

***UNIVERSIDAD DE OVIEDO***

**MASTER UNIVERSITARIO EN BIOTECNOLOGÍA  
ALIMENTARIA**

**“Impactos ambientales de la producción de  
huevos: Análisis de Ciclo de Vida y Huella de  
Carbono”**

**TRABAJO FIN DE MASTER**

**POR**

**ROCÍO ABÍN RUEDA**

**JULIO, 2016**





### PROFESORES TUTORES:

Dra. Dña. Adriana Laca Pérez (Universidad de Oviedo)

Dr. D. Manuel María Mahamud López

### CERTIFICAN:

Que Dña. **Rocío Abín Rueda** ha realizado bajo nuestra dirección el Trabajo Fin de Master al que corresponde la presente memoria en el contexto de los estudios del Master Universitario en Biotecnología Alimentaria, 10ª promoción curso 2015-2016.

Oviedo, 11 de Julio de 2016

Fdo. Adriana Laca

Fdo. Manuel Mª Mahamud

VºBº

Manuel Rendueles de la Vega

Coordinador del Master en Biotecnología Alimentaria

## Agradecimientos

Quiero agradecer a mis tutores de Trabajo Fin de Máster, Adriana Laca y Manuel Mahamud, su ayuda e implicación en el buen desarrollo y realización de este trabajo. Con especial mención a la paciencia y comprensión de Adriana frente a los caóticos calendarios universitarios. Y también a Amanda Laca, que siempre tiene una palabra de ánimo que ofrecer.

A José Ramón, por su gran predisposición e inestimable cooperación sin la cual la realización de este trabajo hubiera sido imposible.

A David, por su ayuda bregando contra las insondables aguas del SimaPro.

A mis amigos, siempre presentes a pesar de la distancia, y a Arkaitz, que la atraviesa.

A mi familia, por su apoyo siempre incondicional.

Y por último a Teo, Chipi, Enya, Bianca, Kurt, Willow, Miel y Blues, que en el camino hacia sus familias dejaron algo más que pelo en mi memoria.

## Resumen

El impacto del sector alimentario en el medio ambiente es una preocupación vigente en la sociedad. Mediante el empleo de distintas herramientas de gestión medioambiental como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y la Huella de Carbono es posible identificar y cuantificar dichos impactos y sus causas, como paso previo a la implantación de estrategias que permitan una producción más sostenible.

En este trabajo se desarrolla el ACV y análisis de Huella de Carbono mediante el uso del software SimaPro de una explotación avícola productora de huevos frescos en la provincia de Asturias. El inventario se ha realizado considerando los consumos de materias primas y energéticos, emisiones directas derivadas de la actividad ganadera, así como los transportes y la gestión de los residuos. El análisis realizado indica que la producción del alimento para las gallinas es la principal causa de impacto en esta actividad. Finalmente, en base a los resultados obtenidos se formulan algunas propuestas de mejora medioambiental.

## Abstract

The environmental impact of the food sector is nowadays a social concern. There are several environmental management tools, such as Life Cycle Assessment (LCA) and Carbon Footprint Analysis, which are being used to identify and quantify environmental impacts and their causes, as a previous step to implement strategies in order to achieve a more sustainable production.

In this study, a LCA and a Carbon Footprint Analysis are developed using SimaPro software in an eggs poultry farm sited in the Asturias region. The inventory has been carried out including materials and energy consumptions, direct emissions derived from the farm activity, as well as transport and waste management. The analysis show that the production of poultry feed is the main cause of impact in this activity. Finally, in basis of results obtained, some environmental improvements are proposed.

## Lista de figuras

Figura 1.1. Estructura del huevo (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).....	2 -
Figura 1.2. Línea temporal del período desde el año 1990 al 2004, en relación con hechos relevantes en relación con la huella de carbono (Tapia, 2013) .....	4 -
Figura 2.1. Producción de huevos mundial (FAOSTAT, 2013).....	6 -
Figura 2.2. Porcentaje de producción de huevos por continente (FAOSTAT, 2013) ...	6 -
Figura 2.3. Censo medio de gallonas ponedoras en los estados miembros de la UE en 2013 (Subdirección general de productos ganaderos, 2015).....	7 -
Figura 2.4. Distribución de la producción de huevos por Comunidades Autónomas en el año 2013 (Subdirección General de Productos Ganaderos, 2015) .....	9 -
Figura 2.5. Principales efectos ambientales de la ganadería intensiva (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010) .....	10 -
Figura 2.6. Ciclo del nitrógeno (Chambers, 2001).....	12 -
Figura 2.7. Emisiones según materia prima expresados en función del contenido proteico (kg CO <sub>2</sub> eq/kg proteína) (FAO, 2013) .....	15 -
Figura 3.1. Metodología del ACV (Norma UNE-EN ISO 14040:2006).....	21 -
Figura 3.2. Categorías de impacto ambiental a efecto medio y efecto último (PRé Consultants, 2015).....	25 -
Figura 3.3. Huella de Carbono (Fuente: GHG Protocol).....	27 -
Figura 4.1. La huella de carbono como versión simplificada de ACV (Ihobe, 2009)-	32 -
Figura 4.2. Carga ambiental de distintos tipos de carne según aporte proteico y energético (Roy et al, 2012).....	34 -
Figura 4.3 Uso de combustible (Fuel Usage Intensity) para la explotación de distintas especies ícticas. (Vázquez-Rowe et al, 2013).....	35 -
Figura 5.1. Entrada de la granja objeto de estudio (Asturiana de Avicultura S.L., 2015).-	37 -
Figura 5.2. Mapa aéreo de la granja objeto de estudio (Elaboración propia, 2016)....	38 -
Figura 5.3. Gallina ponedora híbrida (Granja Santa Isabel, 2016).....	38 -

Figura 5.4. Esquema de la jaula EUROVENT-EV 1250a - EU- 60 (Big Dutchman, 2009) .....	- 39 -
Figura 5.5. Jaulas en batería en la granja estudiada (Elaboración propia, 2016) .....	- 39 -
Figura 5.6. Cintas de alimentación en la granja estudiada (Elaboración propia, 2016)- -	40
Figura 5.7. Sistema de bebederos con tetina (Big Dutchman, 2009) .....	- 41 -
Figura 5.8. Sistema de cintas transportadoras de estiércol (Big Dutchman, 2009)....	- 41 -
Figura 5.9. Bandejas de cartón reciclado para la comercialización de los huevos (Elaboración propia, 2016).....	- 42 -
Figura 6.1. Límites del sistema a estudiar .....	- 44 -
Figura 6.2. Caracterización de impactos asociados a la producción de huevos en la empresa Asturiana de Huevos según el método ReCiPe midpoint .....	- 58 -
Figura 6.3. Normalización de impactos asociados a la producción de huevos en la empresa Asturiana de Huevos según el método ReCiPe midpoint.....	- 59 -
Figura 6.4. Normalización de impactos asociados a la producción de huevos en la empresa Asturiana de Huevos según el método ReCiPe endpoint .....	- 60 -
Figura 6.5. Diagrama de bloques y cargas medioambientales para la granja avícola según el método ReCiPe midpoint. Categoría transformación de suelo natural. Valor de corte 4%.....	- 61 -
Figura 6.6. Diagrama de bloques y cargas medioambientales para la granja avícola según el método ReCiPe midpoint. Categoría ecotoxicidad terrestre. Valor de corte 4% ...	- 62 -
Figura 6.7. Diagrama de bloques y cargas medioambientales para la granja avícola según el método ReCiPe midpoint. Categoría ecotoxicidad de agua dulce. Valor de corte 4% .-	63 -
Figura 6.8. Diagrama de bloques y cargas medioambientales para la granja avícola según el método ReCiPe midpoint. Categoría ocupación de suelo urbano. Valor de corte 4% ..	64 -
Figura 6.9. Diagrama de bloques y cargas medioambientales para la granja avícola según el método ReCiPe midpoint. Categoría agotamiento mineral. Valor de corte 4% .....	- 65 -

Figura 6.10. Comparación de impactos ambientales debido al uso de distintas legumbres según el método ReCiPe midpoint. ....	- 67 -
Figura 6.11. Comparación de impactos ambientales del uso de distintos aceites según el método ReCiPe midpoint. ....	- 68 -
Figura 7.1. Alcances 1+2 de la producción de huevos según el método Greenhouse Gas Protocol.....	- 70 -
Figura 7.2. Alcance 1+2+3 de la producción de huevos según el método Greenhouse Gas Protocol.....	- 70 -

## Lista de tablas

Tabla 2.1. Producción total de huevos en la Unión Europea en 2014 en miles de toneladas (Subdirección general de productos ganaderos, 2015).....	- 7 -
Tabla 2.2. Sistema de cría de aves de puesta de distintos países (FAO, 2006).....	- 8 -
Tabla 2.3. Características de las excreciones de aves de corral (Comisión Europea, 2003) .....	- 11 -
Tabla 2.4. Fuentes de emisiones al aire (Comisión Europea, 2003) .....	- 13 -
Tabla 2.5. Emisiones de amonio en sistemas de producción avícola (International Finance Corporation, 2007) .....	- 14 -
Tabla 2.6. Concentración de metales pesados en estiércol avícola (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, 1995).....	- 18 -
Tabla 5.1. Dimensiones de cada compartimento de la jaula (Big Dutchman, 2009) .-	40 -
Tabla 6.1. Componentes del pienso.....	- 48 -
Tabla 6.2. Transportes de materias y residuos utilizados o producidos en la granja..-	51 -
Tabla 6.3. Entradas del sistema .....	- 52 -
Tabla 6.4. Emisiones al aire de la granja estudiada en el año 2015 .....	- 53 -
Tabla 6.5. Salidas del sistema.....	- 55 -
Tabla 7.1. Factores de emisión de los gases de efecto invernadero .....	- 69 -
Tabla 7.2. Huella de carbono de distintos alimentos de origen animal (Nijdam et al., 2012) .....	- 72 -

# Índice

1.	Introducción .....	- 1 -
1.1.	El huevo .....	- 1 -
1.2.	Historia de la avicultura .....	- 2 -
1.3.	Historia del Análisis de Ciclo de Vida y la Huella de Carbono .....	- 3 -
2.	El Sector Avícola de puesta .....	- 6 -
2.1.	El sector avícola en el mundo .....	- 6 -
2.2.	El sector avícola en España.....	- 8 -
2.3.	Principales impactos ambientales del sector.....	- 9 -
2.3.1.	Contaminación de las aguas subterráneas .....	- 11 -
2.3.2.	Contaminación de aguas superficiales.....	- 12 -
2.3.3.	Emisiones al aire.....	- 13 -
2.3.4.	Contaminación de suelos .....	- 18 -
2.3.5.	Ruidos.....	- 18 -
2.3.6.	Residuos .....	- 19 -
3.	Herramientas de gestión medioambiental .....	- 20 -
3.1.	Análisis de Ciclo de Vida .....	- 20 -
3.1.1.	Definición y aplicaciones .....	- 20 -
3.1.2.	Etapas del ACV .....	- 20 -
3.1.3.	Normativa internacional .....	- 25 -
3.2.	Huella de carbono .....	- 26 -
4.	El ACV y la huella de carbono en el sector alimentario .....	- 31 -
5.	Descripción de la granja avícola objeto de estudio .....	- 37 -
5.1.	Características generales .....	- 37 -
5.2.	Descripción de las instalaciones .....	- 37 -

6.	Análisis de Ciclo de Vida de la granja avícola “Asturiana de Huevos” .....	- 43 -
6.1.	Definición de objetivos y alcance .....	- 43 -
6.1.1.	Función del sistema .....	- 43 -
6.1.2.	Sistema a estudiar .....	- 43 -
6.1.3.	Unidad funcional .....	- 43 -
6.1.4.	Límites del sistema .....	- 43 -
6.1.5.	Metodología de evaluación de impacto y categorías de impacto consideradas.....	- 44 -
6.1.6.	Calidad de los datos .....	- 46 -
6.2.	Inventario del ACV .....	- 47 -
6.2.1.	Entradas .....	- 47 -
6.2.2.	Salidas.....	- 53 -
6.3.	Evaluación de impacto del ciclo de vida.....	- 56 -
6.4.	Discusión de resultados y propuestas de mejora. ....	- 65 -
7.	Huella de carbono.....	- 69 -
7.1.	Alcance 1 + 2 de la granja “Asturiana de Huevos” .....	- 69 -
7.2.	Alcance 1 + 2 + 3 de la granja “Asturiana de Huevos” .....	- 70 -
7.3.	Interpretación de los resultados .....	- 71 -
8.	Conclusiones .....	- 73 -
9.	Bibliografía.....	- 74 -

# **1. Introducción**

## **1.1. El huevo**

El huevo es un alimento de origen animal usual en la dieta debido a sus grandes propiedades nutricionales, entre las que destaca su riqueza en proteínas de alto valor biológico. Cuando hablamos de huevos nos referimos a los que proceden de las gallinas, ya que son lo más comúnmente consumidos. Si estos tienen procedencia distinta debemos especificar el tipo de animal en concreto. Los huevos destinados al consumo humano habitualmente son huevos sin fecundar.

La gallina produce un huevo cada 24-26 horas, independientemente de que estos sean o no fecundados por un gallo. El huevo se forma en el aparato reproductor de la gallina, el proceso de formación es complejo y comprende desde la ovulación hasta la puesta del huevo. En el ovario de la gallina, el óvulo se desarrolla para originar una yema que será liberada durante la ovulación pasando al oviducto. En su paso a través de éste se van formando las distintas estructuras que protegen a la yema hasta llegar al útero donde termina de hidratarse y estructurarse antes de formarse la cáscara. Cuando el huevo está formado se produce su expulsión.

El peso medio de un huevo está en torno a los 60 g, de los cuales aproximadamente la clara representa el 60%, la yema el 30% y la cáscara, junto a las membranas, el 10% del total. Cada parte del huevo tiene unas características físicas y químicas distintas y cuenta con múltiples aplicaciones culinarias.

La cáscara es la cubierta exterior del huevo encargada de mantener la integridad física y biológica del huevo. Está constituida, en su mayor parte, por una matriz cálcica aunque también se encuentran otros minerales y está atravesada por numerosos poros que permiten el intercambio gaseoso entre el interior y el exterior. Bajo la cáscara se encuentran dos membranas testáceas, entre las que se encuentra una cámara de aire, que rodean el albumen y lo protegen contra la penetración bacteriana.

La siguiente capa es la clara, en la que se distinguen dos partes, el albumen denso que rodea a la yema y es la principal fuente de proteína, y el albumen fluido, más próximo a la cáscara. La clara está compuesta por agua en un 88% y proteína en un 12%,

principalmente ovoalbúmina. En la clara se encuentran más de la mitad de las proteínas del huevo y no hay lípidos, también se encuentran algunas vitaminas.

Sujetando la yema para que quede centrada se encuentran las chalazas que van desde la yema hasta los dos polos opuestos del huevo. La yema es la parte central y anaranjada del huevo. Está rodeada de la membrana vitelina, que la separa del albumen. En la yema se encuentran las principales vitaminas, lípidos y minerales del huevo, con un contenido en agua de aproximadamente el 50%. En su interior se encuentra el disco germinal donde se inicia la división de las células embrionarias cuando el huevo está fecundado (Coutts et al., 2007).

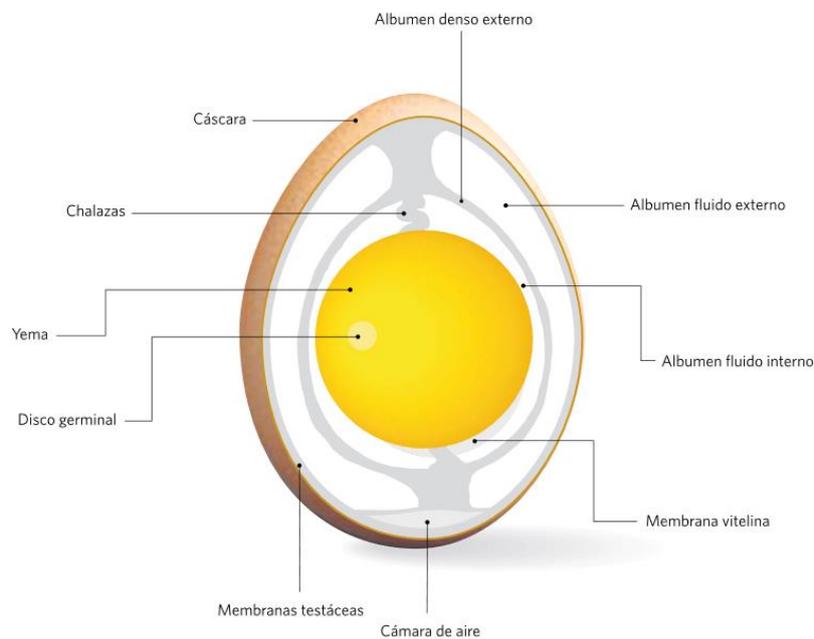


Figura 1.1. Estructura del huevo (Instituto de Estudios del Huevo, 2009)

## 1.2. Historia de la avicultura

La avicultura comenzó con la domesticación de la gallina (*Gallus gallus*) hace 8.000 años en Asia dando origen a un sector en la producción ganadera que actualmente está extendido por todo el mundo debido a la inexistencia de tabúes importantes sobre su consumo.

Desde la India, acompañando a las tribus nómadas, las gallinas cruzaron Mesopotamia hasta llegar a Grecia. Más tarde serían los celtas quienes en sus rutas de conquista fueron dejando núcleos de población que facilitaron la propagación de las gallinas por toda Europa. Se cree que el período de mayor dispersión tuvo lugar durante la Edad del Hierro. Aquellas gallinas primitivas ponían alrededor de 30 huevos al año.

Esta actividad ha estado ligada al medio rural como actividad complementaria durante la mayor parte de la historia. Utiliza con eficiencia los recursos locales, requiere pocos insumos y hace importantes contribuciones de carácter económico, social y cultural a la mejora de las condiciones de vida de los hogares campesinos. Las aves de corral, presentan numerosas ventajas, son pequeñas, se reproducen fácilmente, no requieren grandes inversiones y ellas mismas pueden procurarse, al menos en parte, su alimentación (Alders, 2005).

En la segunda mitad del siglo XX, en los países desarrollados durante la industrialización tuvo lugar el éxodo de la población a las ciudades. Con el fin de satisfacer la nueva demanda de proteínas de la distribución alimentaria moderna, se produjo la industrialización de las explotaciones ganaderas, incluyendo la avicultura. La industrialización de la avicultura comenzó con la selección genética de la raza Leghorn, punto de partida de las razas actuales, y los avances en nutrición y patología aviar (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

### **1.3. Historia del Análisis de Ciclo de Vida y la Huella de Carbono**

Durante la industrialización comienzan a hacerse presentes preocupaciones sobre el cambio climático provocado por las actividades antropogénicas, así como el deterioro del entorno y el consumo de recursos llegando a entrar por primera vez en la agenda política mundial con la realización de la Conferencia sobre Medio Ambiente Humano de Estocolmo en 1972.

Previamente a este evento se materializaron los primeros estudios de carácter medioambiental que trataban de calcular el consumo de recursos y los impactos medioambientales asociados a determinados productos. Un ejemplo es el estudio realizado en 1969 por el Midwest Research Institute (MRI) para Coca-Cola Company con objeto de determinar las cantidades de energía, materiales e impactos ambientales

asociados al ciclo de vida de envases, considerando desde la extracción de materias primas hasta su disposición final (Chacón, 2008). En 1973 se crea el primer software para lo que hoy se conoce con el nombre Análisis de Ciclo de Vida, método analítico que contempla y hace una interpretación de los impactos potenciales de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida, aunque esta denominación no se acogió hasta 1991.

La principal organización que ha desarrollado discusiones científicas sobre el ACV ha sido la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry). En 1993 formuló el primer código internacional sobre el ACV (Code of Practice for Life Cycle Assessment), con el fin de homogeneizar la metodología a emplear, impulsando el desarrollo de esta herramienta de gestión ambiental. Y en 1997 se publicó la primera norma internacional de la serie ISO 14040 sobre ACV titulada “Environmental Management – Life Cycle Assessment: Principles and Framework” (Chacón, 2008).

Además durante los años 90 se realizaron distintos eventos, desde la creación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1992 durante la Primera Cumbre de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en Río de Janeiro hasta 1997 donde los treinta países más industrializados del mundo firmaron el Protocolo de Kioto comprometiéndose a reducir un promedio de 5,2% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) entre los años 2008 y 2012 tomando como referencia los niveles emitidos en el año 1990.

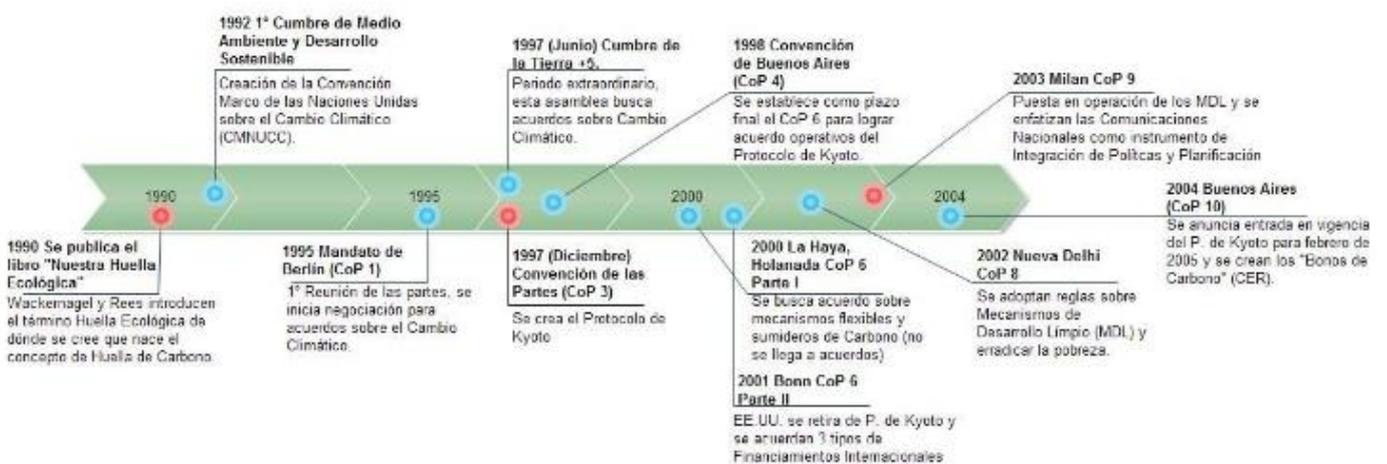


Figura 1.2. Línea temporal del período desde el año 1990 al 2004, en relación con hechos relevantes en relación con la huella de carbono (Tapia, 2013)

En este contexto Wackernagel y Rees introdujeron en 1996 el concepto de Huella Ecológica como una medida sencilla para medir la sostenibilidad en una sociedad de consumo. Este parámetro tiene por objeto traducir todos los impactos ambientales antropogénicos en hectáreas de terreno productivo necesarios para producir los recursos consumidos y los residuos generados en un periodo de tiempo determinado. Basándose en este concepto, Høgevoid definió por primera vez en 2003 el término de Huella de Carbono que sería el indicador de emisiones de GEI expresadas en CO<sub>2</sub> equivalentes (CO<sub>2</sub> eq). A pesar de ser un término cuyo uso se ha generalizado, hasta el momento no existe consenso absoluto sobre su definición conceptual dentro de la comunidad científica (Tapia, 2013).

## 2. El Sector Avícola de puesta

### 2.1. El sector avícola en el mundo

En el año 2013 la producción mundial de huevos fue de 68 millones de toneladas según la FAO siguiendo la tendencia creciente de los años previos. El continente con mayor presencia en la avicultura de puesta es Asia, siendo responsable de más de la mitad de la producción mundial, seguido de América y Europa.

