en mayo.

7. Transporte:

En el caso del transporte se propuso estimar una distancia promedio entre los puertos, los molinos y las chacras así como también la capacidad de carga promedio de los camiones empleados para el transporte de insumos y producto. El objetivo de lograr esta información fue el de poder estimar un consumo promedio de gas-oil empleado en el transporte y las emisiones de GEI del mismo.

La información relevada fue la siguiente:

- a. Distancia (km) promedio puerto-molino
- b. Distancia (km) promedio puerto-chacra
- c. Distancia (km) promedio chacra-molino
- d. Capacidad de carga (toneladas) de las camiones empleados para el transporte de insumos (fertilizantes, agroquímicos, semilla) y producto (arroz cáscara).

8. Aplicaciones:

Para este último ítem relevado, el interés estuvo en cuantificar el porcentaje de área en la que se emplea aplicación aérea y el porcentaje de área en la que se emplea la aplicación terrestre.

La información recopilada fue la siguiente:

- a. Porcentaje de área que aplica glifosato pre-siembra por avión o por tierra.
- b. Porcentaje de área que aplica herbicida por avión o por tierra.
- c. Porcentaje de área que aplica fungicida por avión o por tierra.
- d. Porcentaje de área que aplica la primera urea por avión o por tierra.
- e. Porcentaje de área que aplica la segunda urea por avión o por tierra.

Anexo 5

Datos de actividad e insumos utilizados en el cálculo de la huella de carbono de la fase primaria.

Actividad o Insumo	Información relevada en el taller	Objetivo buscado	Información utilizada en el cálculo de HC
Preparación de la tierra, sistematización del riego y siembra	Fechas y tipos de siembra (% de área sembrada)	Estimar el uso de combustible (lt/ha)	150 lt/ha de gas oil y 170 kg de semilla/ha
Cultivo de arroz	Fechas de siembra y cosecha. Variedades utilizadas	Las emisiones de CH ₄ del cultivo están en función de la temperatura, la variedad, el	Datos de Inventario : 190 kg de CH ₄ /ha

		manejo del riego, el largo del ciclo y el rendimiento.	
Riego	Fechas de riego, consumo de agua y sistema de bombeo	Estimar las emisiones por el uso de energía (eléctrica y combustible) para el riego	Bomba a gas oil: 25 lt de gas oil/m levantado*12 m promedio de levante. Bombeo eléctrico: 19 kw/m levantado* 20 m promedio de levante
Fertilización	% de área fertilizada basalmente y en cobertura. Dosis utilizadas	Estimar las emisiones de los fertilizantes utilizados. aplicaciones	Fertilización basal: 15U-N; 50U-P; 7U-K (100% del área para NP y 50% para K). Fertilización cobertura: 40UN (60% en 1 aplicación y 40% en 2 aplicaciones).
Herbicidas	% de área con aplicaciones. Dosis empleadas.	Estimar las emisiones por el uso de herbicidas.	100% del área tratada. Glifosato 4 lt/ha Triple mezcla: Clomazone (0.8lt/ha); Quinclorac (1.2 lt/ha) y Propanil (3 lt/ha)
Fungicidas	% de área con aplicaciones. Dosis empleadas.	Estimar las emisiones por el uso de agroquímicos.	70 % del área tratada con fungicida. Tebuconazol 1 lt/ha
Cosecha	Fechas, cosecha con/sin retiro de agua (% de área)	Estimar el uso de combustible (lt/ha).	50 lt/ha
Transporte	Distancias promedio	Estimar el uso de combustible (lt/ha).	Puerto-Molino: 420 km Molino-Chacra: 80 km
Aplicaciones de fertilizantes	% de área con aplicación terrestre o aérea	Estimar el uso de combustible (lt/ha).	1er aplicación de urea: 60% por avión y 40% por tierra 2da aplicación de urea: 100% avión
Aplicaciones	% de área	Estimar el uso	Glifosato pre-siembra: 50%

de herbicidas	con aplicación terrestre o aérea	de combustible (lt/ha).	aérea y 50% terrestre. Herbicidas (triple mezcla): 80% aérea y 20% terrestre.
Aplicaciones de fungicidas	% de área con aplicación terrestre o aérea	Estimar el uso de combustible (lt/ha).	100% aérea