



# 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION Academic

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

## Evaluation of the Potential Environmental Impacts Generated in the Production of Chicken (Meat) Using the Methodology of Life Cycle Analysis "LCA" by Attributes from Door to Door

ÁVILA, O.A.<sup>a\*</sup>, SUÁREZ, S.J.<sup>a</sup> MELO, S.F.<sup>b</sup>

a. Universidad Santo Tomas, Bucaramanga

b. Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga

\* omar.avila@unipaz.edu.co

### Abstract

The methodology of Life Cycle Analysis (LCA) according to the typology by attributes, was implemented to the general poultry process (transport of fertile egg and chicken meat, laying hens farm, broilers and / or reproduction farm, Plant of profit or sacrifice, wastewater plant and storage and distribution plant for chicken meat). The purpose of the LCA analysis was to identify, classify and evaluate the potential environmental impacts (PEI) generated in the different unit operations that make up the life cycle of chicken meat in Santander, Colombia. The construction of the inventory was carried out with data from the poultry industry of a confidential nature (consumption of chemicals, natural resources, fuel and the generation of liquid and atmospheric waste) and literature (emissions associated with the generation of chicken manure, consumption of electric energy and fossil fuel). The scope of the LCA includes the evaluation of the PEIs from door to door, and the impacts associated with the consumption of raw materials such as: water, electricity, natural gas, chemical inputs (additives, coagulants, disinfectants, etc.) and the final disposal of waste (liquid, solid and gaseous). The ACV methodology took as reference the Colombian Technical Standards (NTC-ISO 14040 and NTC-ISO 14044), which establish the criteria for the identification and creation of the environmental inventory, the analysis and interpretation of results, all with the help of the tool (SimaPro software 7.1, available version) according to the EDIP evaluation method 2003. The functional unit of production was 1 ton of chicken meat. The consumption of the mass and energy flow was quantified with a calculation base of 1 hour (mass in ton, energy in MJ). From the analysis obtained, alternatives were proposed to improve the process under study. The processes that contributed most to the generation of environmental impacts were in a 50.84% Reproductive farm associated with the consumption of energy and chemical inputs, followed by the Incubation plant (27.16%), the storage and distribution area (10.63%), the benefit plant (8.93%), the fattening farm (1.71%) and finally the transportation by 0.73%. An analysis was carried out based on a modification of the overall process, which consisted in suppressing the housing subprocess (laying hens) that contributed an environmental contribution of 47.1% (88% of 53.4%), as a result of the energy consumption in the Reproduction Plant; obtaining the following results; the order of maximum energy consumption was obtained by the beneficiation plant, with a percentage of participation of 39.5%, evidenced by the treatment of wastewater generated in the processes by 20% and by the consumption of energy. From the above, the importance of using alternative energies was inferred, as well as controlling the consumption of energy in the different processes that make up the poultry industry.

**Keywords:** Life Cycle Analysis, Potential Environmental Impact, Environmental Impact Category, poultry, greenhouse gases.

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Barranquilla - Colombia - June 21<sup>st</sup> and 22<sup>nd</sup> - 2018

## 1. Introducción

El sector de la alimentación es uno de los sectores económicos más importantes a nivel mundial; para satisfacer la demanda de la sociedad, se ha incrementado su producción; en paralelo, el impacto ambiental, que asociado a este sector también ha experimentado un interés creciente. Las etapas del ciclo de vida de productos alimenticios tales como: producción, preservación y distribución, requieren grandes cantidades de energía, lo cual se traduciría en impactos ambientales negativos como son los gases de efecto invernadero (GEI) y las emisiones acidificantes. Paralelamente, los consumidores en los países desarrollados han comenzado a exigir alimentos de alta calidad producidos en condiciones más favorables para el medio ambiente. En este contexto, hay un mayor reconocimiento y aceptación de la necesidad de desarrollar sistemas más sostenibles dentro el sector alimentario. Uno de los métodos internacionales más ampliamente aceptados para cuantificar los impactos ambientales de los productos alimenticios es el método ACV. Es una metodología holística que permite la identificación de las consecuencias ambientales del ciclo de vida de un producto, evaluar impactos ambientales potenciales durante su cadena de producción (ISO 14040, 2006).

Los procesos que conforman la industria avícola tales como: la granja de producción, la planta de incubación, la granja de engorde, la planta de beneficio y la distribución; generan residuos sólidos, líquidos y emisiones atmosféricas asociados al consumo de recursos naturales como agua, energía eléctrica y térmica, como también, el consumo de insumos químicos requeridos en las diferentes etapas del proceso. La investigación demanda gran importancia e interés porque no se ha realizado estudio alguno a nivel regional como en el entorno nacional.