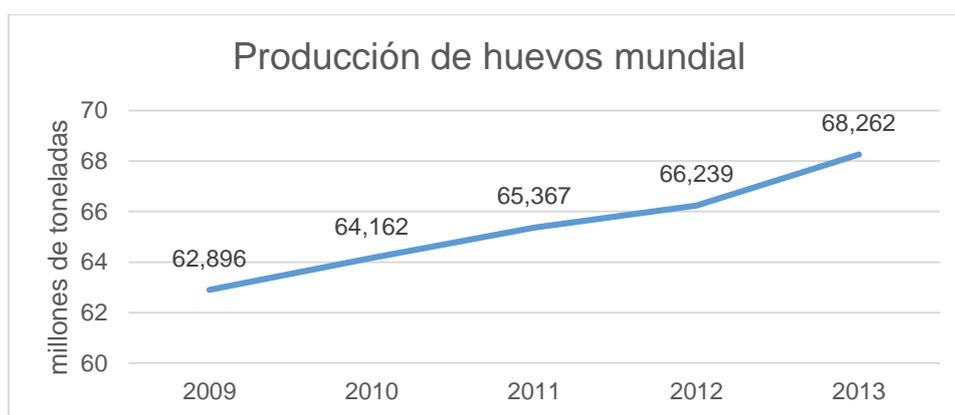


Figura 2.1. Producción de huevos mundial (FAOSTAT, 2013)

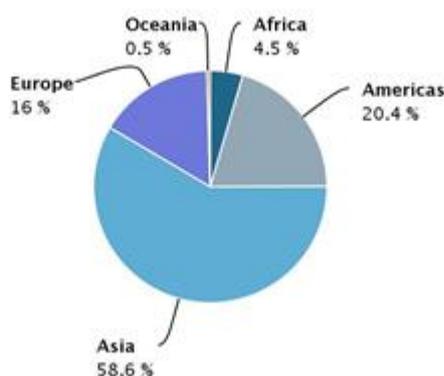


Figura 2.2. Porcentaje de producción de huevos por continente (FAOSTAT, 2013)

Sólo China produjo casi 25 millones de toneladas de huevos. El siguiente país más productivo fue Estados Unidos, con 5.6 millones de toneladas, casi un quinto respecto al país asiático. Dentro de Europa el mayor productor es Ucrania, ocupando el noveno puesto mundial con 1.1 millones de toneladas producidas en 2013. Dentro de la Unión

Europa, Francia es el país que más huevos produce, generando el 13.8% de la producción, seguido de Alemania e Italia.

Tabla 2.1. Producción total de huevos en la Unión Europea en 2014 en miles de toneladas (Subdirección general de productos ganaderos, 2015)

Producción total de huevos en la Unión Europea, año 2014 (000 tm)		
Países	Miles de tm	%
Bélgica	200	2,7
Alemania	865	11,8
R. Checa	150	2,0
España	798	10,9
Francia	1.012	13,8
Italia	820	11,2
Holanda	729	9,9
Hungría	152	2,1
Polonia	575	7,8
Rumanía	360	4,9
R. Unido	731	9,9
Resto UE	958	13,0
Total	7.350	100,0

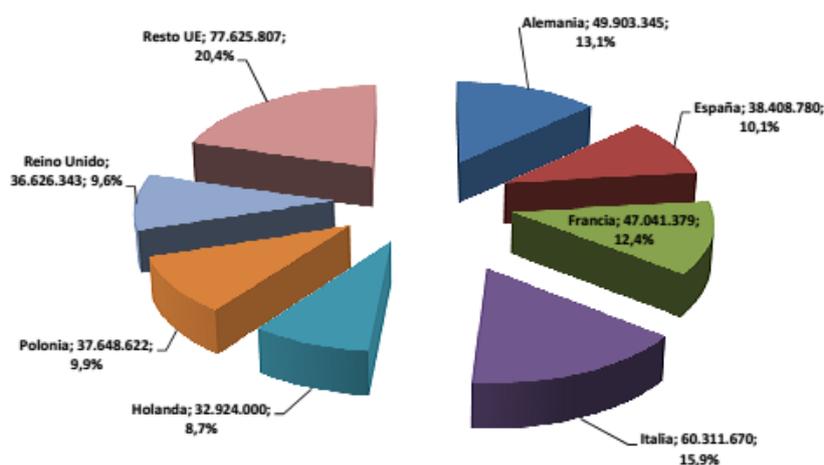


Figura 2.3. Censo medio de gallinas ponedoras en los estados miembros de la UE en 2013 (Subdirección general de productos ganaderos, 2015)

Respecto al número de aves, en 2011 había 6.600 millones de gallinas ponedoras en el mundo, de las cuales 360 millones pertenecían a los estados miembros de la Unión Europea. En 2013 la distribución del censo de aves en los países miembros de la UE se correspondía con los datos mostrados en la figura 2.3.

Respecto al sistema de cría de las aves empleado a nivel mundial, destaca una gran presencia del sistema de jaula, aunque varía según el país. En la Unión Europea también predomina este sistema productivo, siendo su presencia superior a un 90% en algunos países como Estonia, Letonia, Portugal y Malta. Por el contrario, es un sistema poco utilizado en Luxemburgo, Alemania, Austria o Países Bajos (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2010)

*Tabla 2.2. Sistema de cría de aves de puesta de distintos países (FAO, 2006)*

<b>País</b>	<b>% Jaula</b>	<b>% Suelo</b>	<b>% Campero</b>
<i>Argentina</i>	100	0	0
<i>Australia</i>	79	6	15
<i>Canadá</i>	98	1	1
<i>China</i>	65	10	25
<i>India</i>	78	22	0
<i>Japón</i>	95	0	5
<i>Suiza</i>	0	40	60
<i>USA</i>	98	0	2

En relación al consumo, la FAO estima que el consumo mundial oscilaba alrededor de los 9 kg per cápita anuales en 2009. Este consumo es algo más alto en la Unión Europea considerándose un consumo de 12 kg/cap año según la Comisión Europea y siendo Dinamarca el país donde se consumen más huevos por persona, con 16.8 kg/cap año y Países Bajos el que menos, 7.5 kg/cap año. Esto se relaciona con el hecho de que el mayor exportador de huevos del mundo son los Países Bajos exportando el 30% de la producción, cuando China, el mayor productor sólo exporta un 4.4%. Alemania es el país que más huevos importa, seguido de Iraq.

## **2.2. El sector avícola en España**

La producción de huevos en España en 2013 fue de 982284 millones de toneladas. En España la producción se realiza en unidades productivas de tamaño mediano-grande y con una fuerte tecnificación y especialización. Se ha reducido en un 34.7% el número de explotaciones en España desde el año 2007, cuando había 1796, hasta el año 2014, que terminó con 1172 explotaciones dedicadas a la producción de este producto (Subdirección

General de Productos Ganaderos, 2015). Como consecuencia, se han reducido tanto el número de gallinas en el censo, de 50.495 a 44.668 aves, como la cantidad de huevos producida, de 1091 millones de docenas hasta los 982 millones de docenas. La distribución de la producción entre las Comunidades Autónomas se observa en la figura 2.4. El mayor productor es Castilla-La Mancha abarcando el 26.2% de la producción nacional, seguido de Castilla y León, con el 17.2% y Aragón con el 11.8%.

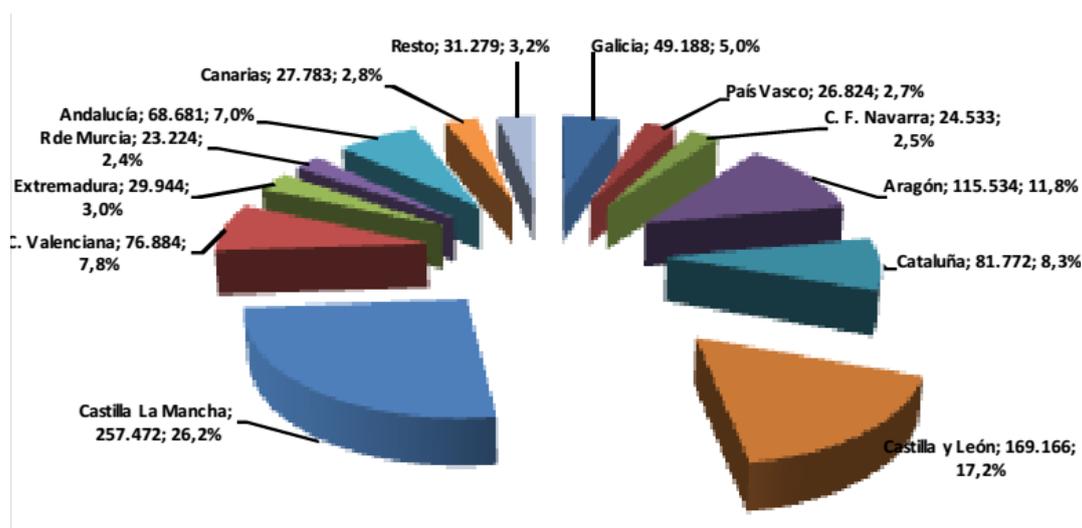


Figura 2.4. Distribución de la producción de huevos por Comunidades Autónomas en el año 2013 (Subdirección General de Productos Ganaderos, 2015)

La presencia de la avicultura es muy reducida en las Comunidades del Principado de Asturias, Comunidad Foral de Navarra y especialmente en la Comunidad Autónoma de Cantabria dónde sólo se produjeron 518 millones de toneladas de huevos en el año 2013.

En cuanto al consumo, en el año 2014 se consumieron 380015 toneladas de huevos en España. Se trata de un país autoabastecido, que exporta a otros países. En ese mismo año se exportaron 184742 toneladas de huevos, de las cuales 170041 toneladas se dirigieron a la Unión Europea.

### 2.3. Principales impactos ambientales del sector

Los efectos medioambientales ligados a las grandes explotaciones avícolas son similares a los que se generan en otras explotaciones de tipo intensivo. Así, los principales aspectos están relacionados con la producción de estiércoles, debido a que, si bien son productos que inicialmente no contienen compuestos de alto riesgo medioambiental, la producción

y acumulación de los mismos en grandes volúmenes pueden plantear problemas de gestión. El estiércol de las aves contiene macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y algunos micronutrientes por lo que se pueden generar compuestos fácilmente volatilizables y gases tales como el amoníaco, el metano y el óxido nitroso. También pueden contener metales pesados, antibióticos y pesticidas como consecuencia de la alimentación recibida. Como resultado los problemas medioambientales están ligados principalmente al volumen generado de estiércol y a su gestión posterior.

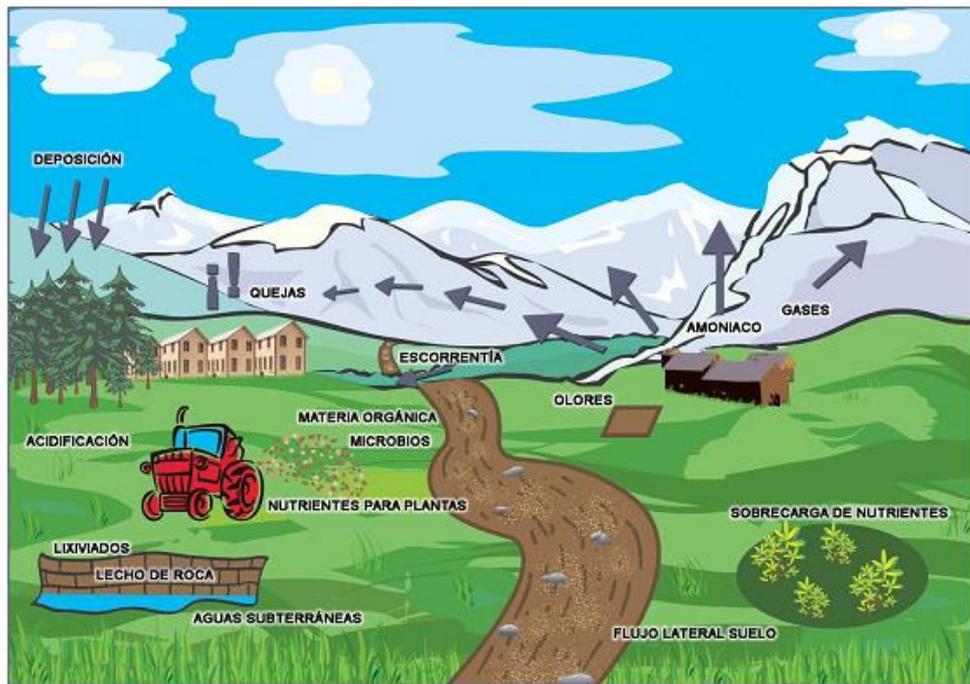


Figura 2.5. Principales efectos ambientales de la ganadería intensiva (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010)

Tabla 2.3. Características de las excreciones de aves de corral (Comisión Europea, 2003)

Species	Housing system	Manure produced		Nutrients (% of dry weight)						
		kg/birdplace/yr	Dm (%)	Total N	NH <sub>4</sub> -N	Uric acid-N	P	K	Mg	S
Laying hens	Battery – open storage	73 – 75	14 – 25	4.0 – 7.8	no data	no data	1.2 – 3.9	no data	no data	no data
	Deep-pit housing	70	23.0 – 67.4	2.7 – 14.7	0.2 – 3.7	<0.1 – 2.3	1.4 – 3.9	1.7 – 3.9	0.3 – 0.9	0.3 – 0.7
	Stilt housing	no data	79.8	3.5	0.2	0.3	2.9	2.9	0.7	0.7
	Battery – belt scrapers	55	21.4 – 41.4	4.0 – 9.2	0.5 – 3.9	<0.1 – 2.7	1.1 – 2.3	1.5 – 3.0	0.3 – 0.6	0.3 – 0.6
	Battery – manure belt (forced drying)	20	43.4 – 59.6	3.5 – 6.4	no data	no data	1.1 – 2.1	1.5 – 2.8	0.4 – 0.8	no data
	Manure belt (forced drying)/drying afterwards	no data	60 – 70	no data	no data	no data	no data	no data	no data	no data
	Deep litter (free range)	no data	35.7 – 77.0	4.2 – 7.6	0.7 – 2.2	1.7 – 2.0	1.4 – 1.8	1.6 – 2.8	0.4 – 0.5	0.3 – 0.7
	Aviary system	no data	33.1 – 44.1	4.1 – 7.5	0.5 – 0.9	1.9 – 2.3	1.2 – 1.4	1.6 – 1.8	0.4 – 0.5	0.4 – 0.5
Broilers	Deep litter (5 – 8 crops)	10 – 17	38.6 – 86.8	2.6 – 10.1	0.1 – 2.2	<0.1 – 1.5	1.1 – 3.2	1.2 – 3.6	0.3 – 0.6	0.3 – 0.8
Turkeys (meat)	Deep litter (2.3 – 2.7 crops, female and male birds)	37	44.1 – 63.4	3.5 – 7.2	0.5 – 2.3	<0.1 – 1.1	1.3 – 2.5	1.9 – 3.6	0.3 – 0.7	0.4 – 0.5
Ducks	Various (deep litter to fully slatted)	no data	15 – 72	1.9 – 6.6	1.2	<0.1	0.7 – 2.0	2.2 – 5.6	0.2 – 0.7	0.3

### 2.3.1. Contaminación de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas son un recurso destinado principalmente a satisfacer el consumo humano, por lo que deben protegerse en cuanto a su aptitud y salubridad. Las fuentes agrarias son la principal causa de contaminación por nitratos de las fuentes hídricas debido a las prácticas inadecuadas de abonado con estiércol que pueden provocar que el contenido en nitratos sea superior al considerado apto para el consumo humano (50 mg/L).

Cuando se aplica estiércol al terreno con fines agrícolas, el amonio (principal componente nitrogenado del estiércol) sufre un proceso de oxidación (nitrificación) mediante el cual se transforma en nitrato. El nitrato es una forma muy soluble que se mueve fácilmente en el perfil de suelo, de tal manera que todo lo que no es absorbido por el cultivo es susceptible de lixiviación siendo, por tanto, fuente potencial de contaminación de aguas subterráneas (Burton y Turner, 2003).

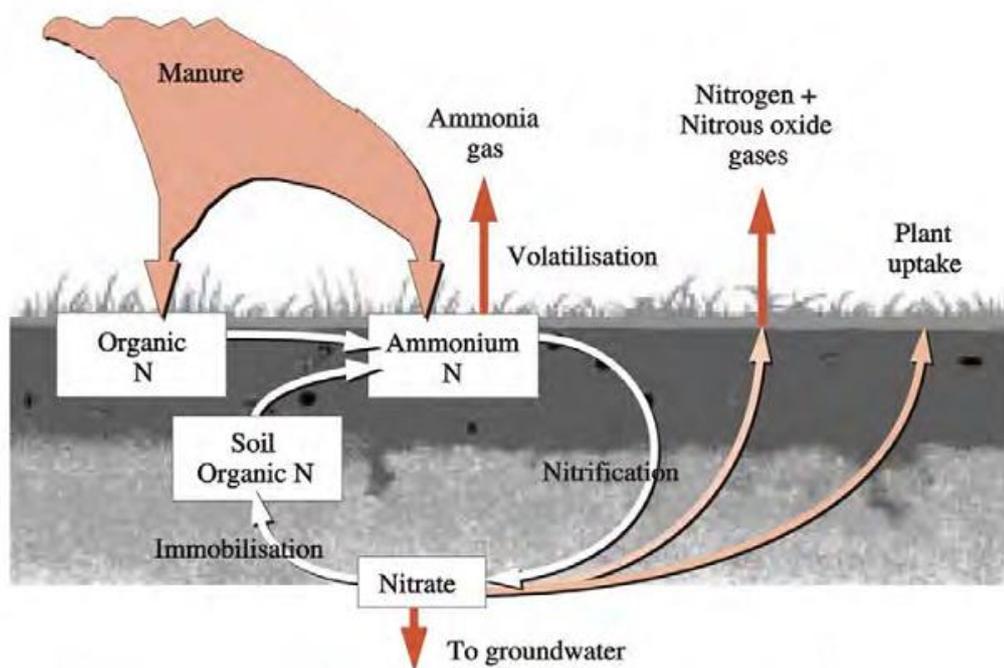


Figura 2.6. Ciclo del nitrógeno (Chambers, 2001)

### 2.3.2. Contaminación de aguas superficiales

Los productos con alta carga de materia orgánica y de nutrientes, como el estiércol, pueden generar problemas de eutrofización si alcanzan las aguas superficiales. Actualmente se estima que el 50% de las fuentes de fósforo de las aguas superficiales de la Unión Europea provienen de la aplicación del estiércol (European Sustainable Phosphorus Platform, 1997). Por esta razón, sólo las explotaciones que dispongan de sistemas de depuración podrán verter sus efluentes a los cauces, siempre y cuando cuenten y cumplan con la correspondiente autorización de vertido.

También deben respetarse perímetros de protección determinados por la Ley de Aguas y dispuesto en los planes hidrológicos de las cuencas para evitar posibles problemas de escorrentía que pudieran producirse tras la aplicación de estiércoles al terreno.

Otro riesgo potencial de contaminación de las aguas superficiales puede provenir de posibles incidentes en los sistemas de almacenamiento (desbordamiento o fugas), o por lixiviados producidos desde sistemas de almacenamiento de estiércoles sólidos.

El estiércol también puede contener patógenos como *Cryptosporidium spp.* y *Giardia spp.* que pueden propagarse a fuentes hídricas y permanecer viables en el ambiente durante largos periodos (Bowman et al, 2000).

Por último, hay que tener en cuenta que también se aportan contaminantes a las aguas superficiales por vía aérea. Las condiciones meteorológicas y ambientales juegan un papel decisivo a la hora de valorar la dispersión de los contaminantes gaseosos desde las fuentes de emisión y su deposición en medios cercanos o lejanos, pudiendo convertirse en fuentes difusas de contaminación. En este sentido, deben considerarse las emisiones de amoniaco a la atmósfera como participantes en problemas de acidificación en las aguas superficiales y como un aporte más de nitrógeno al medio, que contribuye a los procesos de eutrofización.

### 2.3.3. Emisiones al aire

La mayoría de los gases producidos por la ganadería se generan como consecuencia de procesos naturales tales como el metabolismo animal y la degradación del estiércol. Su emisión depende de diferentes factores asociados al diseño y mantenimiento de las instalaciones, así como a la gestión que se realice durante los procesos de almacenamiento, tratamiento y reutilización agrícola de los estiércoles.

Tabla 2.4. Fuentes de emisiones al aire (Comisión Europea, 2003)

Emisiones al aire	Punto de producción
<i>Amoniaco</i>	Alojamiento animales, almacenamiento y aplicación en campo
<i>Metano</i>	Alojamiento animales, almacenamiento y aplicación del estiércol
<i>Óxido nitroso</i>	Almacenamiento y aplicación de estiércol
<i>Dióxido de carbono</i>	Alojamiento animales, electricidad y transporte
<i>Olor</i>	Alojamiento animales, almacenamiento y aplicación en campo
<i>Polvo</i>	Preparación y almacenamiento del pienso, alojamiento animales, almacenamiento y aplicación de estiércol solido

A continuación se detallan las principales emisiones al aire que tienen lugar en explotaciones intensivas de animales, incluyendo a las explotaciones avícolas:

- Emisiones de amoniaco

La mayor parte de las mejores técnicas disponibles se basan en estrategias para reducir la emisión de este compuesto debido a que:

- El sector agrícola es la mayor fuente de emisiones de amoníaco a la atmósfera (80-90% del total). El incremento del uso de fertilizantes y de los aportes de nitrógeno al ganado a través del pienso ha provocado un gran incremento de las emisiones de amoníaco en los últimos 50 años.
- El amoníaco puede dañar los hábitats sensibles a niveles altos de nitrógeno y provoca acidificación y eutrofización.
- En el proceso de producción del amoníaco se puede intervenir mediante diferentes estrategias, con mayor facilidad que para otros gases, lo que facilita la implantación de estrategias de reducción.
- El amoníaco es también uno de los principales componentes asociados a los malos olores que causan molestias a las poblaciones cercanas.

El amoníaco procede de la descomposición de la urea, en el caso de las aves el ácido úrico excretado se transforma rápidamente a urea en condiciones ambientales.



Tabla 2.5. Emisiones de amonio en sistemas de producción avícola (International Finance Corporation, 2007)

Tipo de estabulación	Media de emisión (g NH <sub>3</sub> / kg de peso vivo / h)
<i>Gallinas ponedoras en jaula con foso</i>	6.9
<i>Gallinas ponedoras en jaula con cinta y limpieza semanal</i>	2.9
<i>Aves encamadas</i>	5.5

Los principales factores que afectan a la producción de amoníaco son la temperatura del estiércol, la temperatura ambiente, la ventilación, el pH del estiércol, su contenido en amonio y la superficie de contacto estiércol-aire.

El amoníaco permanece durante un periodo de tiempo relativamente corto en la atmósfera, entre 3 y 7 días, según las condiciones climáticas, además una parte del amoníaco puede reaccionar en la atmósfera formando compuestos y aerosoles amoniacales que pueden trasladarse a distancias mayores. En este caso son depositados sobre el terreno o las aguas, junto con la lluvia o la nieve. La deposición del amoníaco, tanto directamente como mediante estos compuestos secundarios, contribuye a la acidificación y a la eutrofización de los medios receptores.

- Emisiones de gases de efecto invernadero

Como ocurre en otras explotaciones intensivas, las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción avícola hacen referencia al metano, óxido nítrico y dióxido de carbono. Sin embargo, como se puede ver en la figura, la contribución del sector avícola, incluido el manejo de los estiércoles, a la emisión de gases de efecto invernadero es bastante más baja que otros sectores ganaderos como los rumiantes que emiten metano como parte de su metabolismo.

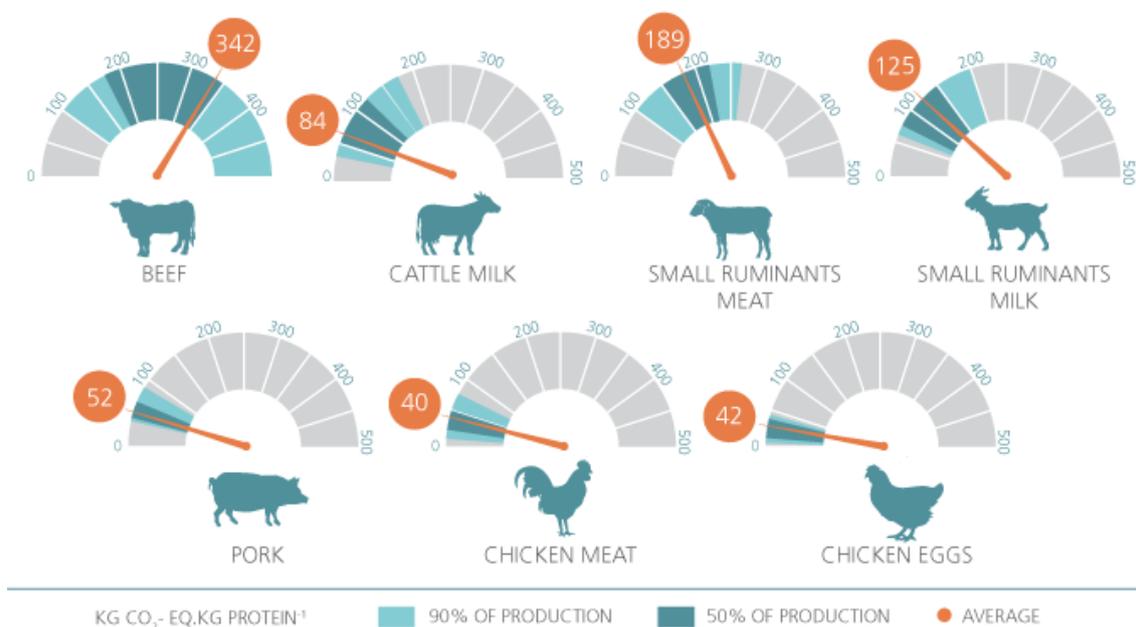


Figura 2.7. Emisiones según materia prima expresados en función del contenido proteico (kg CO<sub>2</sub> eq/kg proteína) (FAO, 2013)

Las posibilidades de intervenir en la producción de estas emisiones están muy limitadas:

- Emisiones de metano

En las explotaciones avícolas se origina como consecuencia de los procesos anaerobios en el tracto digestivo de los animales y durante el almacenamiento del estiércol. La cantidad de metano producida por el animal depende principalmente de las características de los ingredientes de la dieta, especialmente de su contenido en fibra aunque los niveles de producción en aves son bajos. Tampoco se producen grandes cantidades de metano cuando el estiércol es manejado en forma seca o depositado por los animales en pastoreo, al estar en contacto con el aire.

– Emisiones de óxido nitroso

Se produce como parte del proceso de desnitrificación, fenómeno que ocurre de forma natural en el propio suelo por la acción de microorganismos anaerobios que transforman los nitratos a formas reducidas de nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{N}_2$ ) que se eliminan a la atmósfera por su carácter volátil.



Este fenómeno no sólo afecta al nitrógeno nativo presente en el suelo sino que se ve incrementado como consecuencia de la aplicación de compuestos nitrogenados como el estiércol al terreno.

Durante el almacenamiento del estiércol también se produce desnitrificación, pero en menor cantidad que durante la aplicación del estiércol en la tierra. La desnitrificación se activa cuando el suelo se somete a procesos de anaerobiosis. Por esta razón, las mayores pérdidas ocurren en los días posteriores al riego o a la lluvia y se incrementan al aplicar fertilizantes nitrogenados junto a materia orgánica.

– Emisiones de dióxido de carbono

El dióxido de carbono es, junto a los dos gases mencionados en los apartados anteriores, el tercer gas más importante de efecto invernadero originado en la actividad ganadera. Se produce a través de procesos aeróbicos de degradación de compuestos orgánicos (respiración, metabolismo animal, compostaje o mineralización en suelos, por ejemplo). Las cantidades derivadas de la actividad biológica son a escala global despreciables en relación a los producidos por otras fuentes de emisión (motores de combustión e

industria). Por esta razón, en la práctica, la mejor forma de incidir en la reducción de emisiones de dióxido de carbono en las explotaciones ganaderas es a través de programas de uso eficiente de la energía.

- Olor

El olor es el impacto más directamente perceptible de todos los que se producen en una explotación ganadera siendo el problema que más sensibiliza a la población. El olor es la percepción del efecto de una sustancia olorosa cuando es detectada por el sistema olfativo, es una cuestión subjetiva pero necesario de abordar, puesto que es la principal fuente de molestias a las poblaciones cercanas, pudiendo llegar incluso a reducir el valor económico de las propiedades colindantes.

De los elementos químicos presentes en los residuos ganaderos que contribuyen a la generación de malos olores cabe destacar al amoníaco, al ácido sulfhídrico y los compuestos orgánicos volátiles que se generan en el intestino grueso por la acción de las bacterias anaeróbicas (Burton y Turner, 2003).

El olor puede provenir de fuentes fijas, como son los alojamientos y las infraestructuras de almacenamiento, o bien de fuentes temporales como las emisiones producidas durante la aplicación de estiércoles al terreno. Por tanto, el impacto por generación de malos olores depende fundamentalmente de la ubicación, tamaño y tipo de instalaciones de la granja, así como por los procedimientos utilizados para la distribución de estiércoles.

- Polvo

Normalmente, el polvo no provoca importantes problemas medioambientales alrededor de las granjas, pero puede causar alguna molestia durante épocas secas o ventosas. El polvo proviene normalmente del encamado de los animales y de partículas de pienso y por tanto se encuentra en niveles superiores en sistemas productivos con encamado que en sistemas de jaula. Dentro de los alojamientos animales, el polvo puede afectar tanto a las vías respiratorias de los animales como a las de los operarios.

### 2.3.4. Contaminación de suelos

Cuando se aplica estiércol que contenga metales pesados al suelo como fertilizante, estos suponen un riesgo potencial debido a su carácter acumulativo en el medio. El efecto que producen los metales pesados es de difícil evaluación ya que en general son efectos a largo plazo. Pueden causar daños tanto sobre los microorganismos del suelo, alterando los procesos naturales en que intervienen, como sobre las plantas, con efectos de fitotoxicidad. El contenido en metales pesados de las deyecciones es muy variable, y está relacionado fundamentalmente con la composición del pienso consumido por los animales, ya que su capacidad de asimilación es muy escasa (Bolan et al, 2004). Los metales pesados aparecen en general en concentraciones muy bajas, siendo los más frecuentes el cobre, el zinc, el hierro y el magnesio, que en función de la concentración pueden actuar como micronutrientes. Además, se pueden encontrar cantidades traza de otras sustancias como el cadmio, el plomo, el arsénico y el mercurio. Aunque su efecto es acumulativo, en suelos alcalinos tienden a hacerse insolubles e inmóviles, no siendo por tanto asimilables por los cultivos (Burton y Turner, 2003).

Tabla 2.6. Concentración de metales pesados en estiércol avícola (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, 1995)

Tipo de estiércol	Metal pesado (mg/kg de materia seca)					
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
<i>Húmedo</i>	0.2 – 0.3	<0.1 – 7.7	48 – 78	7.1 – 9.0	6.0 – 8.4	330 - 456
<i>Seco</i>			32 - 50			192 – 300

### 2.3.5. Ruidos

El ruido, al igual que el olor, es un problema local y las perturbaciones se pueden disminuir al mínimo con un plan de actividades apropiado. La relevancia de este problema puede aumentar con el desarrollo de zonas residenciales en áreas tradicionalmente ganaderas. Además, el ruido es un factor a considerar ya que puede afectar al bienestar animal y la productividad de éstos, así como a la capacidad auditiva de los trabajadores.

En la avicultura de puesta el ruido se debe principalmente a los sonidos emitidos por las aves y a los sistemas de ventilación, alimentación y recogida de huevos, la rutina de limpieza y el manejo del estiércol, el transporte de materias primas y productos y en los

casos en los que el alimento se mezcle en la propia granja también a la unidad de molido y mezcla (Metcalf, 1999).

### **2.3.6. Residuos**

Los cadáveres de animales que mueran sin ser sacrificados para el consumo humano, como está establecido en el Reglamento CE/1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, se consideran como material de la categoría 2. Estos residuos deberán eliminarse directamente como residuos mediante incineración en la propia granja con un sistema autorizado, o bien serán entregados a un gestor para su transformación en una planta autorizada. Excepcionalmente, las autoridades competentes podrán definir otros destinos como el enterramiento in situ cuando se originen en zonas remotas o la alimentación para animales silvestres en áreas previamente autorizadas.

Los otros residuos asociados al proceso productivo (envases vacíos de medicamentos, plásticos o residuos asimilables a urbanos) están regulados por la Ley 10/1998, de residuos y el RD 833/88 de residuos peligrosos. Estos residuos se codifican según la lista Europea de Residuos (LER), que figura en la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. Dentro de este grupo, requieren mención especial los envases de medicamentos y otros materiales sanitarios. Conforme a lo dispuesto en la citada Ley, alguno de los residuos sanitarios generados en las explotaciones ganaderas tiene la consideración de peligroso, debiendo ser depositados en recipientes adecuados y gestionados como tales. El resto de los residuos sanitarios, constituidos principalmente por los envases de medicamentos, no tienen la categorización legal de peligrosos, pero tampoco son asimilables a urbanos, por lo que también deben almacenarse en contenedores especiales y gestionarse adecuadamente a través de un gestor autorizado.

## **3. Herramientas de gestión medioambiental**

### **3.1. Análisis de Ciclo de Vida**

#### **3.1.1. Definición y aplicaciones**

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV o Life Cycle Analysis, LCA, en inglés) es una herramienta de evaluación de los aspectos medioambientales y posibles impactos asociados a un producto, un proceso productivo o una actividad a lo largo del ciclo de vida de los mismos, es decir, considera un producto desde su origen como materia prima hasta su final como residuo, teniendo en cuenta fases intermedias como el transporte, manufactura, distribución, etc.

El ACV permite observar la distribución de las cargas medioambientales a lo largo de la vida útil de un producto o proceso, identificando y cuantificando la utilización de recursos y energía, así como las emisiones al entorno, para determinar el impacto en el medio ambiente, y así evaluar y llevar a la práctica posibles estrategias de mejora ambiental.

La información proporcionada por un ACV realizado a un producto o proceso productivo puede contribuir en aspectos tales como la toma de decisiones o el marketing. A continuación se resumen. A continuación se resumen las principales aplicaciones del ACV son (Ihobe, 2014):

- Desarrollo de nuevos productos o procesos medioambientalmente más “amigables” (ecodiseño).
- Marketing de productos y/o servicios ( mejora de la imagen de empresa)
- Selección de indicadores de comportamiento medioambiental
- Desarrollo de políticas ambientales
- Definición y establecimiento de estrategias y leyes ambientales
- Identificación de acciones de mejora medioambiental
- Ecoetiquetado y declaración de productos ecológicos

#### **3.1.2. Etapas del ACV**

Los estudios de ACV utilizan una metodología muy concreta (Norma UNE-EN ISO 14040:2006), que tiene 4 fases:



Figura 3.1. Metodología del ACV (Norma UNE-EN ISO 14040:2006)

### ➤ Definición de objetivos y alcances

El **objetivo** debe incluir de forma clara cuál es la razón que nos lleva a realizar un estudio de este tipo, el uso que se pretende dar a los resultados y el tipo de decisión que se pretende alcanzar.

El **alcance** tiene que enfocar el ámbito de aplicación del estudio, así como los límites, hipótesis y requerimientos de datos. Esta definición debe asegurar que la profundidad del estudio sea compatible con los objetivos definidos inicialmente.

La **unidad funcional** será la unidad a la que irán referidas todos los datos del sistema (tanto de consumos como de emisiones). Puede ser de tipo físico o de tipo funcional. La selección de la unidad funcional es muy importante a la hora de hacer un estudio de ACV, en especial cuando la finalidad sea la de comparar distintos productos que cumplan una misma función.

### ➤ Inventario de consumos y emisiones

La fase de inventario consiste en una recopilación de datos para cuantificar las entradas y salidas de materia y energía del sistema estudiado. Cada uno de los procesos individuales se considera un subsistema, y para cada uno de ellos se tienen que especificar

las materias primas, las materias auxiliares, la energía utilizada y las emisiones medioambientales. Es la fase más larga y la que se debe realizar con más cuidado para evitar incorporar errores que después pueden afectar a los resultados finales.

Se pueden distinguir las siguientes fases (Clemente et al., 2005):

- i. Recopilación de datos de todas las actividades, indicando origen de los mismos y metodología empleada.
- ii. Construcción del diagrama de flujo.
- iii. Cálculo de las cargas ambientales referidas a la unidad funcional.
- iv. Normalización dimensional de los datos.
- v. Balances de materia para interrelacionar entradas y salidas de los distintos subsistemas.
- vi. Cuantificación de los flujos de salida a la naturaleza o tecnosfera.
- vii. Inventario global.
- viii. Documentación de los cálculos.

A la hora de obtener los datos, pueden utilizarse diversas fuentes entre las que destacan medidas directas, documentos publicados, fuentes electrónicas y comunicaciones personales.

De todas estas posibles fuentes de información, el disponer de bases de datos fiables resulta fundamental. Existen un gran número de bases de datos comerciales que incorporan estudios de ACV a diferentes materiales y procesos. Las más importantes son:

- a) EcoInvent (Suiza): Base de datos para inventarios de ciclo de vida que maneja más de 2500 procesos sobre fuentes de energía, transportes, materiales industriales, productos y procesos agrícolas, tratamiento de residuos, etc.
- b) Idemat 2001 (Holanda): Esta base de datos se centra en los materiales de ingeniería (aleaciones, metales, plásticos, madera), así como en lo relativo a la energía y al transporte. Además, proporciona información sobre la calidad de los datos, puntuando de forma cualitativa su fiabilidad y representatividad.

- c) GaBi (Alemania): Base de datos de carácter general que engloba energía, transporte, metales, pinturas, materiales renovables, intermedios orgánicos e inorgánicos, etc
- d) LCA Food (Dinamarca): Es una base que contiene datos medioambientales sobre las cadenas y productos alimentarios en las diferentes etapas de su producción.
- e) Agri-footprint (Holanda): Esta base de datos está centrada en el sector de la agricultura y la alimentación. Contiene datos sobre productos agrícolas, alimentos y biomasa.

En cuanto a la información obtenida a partir del sistema considerado para el estudio, una de las mayores limitaciones radica en la calidad, es decir el nivel de confianza del analista, en los datos recogidos (Vigon, 1997). Esto dependerá de varios factores como pueden ser la fuente de información, el nivel de agregación (observaciones individuales o promedios), el método de toma de datos (medidas directas, extrapolaciones, modelos) y la edad de los datos.

#### ➤ **Evaluación de impactos**

La evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) consiste fundamentalmente en convertir la información obtenida en la etapa anterior en algo interpretable, es decir, hay que tratar de evaluar la importancia de los impactos ambientales potenciales, asociando datos del inventario con impactos ambientales específicos.

Según la norma UNE-EN ISO 14042:2001, la estructura de esta fase se divide en diversas etapas, algunas de ellas obligatorias y otras opcionales. Entre las obligatorias distinguimos:

- **Selección de las categorías de impacto**, indicadores de categoría y modelos. Se puede definir una categoría de impacto como una clase que representa las consecuencias ambientales generadas por los procesos.
- **Clasificación**, las diferentes intervenciones ambientales se agrupan según las categorías de impacto ambiental a las que afectan. Se puede definir una categoría

de impacto como una clase que representa las consecuencias ambientales generadas por los procesos.

- **Caracterización**, modelización de los datos de inventario para evaluar el efecto del sistema estudiado sobre cada una de las categorías de impacto ambiental consideradas.

También existen una serie de etapas opcionales que se utilizarán en función del objetivo y el alcance del ACV:

- **Normalización**, relación de la magnitud cuantificada para una categoría de impacto respecto a un valor de referencia, ya sea a escala geográfica y/o temporal, para ver su relevancia con respecto a otras categorías.
- **Ponderación**, establece unos factores que otorgan una importancia relativa a las distintas categorías de impacto para sumarlas después y obtener un resultado ponderado en forma de un único índice ambiental global del sistema.

Existen distintos métodos de evaluación de impacto que difieren en su objetivo final. Algunos definen un perfil ambiental, mediante la cuantificación del efecto ambiental sobre diversas categorías del proceso o producto analizado los efectos intermedios, *midpoints*, mientras que otros intentan analizar el efecto último del impacto ambiental, es decir, el daño causado al hombre y a los sistemas naturales, *endpoints*.

Las categorías de impacto ambientales intermedias se hallan más cercanas a la intervención ambiental, lo que permite generalmente modelos de cálculo que se ajustan mejor a dicha intervención, proporcionando información más detallada de la manera en que se afecta al medio ambiente. Las categorías de impacto finales son variables que afectan directamente a la sociedad, por tanto su elección resulta más relevante y comprensible a escala global; sin embargo, la metodología para llegar a cuantificar el efecto último no está del todo elaborada y no existe el suficiente consenso científico para recomendar su uso, por ello actualmente es común el uso de categorías de impacto intermedias. La ISO 14042 define de manera implícita tres áreas de protección como categorías finales de impacto: salud humana, entorno natural y recursos renovables.

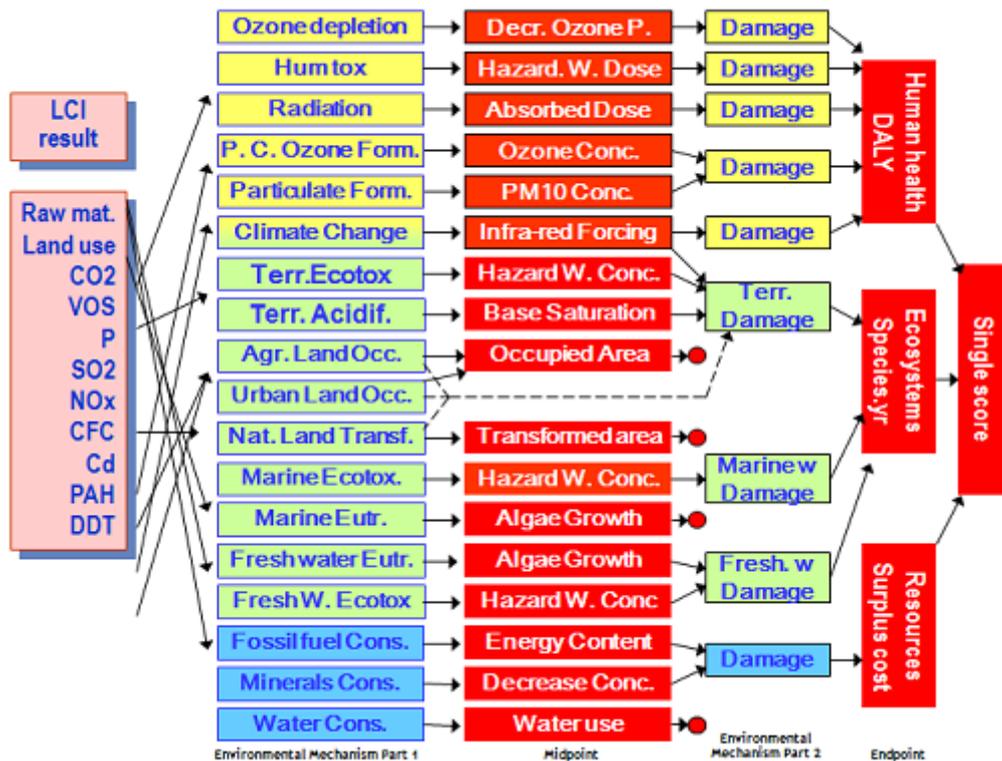


Figura 3.2. Categorías de impacto ambiental a efecto medio y efecto último (PRé Consultants, 2015)

### ➤ Interpretación de los resultados

La información obtenida en el inventario se combina con la evaluación de impactos para interpretar los resultados de acuerdo con los objetivos del estudio y así sacar una serie de conclusiones y/o recomendaciones. Permite determinar la fase del ciclo de vida del producto en la que se generan las principales cargas ambientales, para poder establecer las oportunidades de mejora, o bien comparar distintas opciones.

### 3.1.3. Normativa internacional

La ISO (International Organization for Standardization) es una organización privada internacional, que incluye algunos organismos nacionales tanto de los países industrializados como de los que están en desarrollo, cuyo objetivo es normalizar un amplio grupo de productos y actividades.

Las normas ISO incluyen una serie sobre ACV que hace referencia a los aspectos técnicos y de organización para el desarrollo de un estudio de ACV. Los aspectos organizativos se centran en el diseño del proceso de revisión crítica, dando una atención especial a las declaraciones públicas.

Las siguientes normas e informes técnicos han sido desarrollados dentro de la serie 14040, Gestión ambiental – Análisis de Ciclo de Vida:

- **ISO 14040:2006**, Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Principios y estructura. Ofrece una visión general de la práctica, aplicaciones y limitaciones del ACV en relación a un amplio rango de usuarios potenciales, incluyendo aquellos con un conocimiento limitado sobre el ACV
- **ISO 14044:2006**, Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Requerimientos y directrices. Diseñada para la creación y revisión crítica del inventario del Análisis de Ciclo de Vida. También proporciona guía para la fase de evaluación de impacto e interpretación de los resultados así como del tipo y calidad de los datos.

Estas dos normas anulan y sustituyen a las que se establecieron previamente.

- **ISO 14040:1997**, Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Principios y estructura.
- **ISO 14041:1998**, Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Definición de Objetivos y Alcance y Análisis de Inventario.
- **ISO 14042:2000**, Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida.
- **ISO 14043:2000**, Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Interpretación del ciclo de vida.

### **3.2. Huella de carbono**

Se entiende como huella de carbono “la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto”. Los gases que se indican como máximos responsables del efecto invernadero en el Protocolo de Kioto son: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), los hidrofluorocarbonos (HFCs), los perfluorocarbonos (PFCs), el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y el trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>) (Pachauri, 2007). Sin embargo, el CO<sub>2</sub> es el GEI que influye en mayor medida en el calentamiento del planeta, y es por ello que las emisiones de GEI se miden en función de este gas. La t CO<sub>2</sub>eq es la unidad universal de medida que indica el potencial de calentamiento atmosférico o potencial de calentamiento global de cada uno.

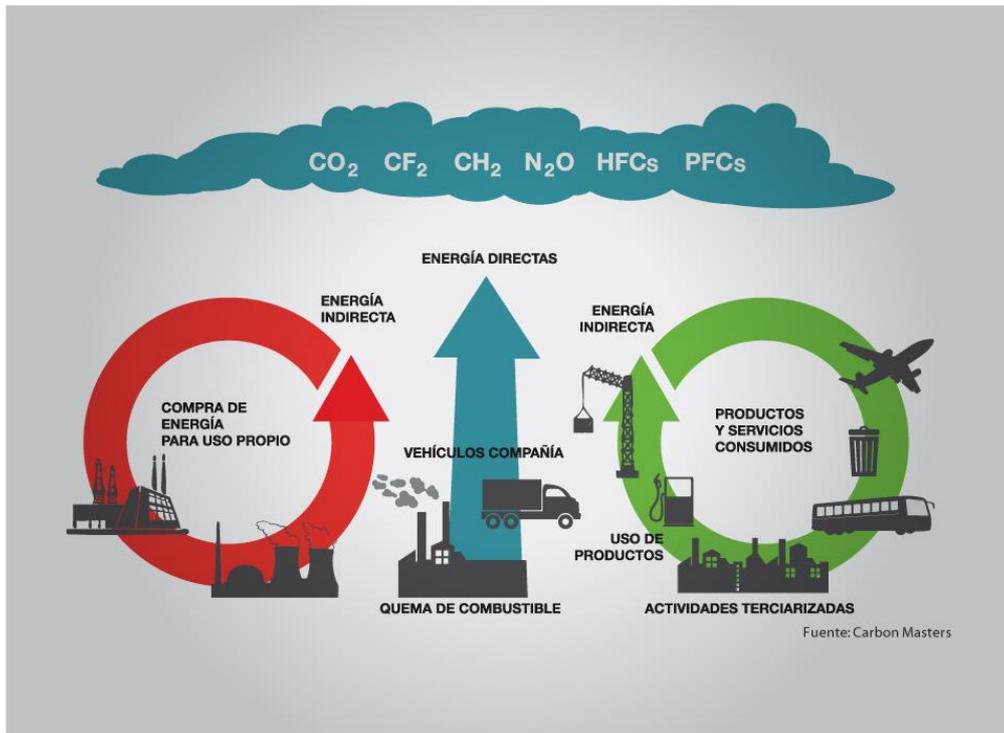


Figura 3.3. Huella de Carbono (Fuente: GHG Protocol)

La conversión a CO<sub>2</sub> equivalentes permite estandarizar las emisiones de los distintos gases. Así, el impacto de sus emisiones se expresa en función del impacto del CO<sub>2</sub> sobre la atmósfera a través del Potencial de Calentamiento Global (PCG). La capacidad de los gases de provocar calentamiento global, depende en parte, de sus propiedades radiactivas y del tiempo promedio en que las moléculas permanecen en la atmósfera, propiedades que varían mucho dependiendo de la especie de gas. El PCG se define como el forzamiento radiactivo integrado sobre un horizonte determinado de tiempo, provocado por la liberación instantánea de 1 kg de determinado gas traza expresado en relación con el forzamiento provocado por 1 kg de CO<sub>2</sub> (gas de referencia). La transformación de las emisiones a CO<sub>2</sub>equivalente se obtiene al multiplicar la masa de gas emitido por su PCG (Tapia, 2013).

La huella de carbono de producto mide los GEI emitidos durante todo el ciclo de vida de un producto: desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesado y fabricación y distribución, hasta la etapa de uso y final de la vida útil (depósito, reutilización o reciclado).

Los factores de emisiones son las cantidades de carbono emitidas durante etapas particulares de la manufactura y/o uso de los productos. Deben seleccionarse con

precisión para evitar sobreestimar o subestimar las emisiones. Esto reafirma la importancia de contar con información suficiente y de calidad, así como la necesidad de disponer de metodologías validadas y recursos humanos capacitados. Ante la inexistencia de una metodología consensuada a nivel internacional, han surgido múltiples metodologías, que aun cuando son similares, presentan diferencias principalmente en la definición de estándares y la definición de límites o alcances.

La mayoría de los proyectos que surgen para medir la huella de carbono no tienen como único objetivo el cálculo, sino que persiguen establecer medidas de reducción o compensación de dichas emisiones. El análisis de huella de carbono proporciona un dato que se utiliza como indicador ambiental global de la actividad que se desarrolla. La huella de carbono se configura así como punto de referencia básico para el inicio de actuaciones de reducción de consumo de energía y para la utilización de recursos y materiales con mejor comportamiento medioambiental (Ihobe, 2009).

Los pasos habitualmente seguidos en los estudios sobre huella de carbono son:

1. Medición de las emisiones de GEI o de CO<sub>2</sub> eq: Se requiere un inventario de las emisiones de GEI o una evaluación de dichas emisiones. Para la medición en relación a las emisiones estimadas para una actividad en concreto, se siguen metodologías diferentes las cuales se han simplificado en herramientas como las calculadoras de huella de carbono.
2. Limitación y reducción de las emisiones de GEI: Mediante la implantación de tecnologías menos contaminantes u otras estrategias de reducción de emisiones.
3. Compensación de las emisiones de GEI: Para neutralizar el impacto generado. El concepto se centra en la participación en proyectos de compensación de emisiones para compensar las emisiones de GEI que se generen en el sistema analizado.
4. Comunicación de los resultados tanto interna como externamente: tanto interna como externamente. Por un lado para motivar la concienciación medioambiental de los trabajadores, y por el otro para la mejora de la imagen corporativa.

La huella de carbono, al igual que un ACV, puede estar referida a un producto, proceso, actividad u organización. En este último caso, la huella de carbono mide los GEI, emitidos por efecto directo o indirecto, provenientes del desarrollo de la actividad de dicha organización, pudiendo estar referida a distintos alcances.

Las emisiones directas son emisiones de fuentes que son propiedad de o están controladas por la organización, por ejemplo las emisiones debidas al sistema de calefacción de la organización. Por el contrario, las emisiones indirectas son emisiones consecuencia de las actividades de la organización, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra organización, por ejemplo la emisión procedente de la electricidad consumida por una organización.

Se han definido 3 alcances (Matthews et al., 2008).

- **Alcance 1:** emisiones directas propiedad de o controladas por la entidad en cuestión. También incluye las emisiones fugitivas.
- **Alcance 2:** emisiones indirectas asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización.
- **Alcance 3:** otras emisiones indirectas. Algunos ejemplos de actividades de alcance 3 son la extracción y producción de materiales que adquiere la organización, los viajes de trabajo con medios externos, el transporte de materias primas, de combustibles y de productos (por ejemplo, actividades logísticas) realizados por terceros o la utilización de productos o servicios ofrecidos por otros.

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente creó en 2014 el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. Se trata de un registro de carácter voluntario, creado con la vocación de fomentar el cálculo y reducción de la huella de carbono por parte de las organizaciones españolas, así como de promover los proyectos que mejoren la capacidad sumidero de España, constituyéndose por tanto en una medida de lucha contra el cambio climático de carácter horizontal.

Para la inscripción en este registro es indispensable el cálculo de los alcances 1 y 2, para lo que el Ministerio pone a disposición la calculadora de huella de carbono como herramienta de apoyo que simplifica y facilita el procedimiento de cálculo (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014). Esta calculadora se basa en el Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard (GHG Protocol), desarrollado por el Instituto de Recursos Mundiales y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo

Sostenible de tal manera es uno de los protocolos más utilizados a escala internacional para cuantificar y gestionar las emisiones de GEI.

La normalización de la medición de la huella de carbono y las emisiones de efecto invernadero viene dada por familias de las normas ISO que tienen como objetivo dar credibilidad y seguridad a los reportes de emisión de GEI y a las declaraciones de reducción o eliminación de GEI.

- **ISO 14064:2006**, Contiene 3 partes y un conjunto de criterios para la contabilización y verificación de GEI. Las normas definen las mejores prácticas internacionales en la gestión, reporte y verificación de datos e información referidos a GEI.
- **ISO 14065:2007**, ha sido desarrollada para asegurar los procesos de verificación y validación, y define requisitos para aquellas organizaciones que realicen validaciones o verificaciones de GEI. Estas organizaciones pueden realizar verificaciones de datos gestionados según la norma ISO 1406 o según otros criterios específicos tales como esquemas de comercio de emisiones o normas corporativas.

## **4. El ACV y la huella de carbono en el sector alimentario**

El sector alimentario, junto con su industria, es uno de los sectores más importantes de Europa, generando el 14.5% de la facturación global. Las tendencias y patrones de consumo y producción de alimentos son unas de las causas principales de presión sobre el medioambiente, y los consumidores comienzan a ser conscientes de ello, por lo que a través de sus elecciones de consumo orientan a la búsqueda de sistemas productivos y de distribución más sostenibles (Roy et al. 2009).

La regulación y mejora de los problemas agroambientales se ha venido centrado principalmente en efectos locales ocasionados por determinados sistemas de producción. Sin embargo, hay que tener presente el desarrollo de la industria agroalimentaria que continúa en tendencia ascendente y se espera que siga aumentando en los próximos años. Se hace, por lo tanto, necesario un enfoque complementario a la hora de tratar los impactos ambientales asociados a esta actividad, incluyendo toda la cadena de producción y teniendo en cuenta los efectos globales de la distribución de alimentos y los patrones de consumo (Halsberg, 2004).

Los impactos ambientales derivados de la producción primaria de alimentos, procesado industrial o preparación, difieren mucho entre productos. Así, el ACV encuentra también aplicación en el sector agroalimentario, como una herramienta útil para describir de manera agregada las emisiones, residuos y uso de recursos asociados a la producción de distintos alimentos. Los primeros ACV, realizados ya en los años 70, estaban centrados en otros sectores industriales o aspectos de la industria alimentaria tales como los envases. Sin embargo, el desarrollo de la metodología durante las últimas décadas ha impulsado la realización de ACV de carácter agrícola. En 1996, Wegener Sleeswijk publicó la primera guía sobre temas metodológicos para ACV de productos agrícolas y distintas instituciones europeas comenzaron a armonizar el enfoque para su uso agrícola (PRé Consultans, 2015).

El progreso del método en términos de robustez metodológica y disponibilidad de datos se ha demostrado en distintos congresos. Está recomendado por la Comisión Europea y se lleva aplicando en los últimos años a un gran número de productos del sector alimentario. Las categorías de impacto mencionadas con más frecuencia en ACV del

sector son uso de energías, calentamiento global, eutrofización, acidificación y uso de la tierra (Park et al., 2016).

Por otra parte, la Huella de Carbono de los productos se considera como una derivación del análisis completo de ciclo de vida limitado a una sola categoría de impacto, el Potencial de Calentamiento Global (PCG), que se basa generalmente en los gases de efecto invernadero, usando un potencial de calentamiento global de 100 años como lo establece el Protocolo de Kioto (Tapia, 2013).

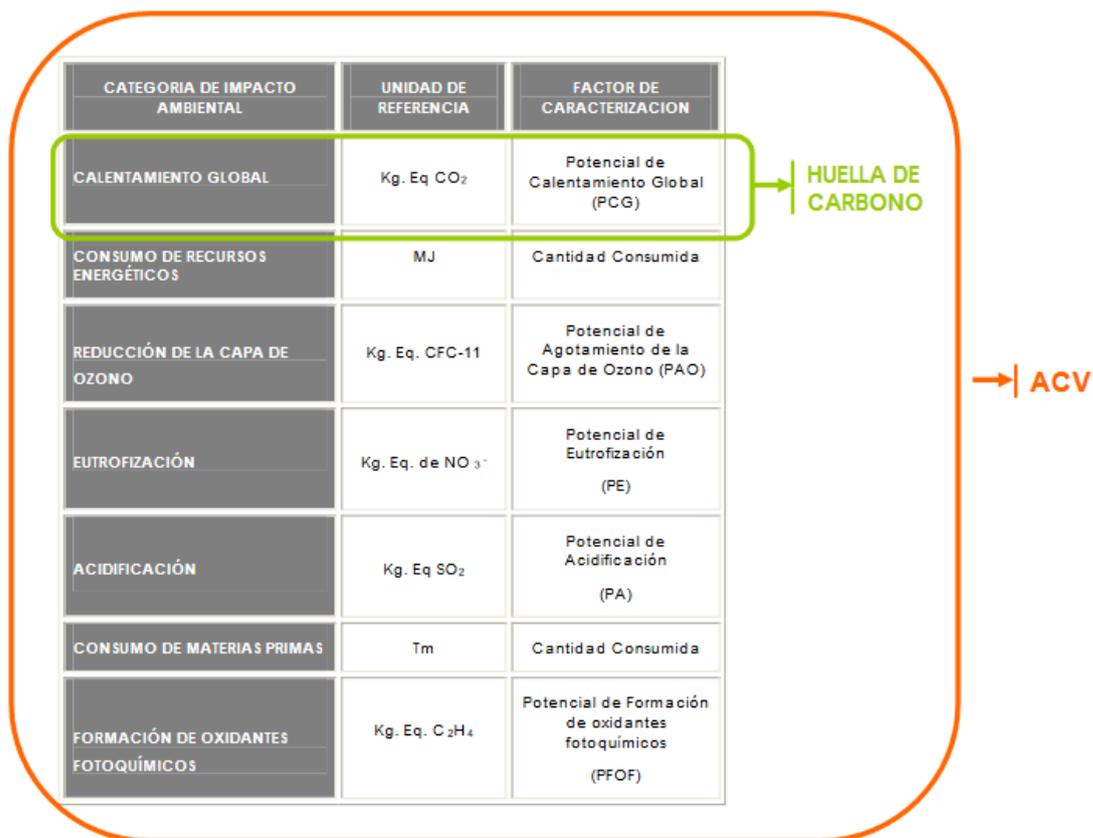


Figura 4.1. La huella de carbono como versión simplificada de ACV (Ihobe, 2009)

Se han realizado estudios de ACV de alimentos básicos como el pan, que incluyen el análisis de factores tales como el tipo de producción (convencional y orgánica), la molienda, el procesado, el envasado o los agentes de limpieza empleados. Los estudios realizados indicaron que el sistema de producción de pan más ventajoso medioambientalmente combina la producción orgánica de trigo, la molienda industrial y la fabricación a gran escala del pan, siendo las fases más relevantes en la mayoría de categorías de impacto aquellas relacionadas con la producción primaria y el transporte (Braschkat et al, 2003). Otro de los productos alimentarios más importantes en el mundo

es el arroz en el que se ha observado que la emisión de GEI y por tanto la huella de carbono depende significativamente de la localización, el tamaño del cultivo y la variedad de arroz (Breiling et al, 1999). Por otra parte, diferentes estudios de ACV realizados a otros productos vegetales, tales como el tomate, arrojan resultados que varían de manera significativa en referencia a las emisiones, posiblemente debido a las variaciones de localización, método de cultivo y variedad. Por ejemplo, las emisiones asociadas a la producción de tomates importados por Suecia desde Israel, incluyendo transporte y almacenamiento, son menores que las de tomates de producción local en Reino Unido (Roy et al, 2009).

También existen numerosos estudios sobre los productos lácteos y su impacto en distintos países europeos. Sobre la leche, que es uno de los productos lácteos más importantes en Europa, se ha indicado que la producción orgánica reduce el uso de pesticidas pero requiere más superficie terrestre que la producción convencional (Cederberg y Mattsson, 2000). Aun así, en los dos tipos de producción pueden implementarse medidas para reducir el impacto, por ejemplo reducir el excedente de nutrientes, reducir el uso de pesticidas en los piensos importados, producir forrajes en la propia granja o promover el uso de alimentos producidos local o regionalmente. . En la producción de derivados lácteos se observa que aunque la etapa de producción primaria de la leche es la responsable de la mayor parte de los impactos, también la energía utilizada en la elaboración de los productos y la gestión de residuos resultan importantes, siendo los siguientes aspectos a considerar (González-García et al, 2013).

Ocurre lo mismo para la producción de carne, la etapa de alimentación en vacuno es el factor más importante en términos de impacto ambiental, siendo aspectos clave la duración de la fase de alimentación y el tipo de alimento proporcionado a los animales (Núñez et al, 2005). Respecto al sistema productivo, se ha visto en el Reino Unido que aunque la producción orgánica de vacuno usa menos pesticidas, requiere más tierra con lo que concluye en un impacto global más alto que la convencional. Esto contrasta con observado para la carne de bovino, donde la producción orgánica está relacionada con menor potencial de calentamiento global (Williams et al, 2006). En el caso de la producción porcina, los resultados son similares para orgánica y convencional. La principal fuente de impacto en la producción de carne es la alimentación de los animales. Considerando el contenido proteico, se ha visto que la producción de carne más eficiente

desde un punto de vista medioambiental es la de pollo, seguido del cerdo y siendo la vacuna la menos eficiente. Sin embargo, si se considera el contenido energético como unidad funcional, es el cerdo el que obtiene mejores rendimientos (Roy et al, 2008). La figura 4.2 muestra la huella de carbono de la carne para distintos animales.

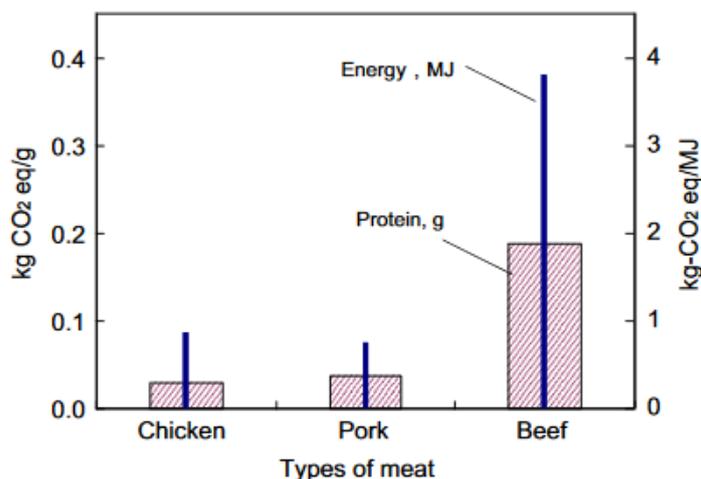


Figura 4.2. Carga ambiental de distintos tipos de carne según aporte proteico y energético (Roy et al, 2012)

Otras fuentes de proteína animal son proporcionadas por la acuicultura donde las principales categorías afectadas son eutrofización, acidificación, cambio climático, uso de la producción primaria y energía. Trabajos realizados empleando el ACV como herramienta han mostrado que un monocultivo de peces carnívoros no es la forma más adecuada de acuicultura desde el punto de vista medioambiental, ya que estas especies tienen grandes requerimientos de proteína y aceite que conllevan altos niveles de nitrógeno y fósforo liberados al ambiente acuático (Aubin et al, 2009). En el caso de la explotación de poblaciones salvajes se ha visto que es la operación de los buques la fuente principal de impactos, destacando el uso de combustibles entre el resto de actividades (Vázquez-Rowe et al, 2013). La figura 4.3 muestra como varía el consumo de combustible para la pesca de distintas especies.

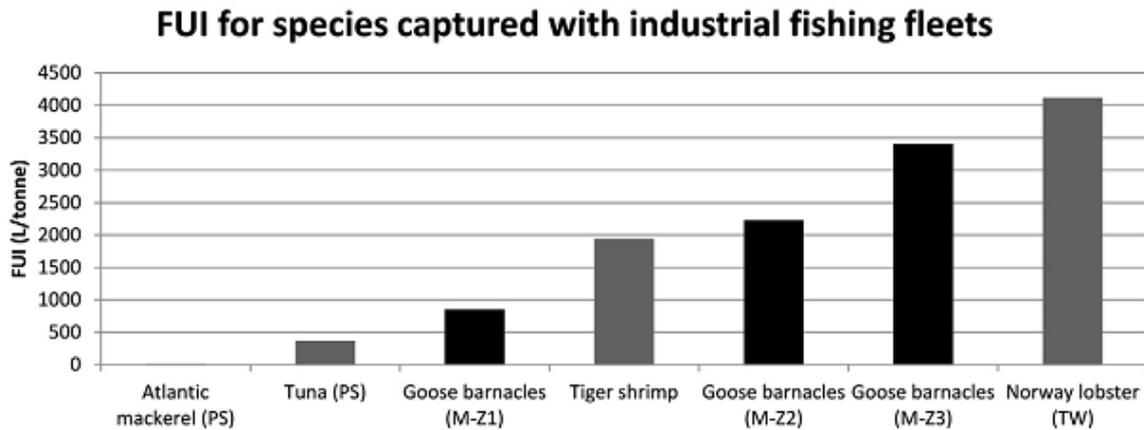


Figura 4.3 Uso de combustible (Fuel Usage Intensity) para la explotación de distintas especies ícticas. (Vázquez-Rowe et al, 2013)

El ACV y la huella de carbono pueden aplicarse también en comida preparada y se han mostrado como herramientas útiles para identificar los aspectos críticos y las posibles mejoras en la producción de este tipo de comida. Por ejemplo, en un trabajo realizado sobre fabada enlatada se analizan distintos escenarios alternativos con el fin de determinar el mejor envase desde el punto de vista medioambiental (Calderón et al, 2010).

Respecto al huevo, cuya producción es objeto de estudio en este trabajo, hay muy pocos estudios realizados hasta el momento, a pesar de ser un alimento primario de alto consumo. Los estudios de impacto ambiental del sector avícola existentes se centran principalmente en la producción de carne (Skunca et al., 2015; Roy et al., 2009). Asimismo, también se ha realizado algún trabajo sobre el sistema de envasado de los huevos (Zabaniotou y Kassidi, 2003), cuyos resultados mostraron que el empleo de envases producidos a partir de papel reciclado supone menor impacto ambiental que el uso de envases de poliestireno. El único estudio publicado que se ha encontrado en cuanto a los impactos ambientales asociados a la producción de huevos, ha sido el realizado por Pelletier et al. (2013) sobre la huella de carbono de la producción de huevos en una región de Estados Unidos. Los resultados mostraron que las emisiones de GEI se debían en primer lugar a la producción del alimento para las aves productoras y en segundo lugar a la gestión del estiércol.

Para finalizar, se recogen las tres estrategias principales a seguir según Notarnicola et al. (2016) para reducir el impacto medioambiental del sector alimentario:

- Un aumento ambientalmente sostenible de la productividad agrícola combinado con medidas para reducir las emisiones al aire, agua y suelo.
- Un cambio de dieta con reducción del consumo de productos de origen animal.
- Una reducción del desaprovechamiento de alimentos así como mayor eficiencia en la gestión de residuos alimentarios

## 5. Descripción de la granja avícola objeto de estudio

### 5.1. Características generales

Se ha elegido como objeto de análisis de este estudio una explotación avícola destinada a la producción de huevos frescos con una producción media anual de 13.344.000 huevos que se comercializan en el Principado de Asturias. La explotación se denomina “Asturiana de Huevos” y está situada en el municipio de San Cucao, concejo de Llanera 15 km de Oviedo.



Figura 5.1. Entrada de la granja objeto de estudio (Asturiana de Avicultura S.L., 2015)

### 5.2. Descripción de las instalaciones

La granja estudiada se localiza en un terreno de 40.000 m<sup>2</sup> de pradera natural asturiana en el que se sitúan cuatro naves industriales. Dos de esas naves, de 1540 m<sup>2</sup> y 1430 m<sup>2</sup> están dedicadas a la estabulación de 55.000 aves y parte de almacén. Otra nave, de 500 m<sup>2</sup> es utilizado como centro de clasificación de huevos además de albergar una oficina, un despacho y aseos y una cuarta que se encuentra en desuso en la actualidad.

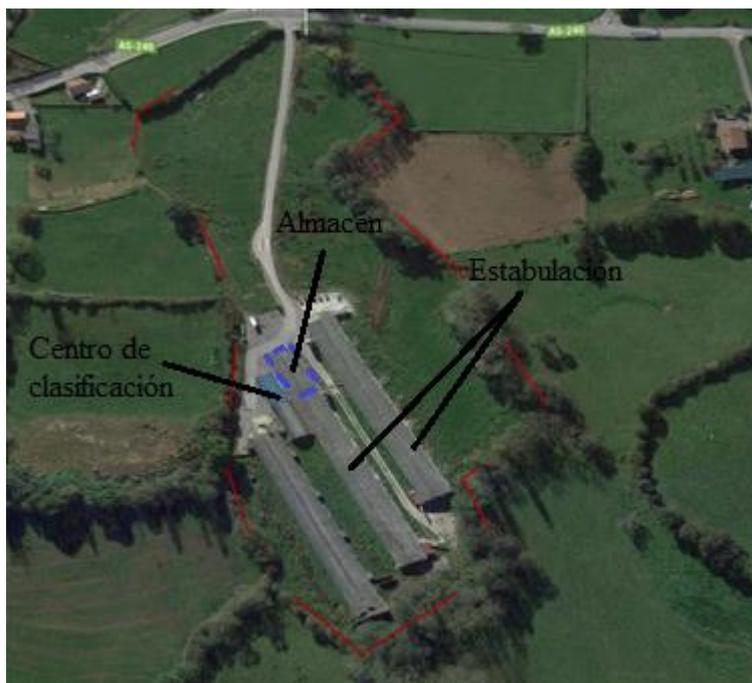


Figura 5.2. Mapa aéreo de la granja objeto de estudio (Elaboración propia, 2016)

Las gallinas de puesta utilizadas en esta explotación son aves híbridas resultantes de los cruces de las razas Rhode y Sussex. Son de talla media, con un plumaje marrón con algunas plumas blancas y 2.2 kg de peso medio. Constituyen la raza de ponedora más utilizada industrialmente para la producción de huevos morenos que comienza a las 17 semanas de edad.

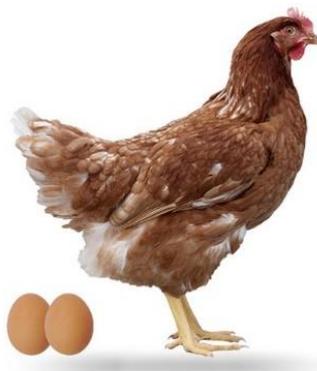


Figura 5.3. Gallina ponedora híbrida (Granja Santa Isabel, 2016)

La estabulación de las gallinas se realiza en un sistema de jaulas en batería cumpliendo las disposiciones de la directiva europea 1999/74/CE de protección de gallinas ponedoras. Dicha legislación considera que:

- La superficie por gallina será de al menos 750 cm<sup>2</sup>, con 600 cm<sup>2</sup> de superficie útil.
- Cada compartimento tendrá como mínimo 2000 cm<sup>2</sup> de superficie.

- La altura debe de ser de al menos 45 cm.
- El espacio de alimentación por gallina será como mínimo 12 cm.
- Cada gallina tendrá acceso a por lo menos 2 tetinas de bebedero.
- Nidal y esterilla de yacija deben estar disponibles; a cada gallina le corresponden 15 cm de aseladero.
- Cada compartimento deberá disponer de un rascador de uñas.
- La inclinación del suelo no excederá de 14% o de 8°.
- La anchura mínima de los pasillos será de 90 cm.
- El piso inferior debe elevarse al menos 35 cm del suelo de la nave.

Para ello es utilizado el modelo Big Dutchman EUROVENT-EV 1250a – EU – 60 enriquecido con cinta de estiércol y con pequeño conducto de aire diseñado para 60 gallinas.

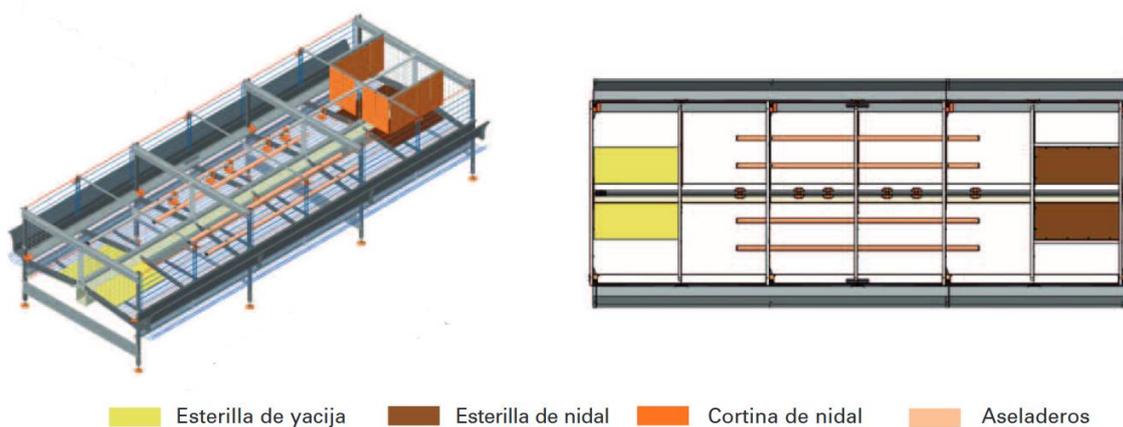


Figura 5.4. Esquema de la jaula EUROVENT-EV 1250a - EU - 60 (Big Dutchman, 2009)

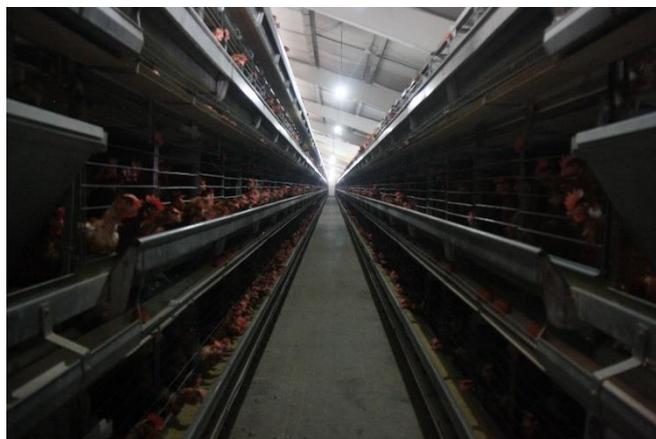


Figura 5.5. Jaulas en batería en la granja estudiada (Elaboración propia, 2016)

Las jaulas están dispuestas en 4 niveles a lo largo de la nave y las dimensiones de cada compartimento son:

*Tabla 5.1. Dimensiones de cada compartimento de la jaula (Big Dutchman, 2009)*

<b>Longitud (mm)</b>	3618
<b>Profundidad (mm)</b>	1250
<b>Altura (mm)</b>	450-525
<b>Superficie compartimento (cm<sup>2</sup>)</b>	45225
<b>Gallinas/compartimento (750 cm<sup>2</sup>/gallina)</b>	60
<b>Longitud comedero/gallina (cm)</b>	12
<b>Longitud de aseladero/gallina (cm)</b>	15

Dispone de un sistema de alimentación móvil que se acciona con un solo motor en un canal de comedero profundo que evita pérdidas y que transporta el pienso de manera suave para evitar la disgregación de los componentes individuales.



*Figura 5.6. Cintas de alimentación en la granja estudiada (Elaboración propia, 2016)*

Los bebederos de tetina abastecen a las gallinas con agua potable. Cada compartimento está equipado con 6 tetinas de acero inoxidable que permiten el acceso de las gallinas al agua. También dispone de cazoletas bajo las tetinas que previenen la corrosión y la humectación del estiércol por salpicaduras.



*Figura 5.7. Sistema de bebederos con tetina (Big Dutchman, 2009)*

Estas instalaciones reúnen los criterios recogidos en los documentos de referencia (BREF) de la Comisión Europea sobre las Mejores Técnicas Disponibles para la Avicultura de Puesta sobre el diseño y manejo de los alojamientos con el fin de prevenir y reducir las emisiones de amoníaco con jaulas en batería vertical que cuentan con sistema de extracción de gallinaza a almacenamiento cubierto, como mínimo una vez por semana, por medio de cintas transportadoras con secado por ventilación forzada. Combinando la retirada frecuente, dos veces por semana, y el secado forzado de la gallinaza se obtiene la máxima reducción de las emisiones de amoníaco del alojamiento y también de las instalaciones de recogida, aunque supone un coste energético. Tras la recogida y el secado, el estiércol es transportado por un gestor de residuos biodegradables que lo emplea para la elaboración de abonos y fertilizantes.



*Figura 5.8. Sistema de cintas transportadoras de estiércol (Big Dutchman, 2009)*

Diariamente se realiza una limpieza superficial mediante barrido del suelo de las naves, con lo que el agua residual generada prácticamente se limita a los servicios de los empleados. Las instalaciones de la granja no están conectadas a la red municipal de

saneamiento sino que poseen un depósito subterráneo para las aguas residuales que es gestionado correspondientemente por una empresa de gestión de residuos.

La recogida de huevos es automática y consiste en una cinta transportadora con un salvahuevos que consiste en un alambre tensado frente a la cinta, paralelo a ella, que asciende y desciende a intervalos regulares durante el periodo de puesta. Éste frena los huevos evitando fisuras y permite que recién puestos, aún húmedos, se sequen antes de llegar a la cinta. Tras la selección los huevos son comercializados en bandejas de 20 huevos y estuches de 12, distribuyéndose por la geografía asturiana en distintos comercios y centros hosteleros.



*Figura 5.9. Bandejas de cartón reciclado para la comercialización de los huevos (Elaboración propia, 2016)*

## **6. Análisis de Ciclo de Vida de la granja avícola “Asturiana de Huevos”**

### **6.1. Definición de objetivos y alcance**

El presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis de ciclo de vida de una granja avícola de puesta para conocer el impacto y principales repercusiones ambientales de la producción intensiva de huevos, así como identificar los aspectos asociados a esta actividad que resultan más impactantes.

Una vez obtenidos y evaluados los resultados del análisis se procederá a la extracción de conclusiones y propuestas de mejora.

#### **6.1.1. Función del sistema**

La función de la ganadería avícola de puesta objeto de estudio es la producción de huevos frescos para su posterior venta y distribución en la provincia de Asturias a comercios y sector hostelero.

#### **6.1.2. Sistema a estudiar**

Como ya se ha dicho anteriormente el sistema de estudio tiene como actividad principal la producción de huevos frescos teniendo en cuenta todas las actividades de relevancia productiva y medioambiental que tiene lugar en la granja.

La producción anual es de 13.344.000 huevos con 55.000 gallinas ponedoras y las instalaciones que aparecen descritas en el apartado 5 de este trabajo.

#### **6.1.3. Unidad funcional**

Se ha tomado como unidad funcional la producción anual (13.344.000 huevos descrita en el apartado anterior).

#### **6.1.4. Límites del sistema**

Han sido considerados en este estudio los consumos de pienso, agua y energía así como los materiales utilizados para el embalaje del producto (hueveras, cajas...) y los productos

de limpieza. También se han considerado las emisiones directas al aire que tienen lugar como consecuencia de esta actividad ganadera y los residuos generados, así como su gestión. También se han considerado los residuos generados por la actividad ganadera así como su gestión. Tanto los transportes desde su lugar de origen hasta la granja o bien de la granja hasta el primer destino de las distintas materias, materiales y residuos están incluidos en el estudio además de la distribución del producto final.

No se incluyen en el estudio los posteriores tratamientos y transformaciones de los huevos producidos ni de la carne obtenida a partir de las gallinas sacrificadas.

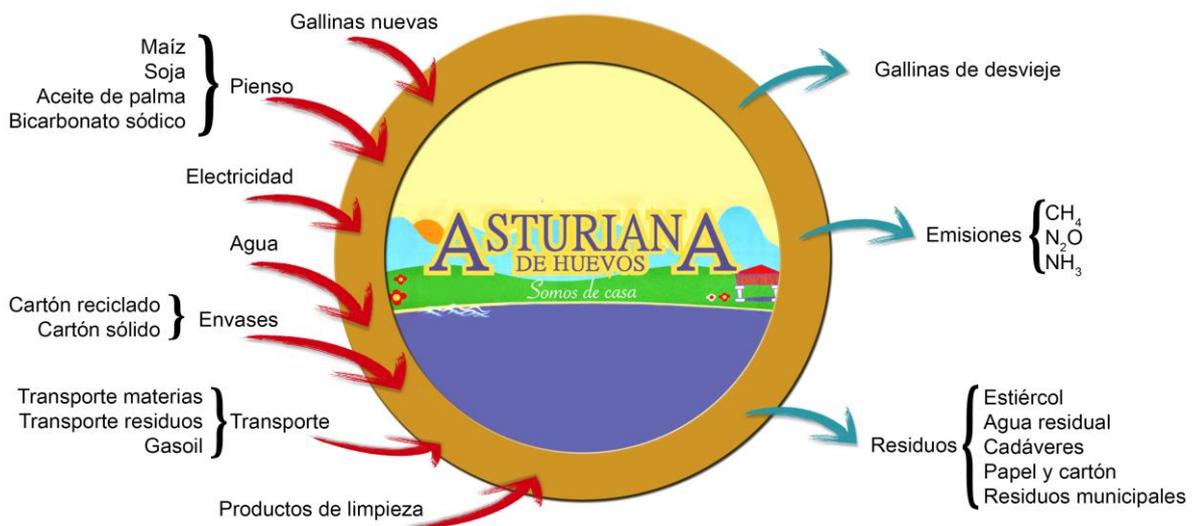


Figura 6.1. Límites del sistema a estudiar

### 6.1.5. Metodología de evaluación de impacto y categorías de impacto consideradas

De entre los distintos métodos de evaluación de impacto disponibles en la versión 8 del programa SimaPRO, se ha decidido utilizar el método ReCiPe sucesor de los métodos CML-IA (con un enfoque orientado al daño ocasionado) y Eco-indicator 99 (con un enfoque orientado hacia el problema originado) recomendados en el pasado para los estudios sobre agricultura y ganadería. Este método combina las dos perspectivas al definir categorías de impacto a un punto medio, *midpoint*, correspondiente al enfoque de problema y de impacto en un estado final, *endpoint*, que corresponde con el enfoque de daño.

En la perspectiva de *midpoint* se consideran las siguientes categorías de impacto (se indican las unidades de los factores de caracterización):

- Reducción de la capa de ozono: considera la destrucción de la capa de ozono estratosférica por las emisiones antropogénicas. La unidad es kg CFC-11 equivalente.
- Toxicidad en humanos y ecotoxicidad: considera la persistencia, acumulación en la cadena alimentaria humana y toxicidad de un químico. La unidad es kg 1,4-diclorobenceno (14DCB).
- Radiación: considera el nivel de exposición. La unidad es kg Uranio 235 equivalente.
- Formación de oxidantes fotoquímicos: definida como el cambio marginal en una en la concentración media de ozono europea debido a cambios marginales en la emisión de una sustancia. La unidad de medida es kg de COVDM equivalentes (Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano)
- Formación de materia particulada: es la formación de materia particulada menor de 10  $\mu\text{m}$ . La unidad es kg de materia particulada equivalente.
- Cambio climático: mide el potencial de calentamiento global. La unidad es kg  $\text{CO}_2$  equivalente.
- Ocupación de suelo agrícola y urbano: la cantidad de suelo agrícola o urbano ocupado durante cierto tiempo. La unidad es  $\text{m}^2 \cdot \text{año}$ .
- Transformación del suelo natural: la cantidad de suelo natural transformado y ocupado durante cierto tiempo. La unidad es  $\text{m}^2 \cdot \text{año}$ .
- Eutrofización marina: considera la persistencia en el ambiente de la las emisiones ricas en nitrógeno. La unidad es kg N.
- Eutrofización de agua dulce: considera la persistencia en el ambiente de la las emisiones ricas en fósforo. La unidad es kg P.
- Agotamiento de combustibles fósiles: cantidad de combustibles fósiles extraídos basado en el poder calorífico mínimo. La unidad es kg de petróleo equivalente (1 kg de petróleo equivalente tiene un poder calorífico mínimo de 42 MJ).
- Agotamiento de mineral: mide el grado de reducción de los minerales. La unidad es kg de hierro equivalente.

- Agotamiento de agua potable: cantidad de agua potable consumida. La unidad es m<sup>3</sup>.
- Acidificación terrestre: es la acidificación del suelo debido a la deposición de contaminantes atmosféricos. La unidad es kg/kg SO<sub>2</sub> equivalente.

Por otro lado, la perspectiva *endpoint* considera tres categorías:

- Daño a la salud humana: se expresa como el número de años perdidos y número de años vividos con discapacidad combinados. La unidad es años.
- Daño a los ecosistemas: expresado como la pérdida de especies en determinado área durante un tiempo determinado. La unidad es años.
- Daño a la disponibilidad de recursos: expresados como el sobrecoste de los recursos futuros en un tiempo ilimitado considerando una tasa de descuento del 3%. La unidad es \$.

#### **6.1.6. Calidad de los datos**

La mayoría de los datos empleados en el estudio del ACV se corresponden con datos reales de la granja “Asturiana de Huevos” (San Cucao) durante el año 2015. Aquellos datos de los que no se disponía información, han sido obtenidos a partir de información bibliográfica. Asimismo, se han realizado algunas aproximaciones y simplificaciones que comentaremos en los siguientes apartados. Hipótesis planteadas y limitaciones

Ahora se comentan las principales suposiciones realizadas:

- ❖ Se han considerado los componentes mayoritarios (>5%) de cada uno de los subgrupos considerados.
- ❖ No se han tenido en cuenta los materiales de polietileno que envuelven los palés de transporte de estuches y cartones así como los residuos de plástico generados ya que no superan el 0.05 % en masa de sus respectivos subsistemas.
- ❖ Se han considerado todos los transportes como un único viaje para cada material o residuo en camión > 20 T con una emisión media de CO<sub>2</sub>.
- ❖ No se ha considerado los transportes realizados en la misma localidad de la granja.
- ❖ Se ha supuesto que un 10% del agua consumida se emplea en labores de limpieza del vehículo de transporte y para uso humano (servicios principalmente).

- ❖ No se ha tenido en cuenta la utilización de productos veterinarios en la granja dado el carácter puntual de los mismos y el bajo volumen que supone respecto al total de entradas y salidas.
- ❖ No se ha tenido en cuenta el posible impacto de la construcción de la planta, al resultar despreciable en otros ACV similares. (Vega-Rodríguez, 2010)

## **6.2. Inventario del ACV**

En este apartado deben incluirse todos los datos de entradas y salidas necesarios para llevar a cabo la actividad de producción de huevos en la granja avícola “Asturiana de Huevos”. Las bases de datos utilizadas para elaborar este inventario fueron EcoInvent, LCA Food DK y Agri-footprint, utilizadas por el software SimaPro v8.

En el inventario se dividen los datos en entradas y salidas; en el presente estudio las entradas corresponden con el material para la alimentación de las aves (maíz, soja, aceite vegetal y bicarbonato), materiales utilizados como envases (cartón reciclado y cartón), productos de limpieza (lejía), gallinas ponedoras jóvenes, consumo de agua, combustible y energía. Como salidas se consideran las gallinas de desvieje, las emisiones al aire ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{NH}_3$ ) y los residuos (agua residual, estiércol, residuos de envases y residuos municipales) (ver Figura 6.1).

### **6.2.1. Entradas**

- Gallinas nuevas

En el año 2015 se compraron en dos transacciones 55.000 gallinas ponedoras con 16 semanas de edad criadas en la comunidad autónoma de La Rioja. El peso medio de cada una de estas gallinas es de 2.2 kg (Piggott’s Poultry Breeders, 2013).

La entrada seleccionada en las bases de datos (ver tabla 6.3) hace referencia a las necesidades energéticas, de agua y alimento de gallinas hasta alcanzar las 17 semanas y que produciría gallinas preparadas para comenzar la producción de huevos que es el punto de inicio de la producción en la granja estudiada.

- Pienso

La alimentación de las gallinas de puesta consiste en un pienso completo preparado para gallinas ponedoras de inicio a fin de puesta. El consumo de pienso anual en la granja es de 2.400 toneladas y la composición indicada en la etiqueta es la siguiente: Maíz modificado genéticamente, harina de extracción de soja tostada descortada a partir de soja modificada genéticamente, carbonato cálcico, aceites vegetales, melaza de caña (azúcar), fosfato dicálcico mineral, cloruro de sodio. Con las características indicadas en la siguiente tabla:

*Tabla 6.1. Componentes del pienso*

<b>Componentes y niveles analíticos (%)</b>	
<i>Proteína bruta</i>	17.3
<i>Aceites y grasas brutas</i>	4.00
<i>Fibra bruta</i>	4.50
<i>Cenizas brutas</i>	14.50
<i>Lisina</i>	0.85
<i>Metionina</i>	0.40
<i>Calcio</i>	4.10
<i>Sodio</i>	0.16
<i>Fósforo</i>	0.51

Basándose en la composición descrita en la etiqueta y en las observaciones de Pasha et al. (2003) sobre composición de pienso para gallinas ponedoras, se han estimado que los componentes que superarían el 5% de la composición global son los siguientes en la proporción indicada: Maíz (50%), Soja (31%), Aceite vegetal (11%), bicarbonato sódico (8%). En la realización del ACV únicamente se han considerado estos componentes mayoritarios.

En la etiqueta del pienso no se indica específicamente el origen del aceite vegetal. Así, se ha supuesto que se trata de aceite de palma, utilizado en la formulación de otros piensos para gallinas ponedoras (Piensos para gallinas ponedoras USAN y Agrovecoc).

#### ➤ Envases

El material empleado para la comercialización de los huevos es cartón reciclado para los estuches de docena y bandejas de 20 huevos y cajas de cartón sólido para contener éstos. No se dispone en las bases de datos de la posibilidad de incluir los estuches y cajas

fabricados, así que se ha optado por introducir el material empleado para su fabricación. En el caso del cartón reciclado la entrada seleccionada en la base de datos ha sido cartón proveniente de pulpa reciclada, mientras que para el cartón de las cajas se seleccionó cartón sólido sin blanqueamiento químico (Ver tabla 6.3).

La venta de huevos corresponde en un 60% a los comercializados en bandejas de 20 huevos y un 40% en estuches de docena. Cada bandeja de 20 huevos tiene un peso de 75 g mientras que los estuches de 12 huevos pesan 60 g.

Las cajas utilizadas para albergar tanto estuches como cartones son el mismo modelo y la unidad pesa 550 g. En cada caja caben 20 estuches de 12 huevos o bien 12 bandejas de 20 huevos.

- Cartón reciclado:

$$\frac{13344000 \text{ huevos vendidos} \times 60\% \text{ ventas en bandeja} \times 75 \text{ g}}{20 \text{ huevos por bandeja}} \times \frac{1 \text{ T}}{10^6 \text{ g}} = 30.02 \text{ T}$$

$$\frac{13344000 \text{ huevos vendidos} \times 40\% \text{ ventas en estuche} \times 60 \text{ g}}{12 \text{ huevos por estuche}} \times \frac{1 \text{ T}}{10^6 \text{ g}} = 26.68 \text{ T}$$

Total = 56.70 T de cartón reciclado

- Cartón sólido:

En cada caja caben 20 huevos x 12 bandejas = 12 huevos x 20 estuches = 240 huevos por caja

$$\frac{13344000 \text{ huevos vendidos}}{240 \text{ huevos por caja}} \times 550 \text{ g por caja} \times \frac{1 \text{ T}}{10^6 \text{ g}} = 30.57 \text{ T}$$

No se ha considerado el plástico utilizado en el traslado de los envases desde Guipúzcoa hasta Asturias al suponer menos del 5% de los materiales utilizados para el envasado. Tampoco han sido considerados los palés de madera ya que son reutilizados en otras empresas.

➤ Productos de limpieza

Los agentes limpiadores utilizados son lejía y detergente, utilizados para la limpieza de las oficinas y el almacén, mientras que la furgoneta de reparto se higieniza únicamente con lejía. Se consumen 432 L de lejía anualmente y 48 L de detergente. No se disponía en las bases de datos de un detergente con características similares al empleado en la empresa, con lo que se ha optado por simplificar esta entrada considerando únicamente la lejía empleada en la limpieza (aproximadamente supone el 90% de los productos de limpieza).

Se considera que la lejía tiene una concentración del 4% en NaClO lo que corresponde con 17,3 kg de lejía introducidos en el software como hipoclorito de sodio en polvo.

➤ Consumo de agua

El consumo de agua se refiere tanto al agua consumida por las gallinas en el año de producción como al agua utilizada en las cisternas y para la limpieza de las oficinas y servicios de la empresa, que se estima en un 10 % del consumo total. La información se obtuvo de las facturas de la empresa del año 2015 y corresponde a 3471 m<sup>3</sup> de agua procedente de la red municipal.

➤ Consumo energético

El consumo energético se refiere a la electricidad consumida cuya información se obtuvo del histórico de las facturas (Empresa edp Energía) correspondiente al año 2015 y que corresponde a 49.369 kWh.

➤ Transporte

Dentro de este subsistema se considera el transporte tanto de los materiales como de los residuos en unidades de toneladas por kilómetro y el gasoil utilizado para el reparto de los huevos producidos en kilogramos. Se considera un viaje único y exclusivo para cada elemento en camión estándar >20 T con emisión de CO<sub>2</sub> media.

Las distancias recorridas para la recepción de materias primas incluyen las gallinas nuevas desde La Rioja y los envases desde Guipúzcoa, sin embargo no se ha considerado

el pienso ya que el proveedor se encuentra en el mismo municipio que la granja. Tampoco se ha considerado el transporte de los productos de limpieza por tratarse de un volumen muy pequeño en comparación con otras entradas y salidas.

En el caso de las salidas se considera el viaje realizado hasta la planta que gestiona el estiércol generado en Lugo, el transporte de las gallinas de desvieje hasta un matadero avícola en la misma provincia y del resto de residuos (papel, cartón, residuos municipales, cadáveres de gallinas muertas, agua residual...) hasta el municipio de Gijón dónde se encuentran tanto COGERSA (Compañía para la Gestión de los Residuos Sólidos en Asturias) como una base del gestor que trata el resto de residuos (reciclaje y tratamiento de agua residual). En la siguiente tabla se recoge el cálculo de las entradas correspondientes al transporte de materias primas, residuos y coproductos.

*Tabla 6.2. Transportes de materias y residuos utilizados o producidos en la granja.*

<b>Material</b>	<b>Distancia recorrida (km)</b>	<b>Peso (T)</b>	<b>Toneladas*km (tkm)</b>
<i>Gallinas nuevas</i>	420	121	50820
<i>Envases</i>	393	85.43	33574
<i>Gallinas de desvieje</i>	230	111.32	25603.6
<i>Estiércol</i>	212	1980	419760
<i>Cadáveres</i>	26	4.77	124.02
<i>Papel y cartón</i>	32	69.6	2227.2
<i>Agua residual</i>	32	347.1	11107.2
<i>Residuos municipales</i>	26	10.4	270.4
<b>Total</b>			<b>543486.42</b>

Dentro del apartado de transporte también se incluyen los 3.600 L consumidos en la distribución de los huevos comercializados (todos ellos dentro del Principado de Asturias).

Tabla 6.3. Entradas del sistema

Subsistema	Entrada	Cantidad	Entrada seleccionada en base de datos	Base de datos	Notas
<i>Gallinas nuevas</i>	Gallinas nuevas	55000 ud	Laying hens < 17 weeks, breeding	Agri-footprint	
<i>Agua</i>	Agua	3471 m <sup>3</sup>	Tap water	Agri-footprint	
<i>Electricidad</i>	Electricidad	49369 kWh	Electricity, médium voltage	Eco-Invent	
<i>Pienso</i>	Maíz	1200 T	Maize, consumption mix	Agri-footprint	
	Soja	744 T	Soybean, sonsumption mix	Agri-footprint	
	Aceite vegetal	264 T	Palm oil, consumption mix	Agri-footprint	
	Bicarbonato	192 T	Soda, powder	LCA Food	
<i>Envases</i>	Cartón reciclado	56.70 T	Folding board/chipboard	EcoInvent	
	Cartón sólido	30.57 T	Solid unbleached board	EcoInvent	
<i>Transporte</i>	Transporte en camión	543486.42 tkm	Transport, truck > 20 t, EURO3, 100%LF	Agri-footprint	
	Gasoil	2998.8 kg	Diesel (kg)	EcoInvent	Densidad = 833 kg/m <sup>3</sup>
<i>Productos de limpieza</i>	Lejía	17.3 kg	Sodium hypochlorite, powder	Agri-footprint	432 L de NaClO concentrado al 4%

## 6.2.2. Salidas

### ➤ Gallinas de desvieje

Las gallinas ven reducida su productividad alrededor de las 75-80 semanas de edad, tras lo que son enviadas a un matadero avícola para su sacrificio y posterior comercialización como carne de ave de corral. Considerando que la mortalidad entre las aves es de un 8% y que su peso medio es de 2.2 kg de peso vivo entran en el matadero anualmente 111320 kg.

Al encontrarse una función a esta salida, se considera que se ha evitado la producción de carne de ave de corral correspondiente a 55.600 kg de peso vivo.

### ➤ Emisiones al aire

La información sobre las emisiones producidas en la granja se ha obtenido a partir del informe PRTR (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes) que recibe la granja referente al periodo de un año. En él se incluyen las emisiones de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y NH<sub>3</sub>.

Tabla 6.4. Emisiones al aire de la granja estudiada en el año 2015

<i>Emisión</i>	<i>Kg/año</i>
<i>CH<sub>4</sub></i>	4800
<i>N<sub>2</sub>O</i>	420
<i>NH<sub>3</sub></i>	1880

### ➤ Residuos

#### ○ Agua residual

En la granja avícola sólo hay generación de agua residual debido al uso y limpieza de las oficinas y de las furgonetas de reparto y se considera que es un 10% del agua total consumido lo que corresponde a 347.1 m<sup>3</sup>. Este agua, como ya se ha comentado es transportado por un gestor y tratado. Teniendo en cuenta que su composición será similar a la de las aguas residuales urbanas, se introdujo en el programa como agua para tratamiento procedente de residencia.

- Estiércol

El informe PRTR correspondiente al año 2015 informa de 1980 toneladas de estiércol recogidos por Agroamb, un gestor autorizado. Este estiércol es secado en cinta transportadora en la propia granja y posteriormente tratado en una empresa especializada en la gestión integral de residuos biodegradables que produce fertilizantes en la provincia de Lugo.

Debido a la ausencia en el software de un proceso similar al tratamiento del estiércol de ave para producir fertilizante, se consideró un proceso de aplicación directa del estiércol seco como fertilizante. Además debido a ausencia de información sobre el proceso realizado con el estiércol, no se ha considerado el fertilizante como producto evitado por lo que el impacto de este subsistema está sobreestimado.

- Cadáveres

Los cadáveres de gallinas muertas son residuos peligrosos de categoría 2 y corresponden a 4.77 T según el informe PRTR del año 2015 que son gestionados por COGERSA siguiendo el Reglamento CE/1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, incinera este material en su planta de tratamiento al tratarse de residuos peligrosos de categoría 2.

- Papel y cartón

Estos residuos provienen de las cajas utilizadas para la comercialización de los huevos en la venta al por menor (se entregan las bandejas o estuches y se recogen las cajas) y de otros residuos de papel y cartón generados en la empresa (por ejemplo papel de oficina).

La cantidad de estos residuos se ha obtenido del informe PRTR del año 2015 y se trata de 69,6 T que son gestionadas y recicladas por Alansu, un gestor de residuos externo con sede en Gijón. De manera simplificada, la gestión de este residuo se ha introducido en la base de datos como “reciclaje de papel”.

- Residuos municipales

La gestión de los residuos municipales está realizada por COGERSA y corresponde a 10,4 T según indica el informe PRTR del año 2015.

Tabla 6.5. Salidas del sistema

Subsistema	Salida	Cantidad	Equivalente en SimaPro	Base de datos	Notas
<i>Gallinas de desvieje</i>	Gallinas desvieje	111320 kg	Chicken for slaughtering, live weight	Agri-footprint	Supervivencia del 92% de las gallinas. Peso gallina = 2,2 kg.
	Agua residual	347.1 m <sup>3</sup>	Wastewater, from residence	EcoInvent	
	Cartón a reciclar	69.6 T	Paper (waste treatment)	EcoInvent	
<i>Residuos</i>	Estiércol	1980 T	Poultry manure, dried	EcoInvent	
	Residuos municipales	10.4 T	Municipal solid waste	EcoInvent	
	Cadáveres	4.77 T	Hazarous waste, for incineration	EcoInvent	
	CH <sub>4</sub>	4800 kg	Methane	EcoInvent	
	N <sub>2</sub> O	420 kg	Nitrogen monoxide	EcoInvent	
<i>Emisiones</i>	NH <sub>3</sub>	1880 kg	Ammonia	EcoInvent	

### 6.3. Evaluación de impacto del ciclo de vida

A partir de los datos de inventario recogidos en el anterior apartado, se ha realizado la evaluación del impacto siguiendo el método ReCiPe. A continuación, se comentarán los principales resultados obtenidos con la realización de este ACV:

La etapa de caracterización permite obtener la información que se recoge en la figura 6.2, donde las barras muestran la aportación de cada subsistema a cada categoría de impacto incluida en el método, con respecto al 100% del impacto causado en cada categoría.

Empleando el método ReCiPe desde la perspectiva *midpoint* se observa en rojo con claridad la gran contribución, por encima del 55%, del pienso a todas las categorías de impacto excepto a la ocupación de terreno urbano donde no contribuye y al agotamiento de minerales donde sólo contribuye en un 11%. La alimentación de los animales es responsable de más del 90% del impacto de las categorías de ecotoxicidad terrestre y transformación del suelo natural. Otra actividad que destaca son las gallinas nuevas presente también en todas las categoría de impacto excepto en la ocupación de terreno urbano. Las categorías que más afectadas se ven por esta actividad son la formación de materia particulada y acidificación terrestre con valores próximos al 24%.

La fabricación de los envases es responsable del 76% del agotamiento mineral y casi de la totalidad de los impactos que contribuyen negativamente a la ocupación de terreno urbano. También contribuye en menor proporción a las categorías de radiación ionizante (20%), ecotoxicidad marina (18%), toxicidad en humanos (16%) y reducción del ozono (13%). Es también destacable el aporte del transporte a la reducción de la capa de ozono (17%) y de los residuos en la ecotoxicidad marina (16%).

Las emisiones gaseosas a la atmósfera sólo influyen en más de un 5% en las categorías de acidificación terrestre y formación de materia particulada. Por otra parte, el gasto eléctrico influye en radiación ionizante y agotamiento mineral, si bien su contribución es de un 11% y 7%, respectivamente.

Algunos subsistemas tienen impactos positivos en el medio. En concreto, la utilización de las gallinas de desvieje para producción de carne, al evitar la cría de otras aves con este fin, compensa el impacto negativo en la categoría de ocupación de suelo urbano,

dando un balance beneficioso para el medio ambiente. Asimismo, influye también de forma favorable en el agotamiento mineral, llegando casi a compensar las contribuciones perjudiciales para esta categoría. Otras categorías que cuentan también con ciertos beneficios gracias al uso de este subproducto son la reducción de ozono, la toxicidad en humanos, la ecotoxicidad marina, la radiación ionizante y el agotamiento de agua potable. La otra actividad que tiene impactos positivos es la gestión de los residuos debido al reciclaje en las categorías de ocupación de suelo urbano y de agotamiento mineral.

Una vez analizados los resultados de caracterización, se procede a realizar la normalización de los mismos. La normalización engloba una serie de técnicas para evaluar la significación del perfil ambiental obtenido en la caracterización, permitiendo comparar la importancia de los impactos ocasionados en una categoría con las demás categorías.

A la vista de la Figura 6.3 de normalización obtenida con el método ReCiPe desde el punto de vista *midpoint*, la categoría de impacto más afectada es la transformación del suelo natural. También se ven afectadas de manera significativa las categorías de ecotoxicidad terrestre y de agua dulce, aunque en una proporción mucho menor. Se observa, por tanto, que el resto de categorías de impacto estudiadas en este trabajo no se ven afectadas de manera significativa en comparación con las descritas anteriormente.

Aproximadamente, el 90% de las cargas ambientales en la categoría transformación del suelo natural son provocadas por la alimentación de las aves (pienso) y en torno a un 9% se debe a las gallinas nuevas compradas con 16 semanas de edad. Así, se puede decir la contribución del resto de subsistemas considerados es muy baja.

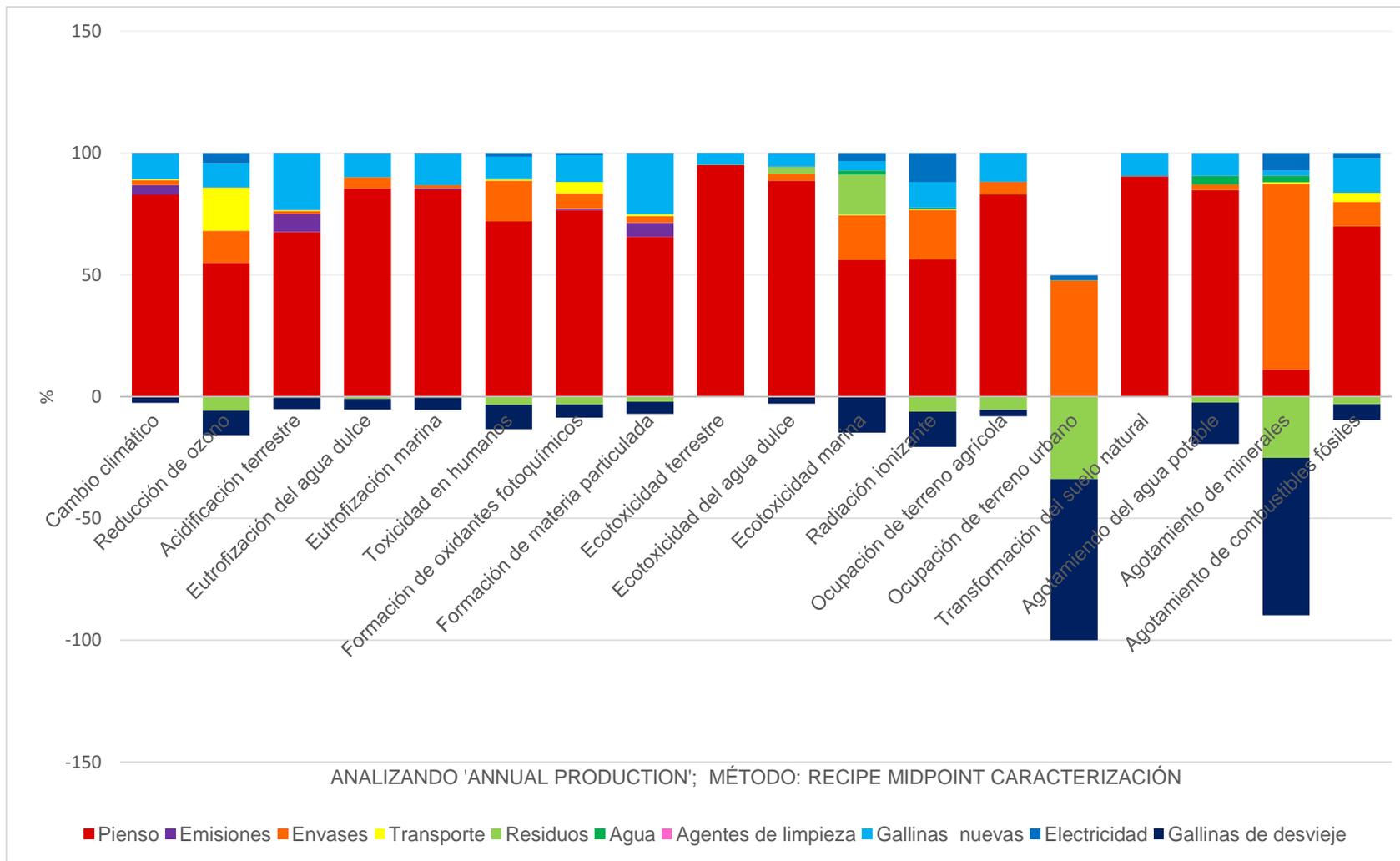


Figura 6.2. Caracterización de impactos asociados a la producción de huevos en la empresa Asturiana de Huevos según el método ReCiPe midpoint

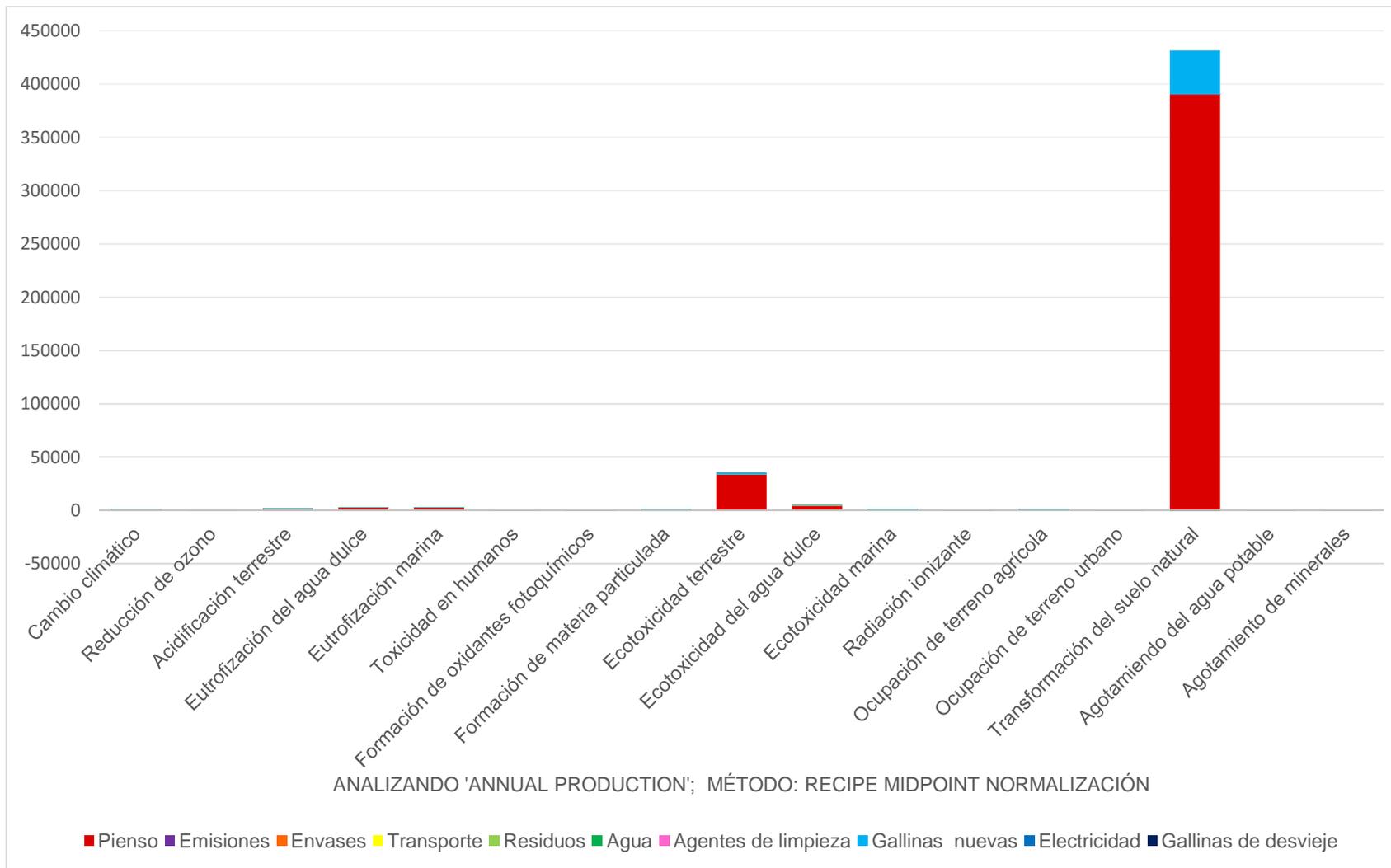


Figura 6.3. Normalización de impactos asociados a la producción de huevos en la empresa Asturiana de Huevos según el método ReCiPe midpoint

El método ReCiPe, permite también realizar la evaluación de impactos desde el punto de vista *endpoint*, agrupando los impactos en tres categorías (según el daño se produzca a la salud humana, a los ecosistemas o a la disponibilidad de recursos). Considerando este enfoque (figura 6.4), se observa que los ecosistemas son los más afectados a largo plazo por la actividad de la granja avícola. De nuevo se observa que, en esta categoría, la carga ambiental correspondiente al pienso es del 89% y casi un 10% corresponde a la adquisición de gallinas nuevas. En daños a la salud humana, categoría que ocupa una segunda posición, el pienso es responsable del 81% de los daños, mientras que las gallinas suponen el 14% de las cargas. Por último, en lo que respecta a la disponibilidad de recursos, el daño corresponde en un 76% al pienso y en un 15% a las gallinas. Cabe destacar que en esta última categoría, aparecen también los envases con una contribución del 11%. Se observa también que las gallinas de desvieje presentan una cierta contribución beneficiosa para el medio ambiente en las tres categorías consideradas.

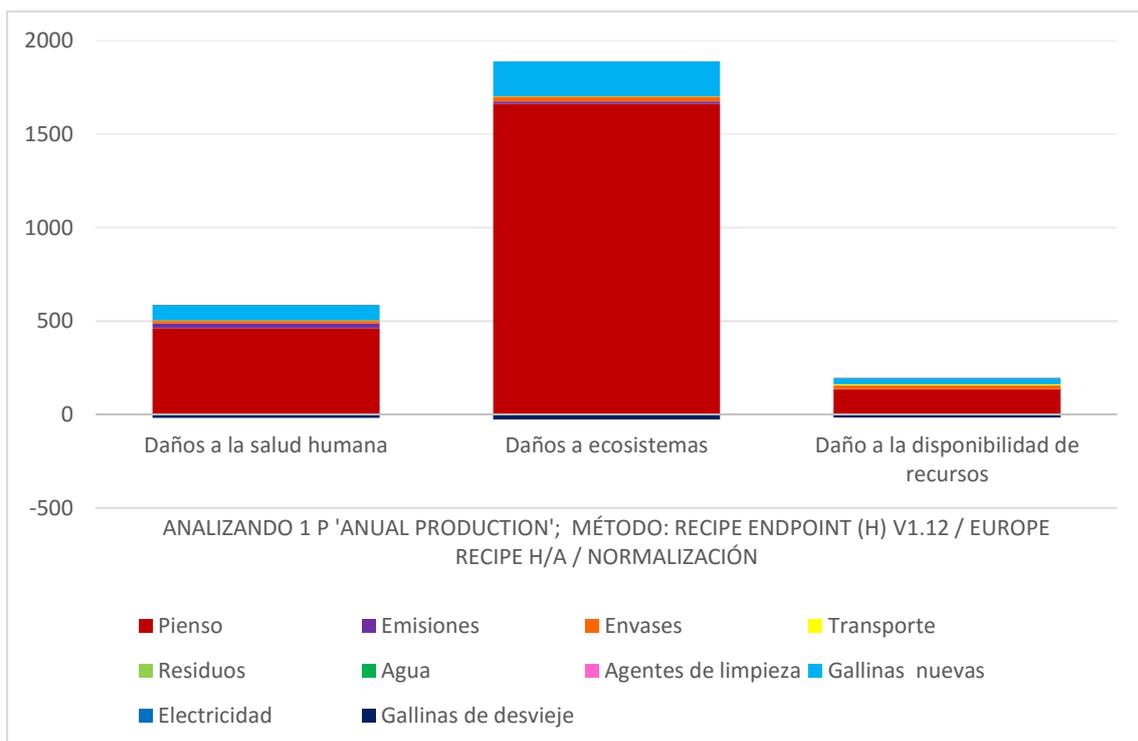


Figura 6.4. Normalización de impactos asociados a la producción de huevos en la empresa Asturiana de Huevos según el método ReCiPe endpoint

A continuación, se presentan los diagramas de bloques que nos permiten ver con mayor detalle cuales de los componentes de cada subsistema son los más importantes en las categorías de impacto más afectadas según los datos de normalización según el enfoque *midpoint*.

En primer lugar, se muestra el diagrama correspondiente a la categoría más afectada, transformación de suelo natural. Se puede observar que del 90% de las cargas debidas al pienso empleado en la alimentación animal, la producción y transformación de la soja es el principal responsable. La soja también es la principal causa de la contribución al impacto del subsistema gallinas nuevas. El otro principal responsable de los impactos en esta categoría es la producción de aceite de palma empleada en la formulación de los piensos.

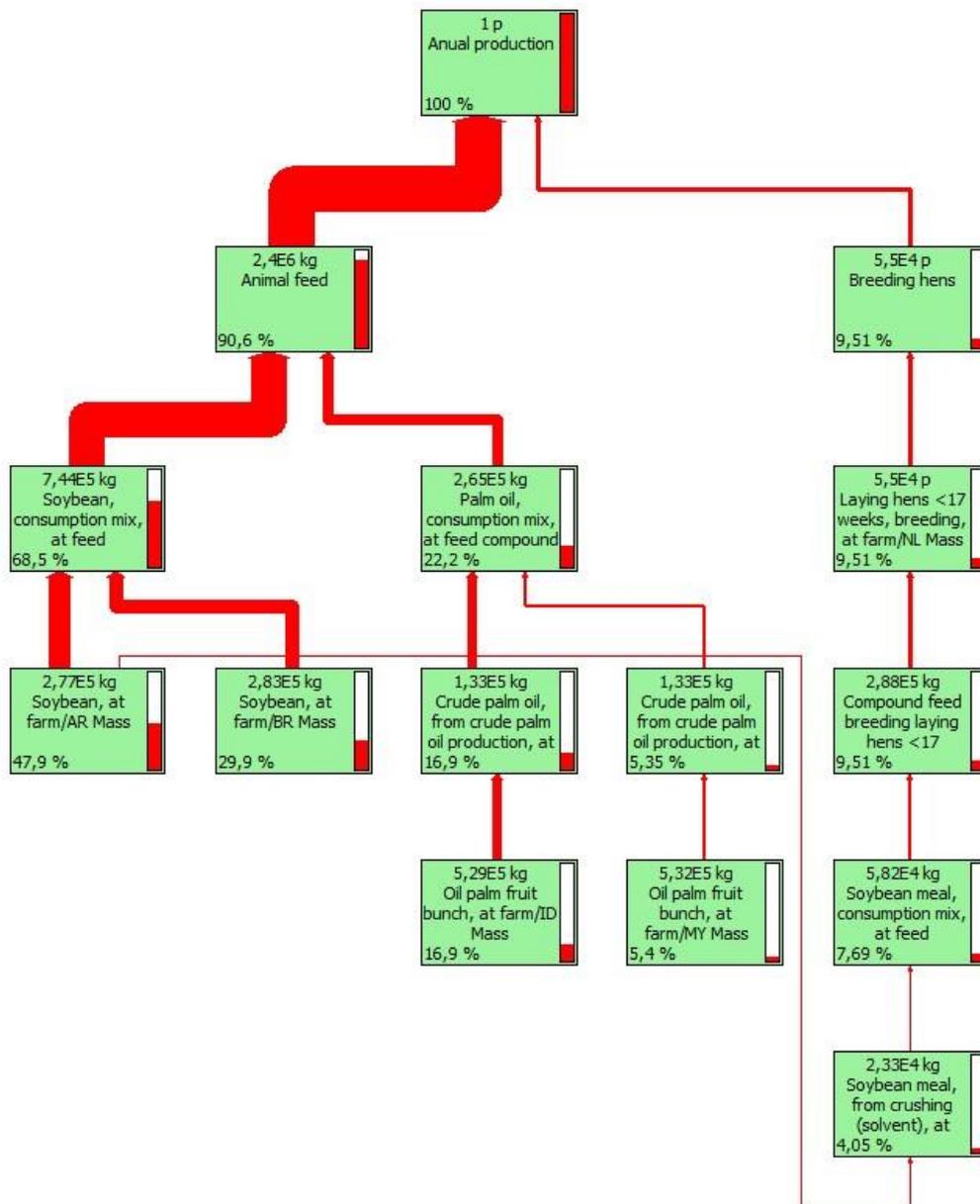


Figura 6.5. Diagrama de bloques y cargas medioambientales para la granja avícola según el método ReCiPe midpoint. Categoría transformación de suelo natural. Valor de corte 4%.

La siguiente categoría más afectada es la ecotoxicidad terrestre. En este caso, el subsistema pienso supone más de un 95% del total del impacto. Sin embargo, el responsable mayoritario no es la producción de soja como en la transformación de suelo natural, sino la producción de aceite de palma con un 64% de las cargas ambientales respecto al 30% que le corresponde a la soja.

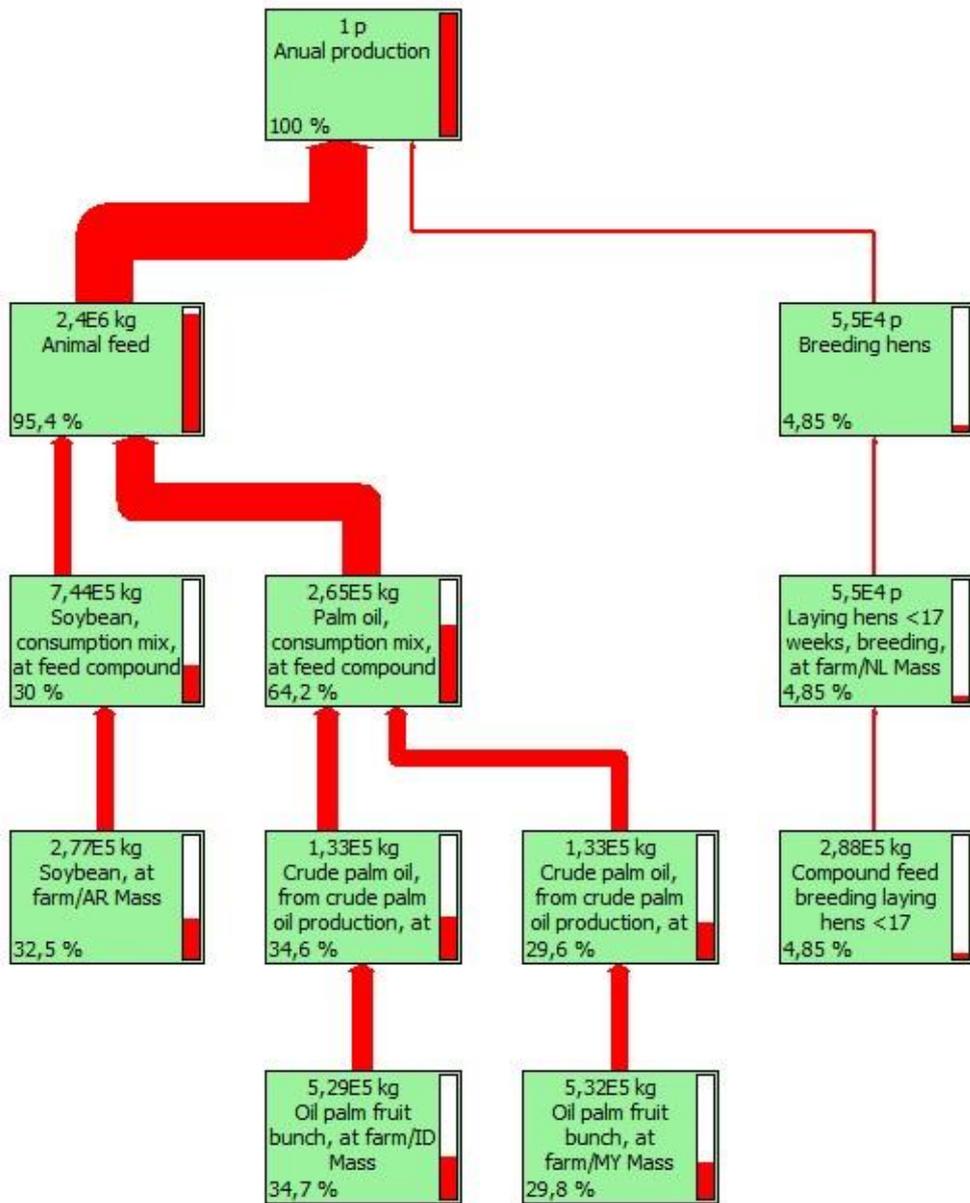


Figura 6.6. Diagrama de bloques y cargas medioambientales para la granja avícola según el método ReCiPe midpoint. Categoría ecotoxicidad terrestre. Valor de corte 4%

En la categoría de ecotoxicidad de agua dulce, que ocupa la tercera posición, de nuevo la carga ambiental debida al pienso es la más importante, con un 91%. Se observa también

que la contribución correspondiente a las gallinas nuevas es de un 5%. Al igual que en la categoría de ecotoxicidad terrestre, en este caso la producción de aceite de palma es la responsable del impacto ambiental en un 57%, seguido por la producción de soja (28%). En este caso, aparece también la producción de maíz, componente principal del pienso, como responsable del 7% de las cargas ambientales.

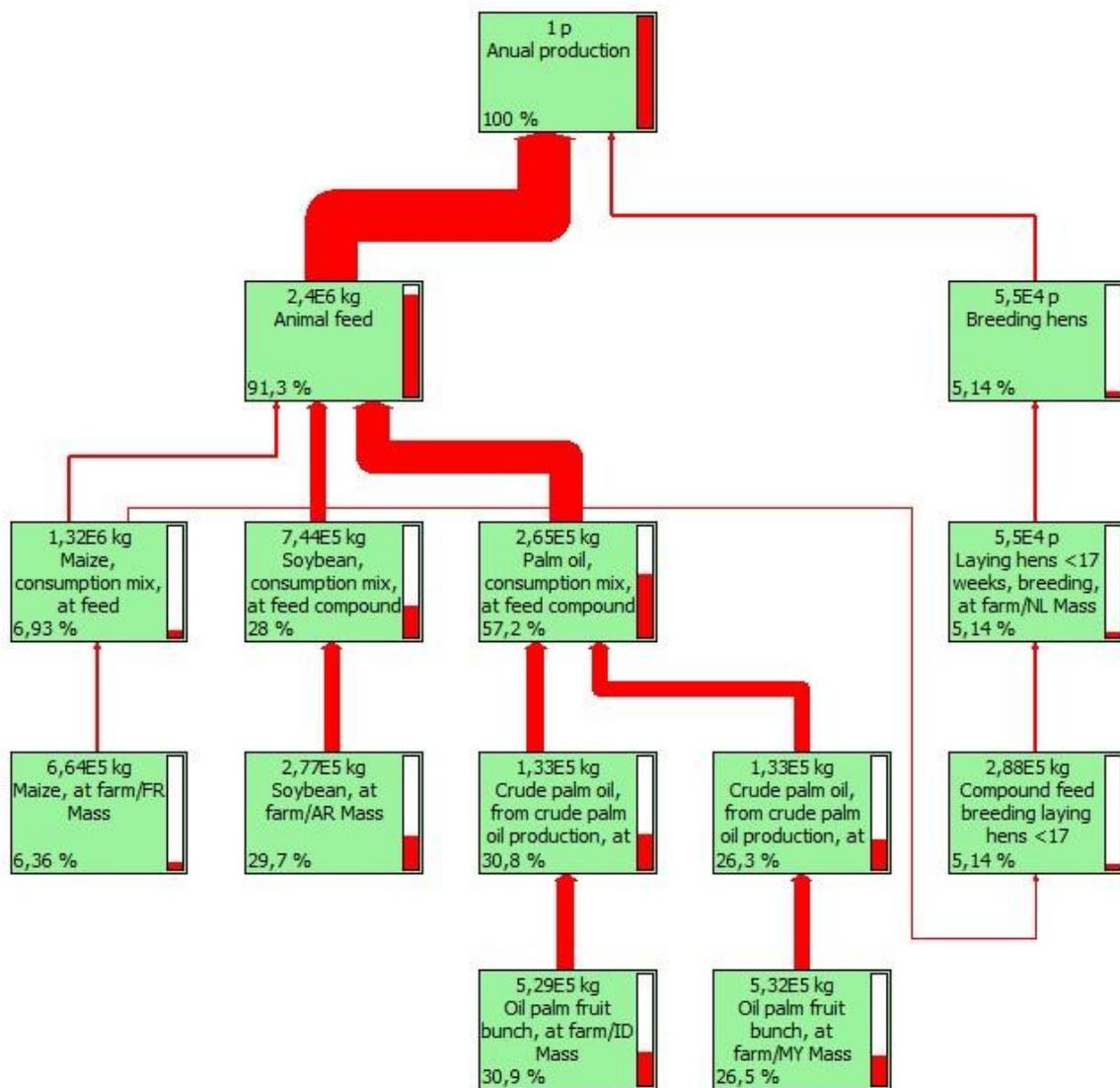


Figura 6.7. Diagrama de bloques y cargas medioambientales para la granja avícola según el método ReCiPe midpoint. Categoría ecotoxicidad de agua dulce. Valor de corte 4%

Otras categorías que, aunque no tienen tanta relevancia en comparación con las ya comentadas, son interesantes de estudiar debido a la presencia de impactos positivos son la ocupación de terreno urbano y el agotamiento de minerales.

En el caso de la ocupación de terreno urbano, se puede ver en el diagrama de bloques cómo las gallinas sacrificadas para carne tienen una gran carga positiva, seguido de la gestión de los residuos, en concreto el reciclaje de papel y cartón. La alimentación de las aves no afecta a esta categoría, sino que el impacto perjudicial es responsabilidad principalmente al material utilizado para los envases.

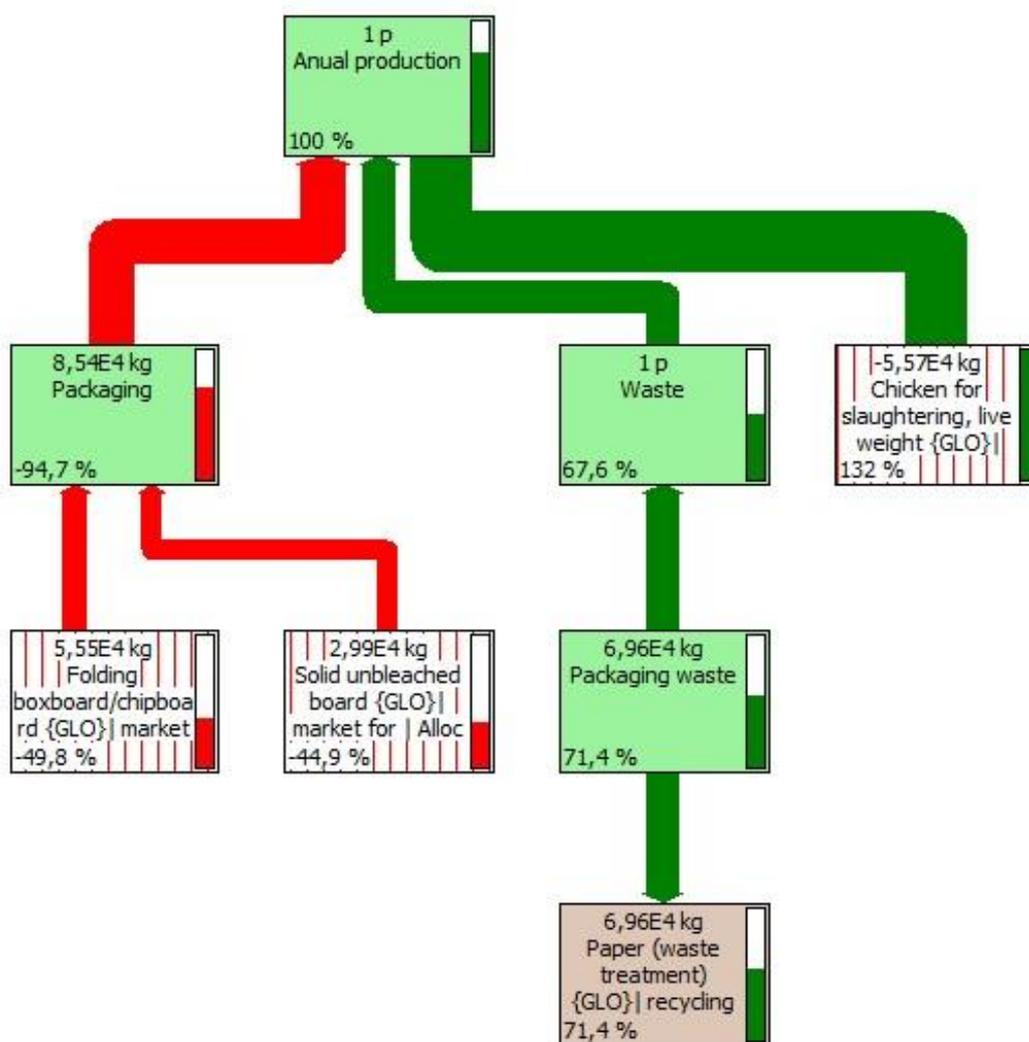


Figura 6.8. Diagrama de bloques y cargas medioambientales para la granja avícola según el método ReCiPe midpoint. Categoría ocupación de suelo urbano. Valor de corte 4%

En el caso del agotamiento mineral, si que aparece el pienso como contribución perjudicial, pero su influencia es mucho menor a la que tiene en esta categoría la fabricación de los envases o el reciclaje de residuos. Éste último subsistema ejerce una influencia beneficiosa, al igual que el uso de las gallinas para carne. El consumo eléctrico también aparece como contribución perjudicial en esta categoría.

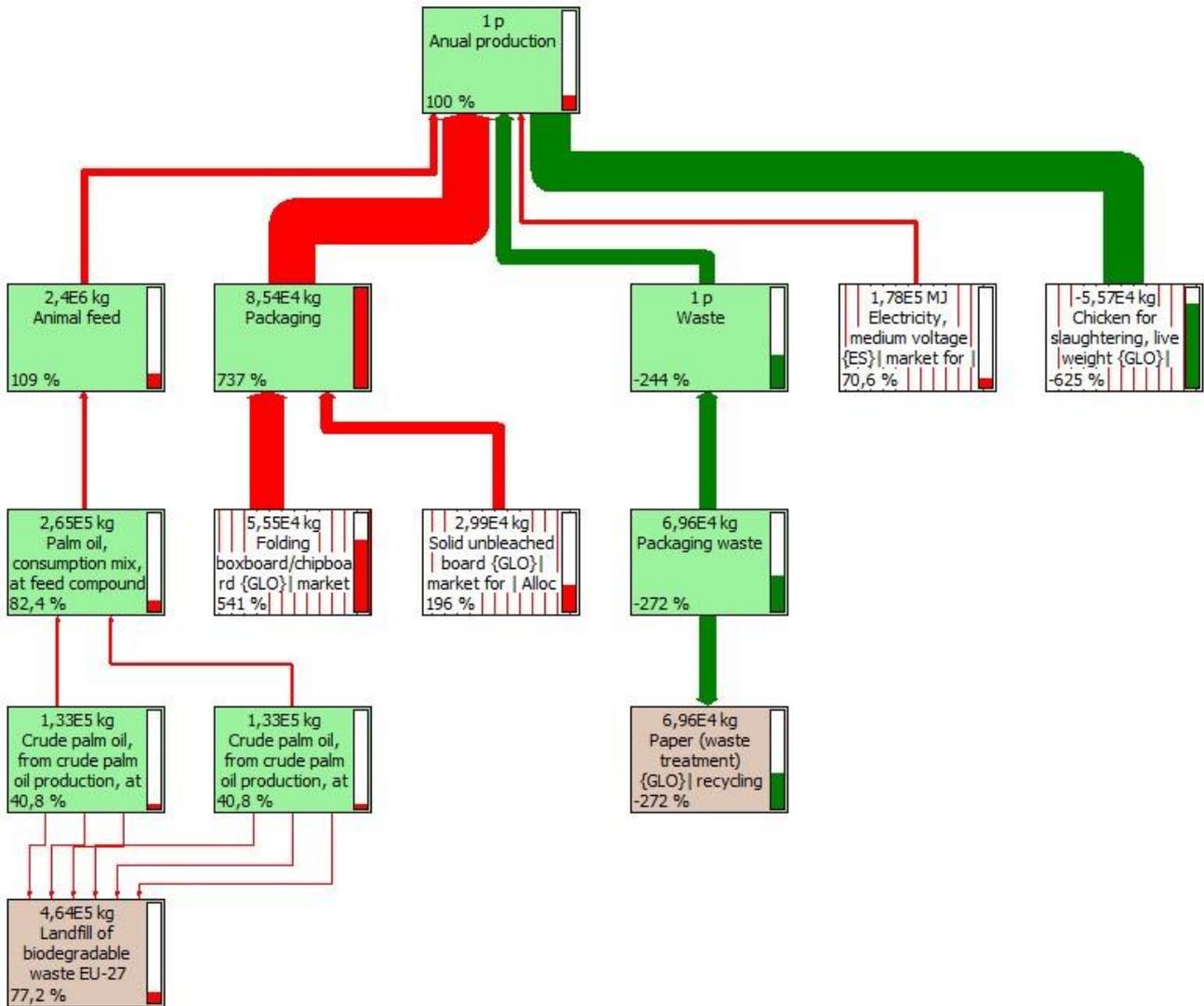


Figura 6.9. Diagrama de bloques y cargas medioambientales para la granja avícola según el método ReCiPe midpoint. Categoría agotamiento mineral. Valor de corte 4%

#### 6.4. Discusión de resultados y propuestas de mejora.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se pueden extraer una serie de conclusiones acerca de las actividades que más influyen en el impacto ambiental y sobre los puntos críticos de actuación.

Sin duda la actividad que más contribuye al impacto ambiental con su participación en la mayoría de categorías de impacto, es la alimentación de las gallinas de puesta. Esto concuerda con otros estudios realizados en producción avícola de pollo broiler (González-

García et al., 2014; da Silva et al., 2014). La producción de soja, componente del pienso, tiene un gran peso en la transformación del suelo natural, ya que requiere grandes superficies de suelo cultivable y reduce la biodiversidad en países de Sudamérica de donde es importado (Mattson et al., 2000). El aceite de palma también es responsable de la transformación de suelo natural, ya que es importado desde Malasia e Indonesia donde las plantaciones se expanden invadiendo el bosque tropical (Mattson et al., 2000). Asimismo, su cultivo contribuye a la ecotoxicidad terrestre y del agua dulce debido principalmente al uso del glisofato como herbicida (Saswattecha et al., 2015).

Siendo estos dos elementos los responsables de más del 90 % del impacto ambiental generado por la granja estudiada, la línea de mejora se basaría en la sustitución total o parcial de estos componentes en los piensos por otros medioambientalmente más sostenibles (Roy et al., 2008).

Una legumbre como la soja puede ser sustituida por otra como el guisante o el haba. A continuación se comparan los impactos de la producción de 1 kg de pienso de igual formulación al usado para el estudio sustituyendo la soja con cada una de las legumbres mencionadas.

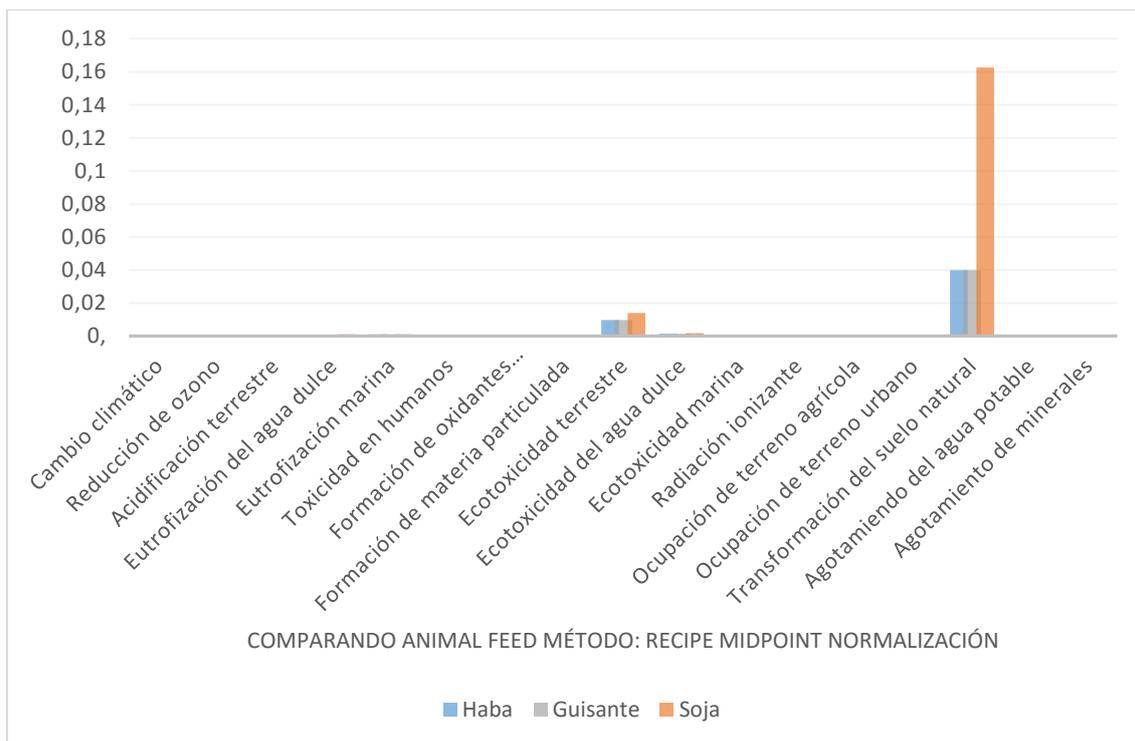


Figura 6.10. Comparación de impactos ambientales debido al uso de distintas legumbres según el método ReCiPe midpoint.

Cualquiera de las dos legumbres alternativas propuestas, suponen una reducción muy significativa del impacto ocasionado a la transformación de suelo natural. En el caso de la ecotoxicidad terrestre también se observa una reducción del impacto aunque menos llamativa.

De igual manera se podría plantear la sustitución del aceite de palma por otros que tengan un impacto menor como son el aceite de semillas de algodón o de colza ya que la producción de aceite de palma está íntimamente relacionada con la transformación de suelo forestal debido a una baja disponibilidad de suelo de pradera para su cultivo (Uusitalo et al. 2014).

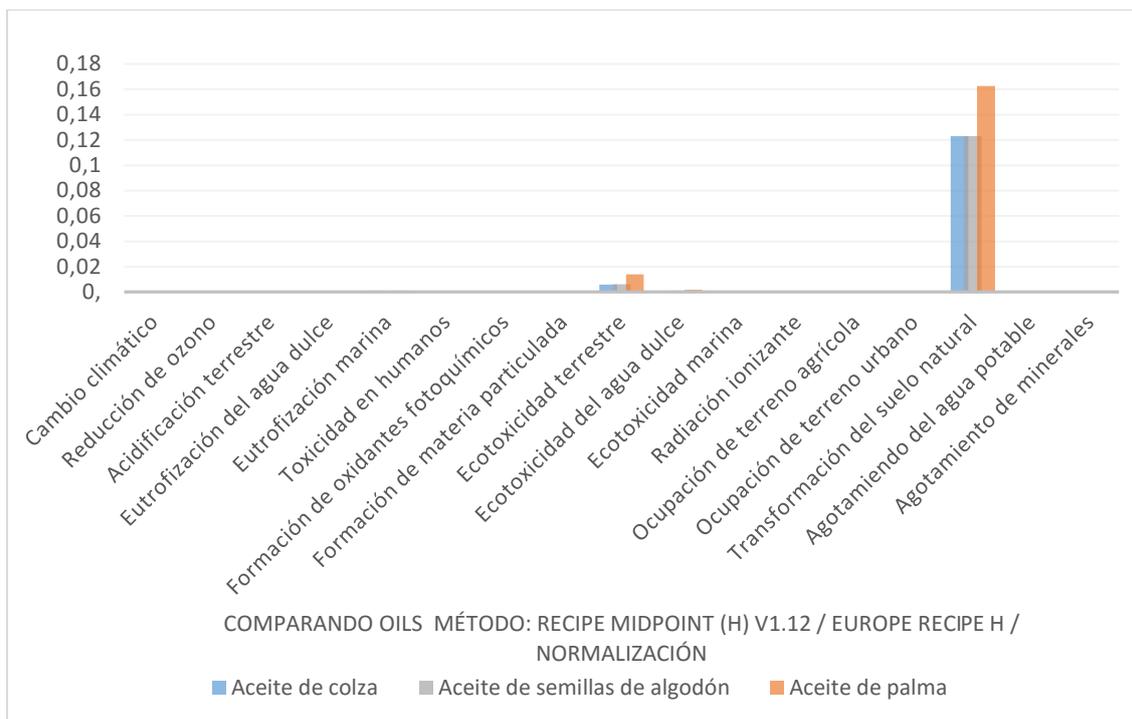


Figura 6.11. Comparación de impactos ambientales del uso de distintos aceites según el método ReCiPe midpoint.

Al igual que en el caso de las legumbres se ve una reducción en los impactos ocasionados en las categorías transformación del suelo natural y ecotoxicidad terrestre, al sustituir el aceite de palma por cualquiera de las dos alternativas propuestas. La reducción de la transformación del suelo natural no es tan remarcable en este caso como en el de las habas y guisantes frente a la soja.

Este planteamiento de mejora es estrictamente medioambiental, pero también deben considerarse tanto la perspectiva nutricional, para ofrecer una alimentación completa y optimizada a las aves en su periodo productivo, como los aspectos económicos relacionados con el coste del pienso y la productividad del animal.

Otra medida ambiental para reducir el impacto de la producción sería aumentar el tiempo que se tiene a las gallinas en producción, de tal manera que se reduciría el impacto en el sistema global de la cría de gallinas nuevas ya que éste subsistema es causa también de cargas ambientales en casi todas las categorías de impacto. Esta mejora está limitada por el rendimiento económico del animal que debiera de ser valorado.

## 7. Huella de carbono

### 7.1. Alcance 1 + 2 de la granja “Asturiana de Huevos”

Se ha analizado la huella de carbono de la granja avícola “Asturiana de Huevos”. En esta granja las emisiones que forman parte del alcance 1 corresponden a las emisiones directas de  $N_2O$  y  $CH_4$ , consecuencia de la actividad en la explotación avícola, y las derivadas del uso de gasoil en la comercialización del producto. Estas últimas han sido incluidas como alcance 1, ya que, a pesar de tratarse de emisiones derivadas del transporte, la distribución de los productos la realiza personal de la explotación con vehículos propios, es decir, se trata de una actividad intrínseca de la propia organización. En cuanto a las emisiones del alcance 2, se trata de aquellas derivadas del uso de electricidad.

La calculadora creada por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2014) no permite incluir las emisiones directas de óxido nitroso y metano, por lo que el cálculo del  $CO_2$  equivalente derivado de estas emisiones se ha realizado utilizando los factores de emisión que se facilitan en la guía editada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2015). El  $CO_2$  equivalente así calculado ha sido sumado a las otras contribuciones obtenidas a partir de la calculadora del Ministerio.

Tabla 7.1. Factores de emisión de los gases de efecto invernadero

GEI	Factor de emisión
$N_2O$	298
$CH_4$	25

El resultado del cálculo de los alcances 1 y 2 se muestra en la Figura 7.1, donde se observa que la actividad de la empresa “Asturiana de Huevos” durante el año 2015 dejó una huella de carbono de 266.69 t de  $CO_2$  eq. Este dato se traduce en una emisión de 240 g de  $CO_2$  equivalente por docena de huevos producida. Los responsables principales de esta huella son las emisiones directas en forma de metano y óxido nitroso (contribuye aproximadamente a partes iguales cada uno).

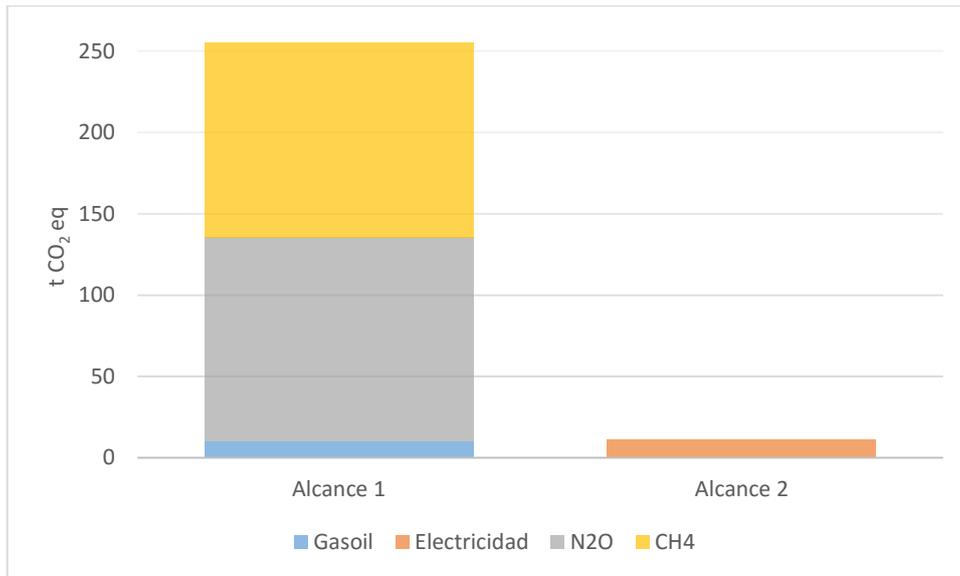


Figura 7.1. Alcances 1+2 de la producción de huevos según el método Greenhouse Gas Protocol

## 7.2. Alcance 1 + 2 + 3 de la granja “Asturiana de Huevos”

Para el cálculo de los tres alcances del proceso productivo se utilizó el método Greenhouse Gas Protocol a través del software SimaPro, utilizando el mismo inventario detallado en el ACV descrito anteriormente (apartado 6.2). De esta manera se consideran además de los alcances 1 y 2, las emisiones indirectas consecuencia de la extracción y producción de materiales, la gestión y tratamiento de los residuos generados por la organización y los transportes, tanto de los materiales como de los residuos, llevados a cabo por empresas externas. Los resultados se muestran en la Figura 7.2.

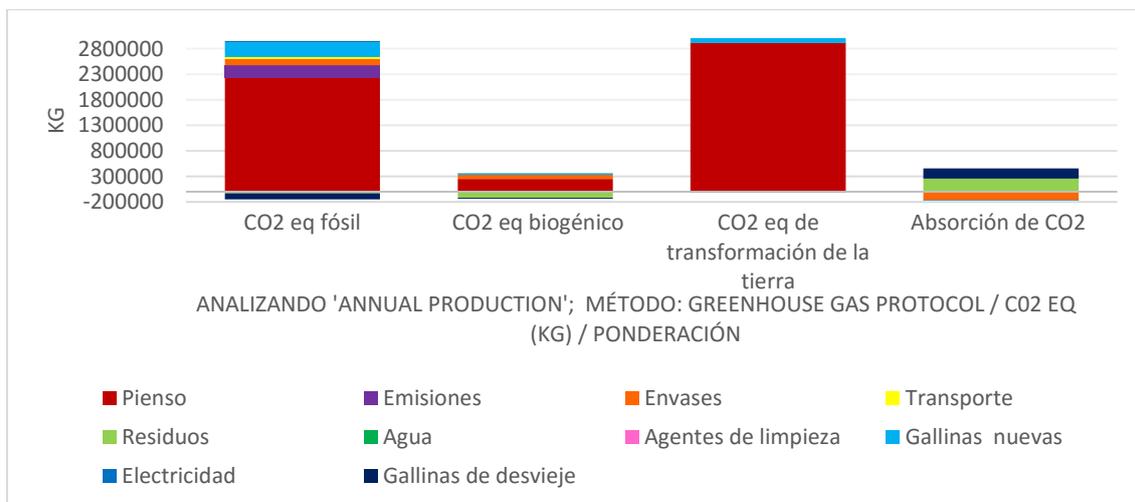


Figura 7.2. Alcance 1+2+3 de la producción de huevos según el método Greenhouse Gas Protocol

Al igual que ocurría con la mayor parte de las categorías de impacto, la principal contribución a las emisiones de GEI es debido a los piensos empleados en la alimentación de las gallinas (82%), debido tanto a la liberación de CO<sub>2</sub> de origen fósil como de transformación de la tierra.

En los estudios de Huella de Carbono es obligatorio informar de las emisiones de CO<sub>2</sub> fósil y biogénico, siendo las emisiones debidas a la transformación de la tierra y la absorción categorías optativas. Considerando las emisiones de CO<sub>2</sub> fósil y biogénico, en la granja estudiada se generan anualmente 3026 toneladas de CO<sub>2</sub> eq, lo que corresponde con una huella de 2.72 kg de CO<sub>2</sub> por docena de huevos. Teniendo en cuenta que un huevo medio pesa aproximadamente 65 g, la huella de carbono de 1 kg de huevos sería 3.49 kg de CO<sub>2</sub> eq.

### **7.3. Interpretación de los resultados**

La huella de carbono de la producción de huevos es causada principalmente por la producción de los piensos empleados en la alimentación de las aves. Esto concuerda con el trabajo publicado por Pelletier et. al. (2013), donde dice que de media la alimentación de los animales desde la cuna hasta las instalaciones supone el 83% de las emisiones de GEI. Asimismo, se observa que la huella de carbono de la producción de 2015 en la granja objeto de estudio es de 3.49 kg CO<sub>2</sub> eq por kg de huevos, lo que concuerda con el intervalo de valores publicado por Nijdam et al. (2012) (ver tabla 7.2). Comparando con otros productos de origen animal se observa que los huevos, junto con la leche y la carne de pollo) se incluyen entre las producciones que menos GEI emiten.

En el ACV desarrollado en el apartado 6, la categoría de impacto ambiental que corresponde con la huella de carbono es la indicada como Climate Change, que en este caso práctico no resulta representativa del perfil ambiental de la producción, ya que se trata de una de las categorías menos afectada según los resultados de normalización. Es por esta razón que podemos considerar que el ecoetiquetado basado en la huella de carbono no resulta representativo del comportamiento ambiental de la organización en este caso particular. Este tipo de etiquetado puede ser coherente en productos que requieran más transformación y por tanto tengan requerimientos energéticos mayores en su producción, de manera que el impacto ambiental del sistema global recaiga

principalmente en la categoría de cambio climático. Sin embargo, en el caso de la producción de alimentos nada o poco transformados, la generación de una huella de carbono menor puede no estar ligada a una producción más respetuosa con el medio ambiente.

*Tabla 7.2. Huella de carbono de distintos alimentos de origen animal (Nijdam et al., 2012)*

<b>Alimento</b>	<b>kg CO<sub>2</sub> eq por kg de producto</b>
<i>Leche</i>	1-2
<i>Carne de vacuno</i>	9-129
<i>Carne porcina</i>	4-11
<i>Carne de pollo</i>	2-6
<i>Carne de cordero</i>	10-150
<i>Huevos</i>	2-6
<i>Queso</i>	6-22
<i>Marisco</i>	1-86

## 8. Conclusiones

1. Las categorías de impacto más afectadas como consecuencia de la producción de huevos en la explotación avícola considerada, son por orden de importancia, la transformación de suelo natural, la ecotoxicidad terrestre y la ecotoxicidad del agua dulce.
2. Los subsistemas que más contribuyen al impacto ambiental son el pienso empleado en la alimentación de las aves y la adquisición de nuevas aves, debido principalmente al uso de soja y aceite de palma en su alimentación.
3. El transporte, el consumo de agua y electricidad, y los agentes de limpieza son los subsistemas que menos influencia tienen en el perfil global de la producción, siendo su contribución siempre inferior a 1%.
4. A la vista de los resultados del ACV, las mejoras ambientales vendrían asociadas a la sustitución de la soja y el aceite de palma por alternativas más sostenibles y al aumento del tiempo de explotación de los animales.
5. El alcance 3, referente a las actividades indirectas realizadas por terceros, es el principal responsable de la aportación de GEI en la producción de huevos.
6. La huella de carbono de la producción estudiada es de 3.5 kg de CO<sub>2</sub> por kg de huevos producido, valor similar a los recogidos en la bibliografía por este producto.
7. El potencial de calentamiento global (huella de carbono) no se incluye entre las 10 categorías ambientales más afectadas en la explotación avícola estudiada, de lo que se deduce que en este caso no sería un buen indicador del comportamiento ambiental de la organización.

## 9. Bibliografía

- Alders, R. 2005. Producción avícola por beneficio y por placer. Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Aubin, J., Papatryphon, E., van der Werf, H. M. G., Chatzifotis, S. 2009. Assessment of the environmental impact of carnivorous finfish production systems using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* (17, pp. 354–361)
- Braschkat, J., Patyk, A., Quirin, M., Reinhardt, G.A., 2003. Life cycle assessment of bread production – a comparison of eight different scenarios. *Proceedings of the Fourth International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector*, Bygholm, Denmark
- Bolan, N. S., Adriano, D. C., Mahimairaja, S. 2004. Distribution and bioavailability of trace elements in livestock and poultry manure by-products. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, (34, pp 291–338)
- Bowman, A., Mueller, K., Smith, M. 2000. Increased animal waste production from concentrated animal feeding operations: potential implications for public and environmental health. *Occasional Paper Series*, vol. 2. Nebraska Centre for Rural Health Research.
- Burton, C. H., Turner, C. 2003. Manure Management. Treatment strategies for sustainable agriculture. Silsoe Research Institute. Bedford, Reino Unido.
- Calderón, L. A., Iglesias, L., Laca, A., Herrero, M., Díaz, M. 2010. The utility of Life Cycle Assessment in the ready meal food industry. *Resources, Conservation and Recycling* (54, pp. 1196–1207)
- Callejo Ramos, A. 2010. La producción avícola. Breve reseña histórica. *Producción Animal. OpenCourseWare – Universidad Politécnica de Madrid*
- Cederberg, C., Mattsson, B., 2000. Life cycle assessment of milk production – a comparison of conventional and organic farming. *Journal of Cleaner Production*
  - (8, pp. 49–60)
- Chacón, J. R. 2008 Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV) *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería* (72, pp 37-70)

- Chambers, B. et al. 2001. Making better use of livestock manures on grassland. *Booklet 2*. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Reino Unido.
- Clemente, G., Sanjuán, N., Vivancos, J. L. 2005. Análisis de Ciclo de Vida: Aspectos Metodológicos y casos prácticos. Universidad Politécnica de Valencia.
- Coutts, J. A., Wilson, G. C. 2007. *Optimum Egg Quality. A Practical Approach*. 5M Publishing.
- Da Silva, V. P., van der Werf, H., Soares, S. R., Corson, M. S. 2014. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: An LCA approach. *Journal of Environmental Management* (133, pp. 222-231)
- Environmental Protection Agency. 1992. *Batneec Guidance Note For The Poultry Production Sector*.
- European Sustainable Phosphorus Platform. 1997. Agricultural phosphorus. *SCOPE Newsletter* vol. 21
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., et al. 2013. Tackling Climate Change through Livestock. A global assessment of emissions and mitigation opportunities. FAO.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics. <http://faostat.fao.org/>
- Farrel, D. 2013. The role of poultry in human nutrition. *Poultry Development Review* (pp 2-3). FAO.
- González-García, S., Gómez-Fernández, Z., Dias, A. C., et al. 2014. Life Cycle Assessment of broiler chicken production: a Portuguese case study. *Journal of Cleaner Production* (74, pp. 125-134)
- Halsberg, N. 2004. Life Cycle Assessment in the Agri-food sector. Proceedings from the 4<sup>th</sup> *International Conference about LCA on the Food sector*, Bygholm, Denmark
- Ihobe. 2014. Análisis de Ciclo de Vida (ACV): Metodología y aplicación práctica (principios generales). *Programa de Formación de 2014*. Gobierno Vasco.
- Instituto de Estudios del Huevo. 2009. El gran libro del huevo. *Ed. Everest*.
- International Finance Corporation. 2007. Environmental, Health, and Safety Guidelines for Poultry Production

- International Finance Corporation. 2007. Environmental, Health, and Safety Guidelines for Poultry Production.
- Organización Mundial de la Salud. 2004. Fichas Internacionales de Seguridad Química. *International Programme on Chemical Safety*
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. 1995. Schwermetalle in der Landwirtschaft (Heavy metals in agriculture) 217.
- Matthews, H., Hendrickson, C., Weber, C. 2008. The importance of carbon footprint estimation boundaries. *Environmental Science and Technology* (42, pp. 5839–5842)
- Mattsson, B., Cederberg, C., Blix, L. 2000. Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): case studies of three vegetable oil crops. *Journal of Cleaner Production* (8, pp. 283–292)
- Metcalfe, J. P. 1999. Guidance on the control of noise on poultry units. Department for Environment Food & Rural Affairs. Reino Unido.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2010. Guía de Mejores Técnicas Disponibles en Avicultura de Puesta.
- Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción. (<http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/Registro-informacion.aspx>)
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2015. Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. Versión 2.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2016. Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010.
- Nijdam, D., Rood, T., Westhoek, H. 2012. The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy* (37, pp. 760-770)
- Notarnicola, B., Tassielli, G., Renzulli, P.A., Castellani, V., Serenella, S. 2016. Environmental impacts of food consumption in Europe. *Journal of Cleaner Production* (xxx, 1-13)
- Núñez, Y., Feroso, J., Garcia, N., Irusta, R., 2005. Comparative life cycle assessment of beef, pork and ostrich meat: a critical point of view. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology* (4, pp. 140–151)

- Organización de las Naciones Unidas. 1972. Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano.
- Pachauri, R. K., Reisinger, A. 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007
- Parlamento Europeo y del Consejo. 2002. Reglamento (CE) n° 1774/2002 por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano. *Diario Oficial* (273, pp. 1 – 95)
- Pasha, T. N. 2003. Least Cost Feed Formulation for Poultry. *The veterinary news & views*. University of Veterinary & Animal Sciences, Lahore
- Pelletier, N., Ibarburu, M., Xin, H. 2013. A carbon footprint analysis of egg production and processing supply chains in the Midwestern United States. *Journal of Cleaner Production* (54, pp. 108-114)
- Piggott's Poultry Breeders. 2013. Coloured layers catalogue 2013-2014 season
- PRÉ Consultants. 2015a. SimaPro Database Manual 2.8.
- PRÉ Consultants. 2015b. Why Food Sustainability LCAs Make Up a Full 25% of All Published LCAs ( <https://www.pre-sustainability.com/why-25-of-LCAs-are-agriculture-related> )
- Roy, P., Orikasa, T., Nei, D., Okadome, H., Nakamura, N., Shiina, T., 2008. A comparative study on the life cycle of different types of meat. *Third LCA Society Research Symposium*. Nagoya, Japan.
- Roy, P., Orikasa, T., Nei, D., Okadome, H., Nakamura, N., Shiina, T. et al. 2009. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering* (90, pp. 1–10)
- Roy, P., Orikasa, T., Nei, D., Okadome, H., Nakamura, N., Shiina, T. 2012. Life cycle of meats: An opportunity to abate the greenhouse gas emission from meat industry in Japan. *Journal of Environmental Management* (93, pp. 218-224)
- Salager, J. L. 1988. Detergentes: componentes, fabricación, fórmulas. *Cuaderno FIRP S332-A*
- Saswattecha, K., Kroeze, C., Jawjit, W., Hein, L. 2015. Assessing the environmental impact of palm oil produced in Thailand. *Journal of Cleaner Production* (100, pp. 150-169)

- Skunca, D., Tomasevic, I., Djekic, I. 2015. Environmental performance of the poultry meat chain – LCA approach. *Procedia Food Science* (5, pp. 258 – 261)
- Tapia, C., Olivares, C., Núñez, I. 2013. Línea base del conocimiento regional sobre las implicancias de la huella de carbono en los procesos de toma de decisiones. Comisión Permanente del Pacífico Sur.
- Uusitalo, V., Väisänen, S., Havukainen, J., Havukainen, M., Soukka, R., Luoranen, M. 2014. Carbon footprint of renewable diesel from palm oil, jatropha oil and rapeseed oil. *Renewable Energy* (69, pp. 103-113)
- Vázquez-Rowe, I., Moreira, M. T., Feijoo, G. 2013. Carbon footprint analysis of goose barnacle (*Pollicipes pollicipes*) collection on the Galician coast (NW Spain). *Fisheries Research* (143, 191–200)
- Vega-Rodríguez, J.A., Rodríguez-Viejo, J., Pacciani, R., Vega, L. 2010. Análisis de ciclo de vida de sistemas de tratamiento de aguas residuales: influencia de los materiales utilizados. Universidad Autónoma de Barcelona
- Vigon, B.W. 1997 Life cycle inventory: data quality issues. *Society of Automotive Engineers*. (pp 47-54)
- Williams, A.G., Audsley, E., Sandars, D.L., 2006. Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. *Main Report, Defra Research Project IS0205*. Cranfield University and Defra.
- Zabaniotou, A., Kassidi, E. 2003. Life cycle assessment applied to egg packaging made from polystyrene and recycled paper. *Journal of Cleaner Production* (11, pp. 549–559)