A continuación, se referencian algunos estudios que validan la problemática ambiental del sector agropecuario. En países bajos, se realizaron estudios con el objeto de comparar las evaluaciones del impacto ambiental en el sector de la ganadería. El estudio expuso sus resultados de tres maneras: por kg de producto, por kg de proteína, y por kg de producto promedio. La revisión produjo un rango consistente de resultados para el uso de la tierra, consumo de energía eléctrica y la afectación directa al cambio climático (mayor impacto potencial asociado al calentamiento global (GWP)), enmarcados directamente a la producción de 1 kg de carne de res, seguido por la producción de 1 kg de carne de cerdo, de pollo, huevos y leche. Las diferencias en el impacto ambiental entre el cerdo, el pollo y la carne de vacuno pueden ser explicado principalmente por 2 factores: diferencias en la eficiencia de la alimentación y diferencias en la emisión entérica de metano (CH<sub>4</sub>) (Vries, et al. 2010).

Otro estudio fue realizado en Australia para la producción en huevos alrededor de 345 millones de docenas de huevos al año. La industria busco tener un alto grado de desempeño ambiental mediante la adopción de las mejores prácticas de gestión para una serie de cuestiones ambientales, aunque hasta la fecha no se han realizado análisis exhaustivos del desempeño ambiental en toda la cadena de suministro de huevos. Para cuantificar los impactos ambientales, el estudio contempló las emisiones de GEI, el consumo de energía y agua, enfocado a la producción de 1 kg de huevos en jaula como de gama libre. El estudio encontró que la producción de huevos de Australia generaba bajos niveles de GEI en comparación con la producción de huevos de estudios europeos (Wiedemann, et.al. 2011).

En un segundo estudio realizado por Wiedemann en la industria de carne de pollo en Australia utilizando ACV como herramienta, evaluó; el impacto medioambiental desde la "cuna hasta la tumba", basado en datos recolectados de las cadenas comerciales de carne de pollo. Los objetivos de este proyecto incluyeron: (a) Cuantificar los impactos ambientales de la producción de carne de pollo, específicamente: energía usada, GEI y uso del agua. (b) Proporcionar datos sólidos que permitan comparar la carne de pollo con otros productos similares, sobre el rendimiento medioambiental y la eficiencia de la producción. (c) Identificar áreas dentro de la cadena de suministro donde las mejoras pueden reducir el uso de recursos e impactos ambientales. (d) Establecimiento de datos de referencia para la evaluación comparativa y presentación de informes del desempeño de la industria. (e) Revisar las ACV existentes en la carne de pollo. El estudio mostró que la producción de carne de pollo australiana generó bajos niveles de GEI y niveles moderados de energía y agua.

Adicionalmente se da a conocer la evaluación del impacto ambiental de la producción de carne de ave mediante la evaluación del ciclo de vida, realizada en la ciudad de Varamin, provincia de Teherán, Irán. El alcance del estudio contemplo los Impactos de la producción de pollos de engorde en la granja y la

producción de carne de pollo en el matadero; cuya unidad funcional fue una tonelada de ave, en las temporadas de verano e invierno. Las categorías de impacto ambiental incluyeron el potencial de agotamiento abiótico, el potencial de acidificación, el potencial de eutro-potencial de calentamiento, potencial de agotamiento del ozono, potencial de toxicidad humana, potencial de ecotoxicidad acuática marina, potencial de ecotoxicidad terrestre y potencial de oxidación. Las evaluaciones revelaron que la etapa de producción de pollos fue la principal fuente de impactos ambientales, debido a la producción y transporte asociada a las emisiones atmosféricas durante el ciclo de vida de la producción de carne de pollo. (Kalhor, et al. 2016).

Finalmente, se menciona el estudio realizado en España sobre el impacto ambiental generado en el sector alimentario. Mediante el empleo de distintas herramientas de gestión medioambiental como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y la Huella de Carbono donde fue posible identificar y cuantificar dichos impactos y sus causas. En este trabajo se desarrolló 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 realizó considerando los consumos de materias primas y energéticas, emisiones directas derivadas de la actividad, así como los transportes y la gestión de los residuos. El análisis realizado indicó que la producción del alimento para las gallinas es la principal causa de impacto en esta actividad. (Castillo, 2017).

## 2. Aplicación de la Metodología ACV

### 2.1. Definición de Objetivo, alcance y unidad funcional

Objetivo: Identificar, evaluar y analizar los IAP asociados a los diferentes procesos que integran el sistema de aprovechamiento de la carne de pollo, desde la obtención del huevo, su incubación, obtención del pollo y su beneficio, para finalmente proponer alternativas de mejoramiento, a través de la aplicación de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida "ACV", según la tipología por atributos, con un enfoque de la puerta (huevo fértil) a la puerta (almacenamiento de carne de pollo).

Identificación del alcance: Se tomó como partida las operaciones unitarias que integran la obtención del huevo, para ello se intervino la granja de gallinas ponedoras, seguido del transporte del huevo fértil hacia la planta de incubación, en donde se selecciona el pollo apropiado para su respectivo engorde y crecimiento. Posteriormente se evaluó el transporte del pollito a la granja de engorde en donde permaneció 42 días, tiempo apropiado para su consumo. Seguidamente, se evaluó el transporte del pollo hacia la planta de beneficio y las operaciones unitarias que intervienen en la transformación del pollo vivo a carne despresada. Finalmente se consideró el transporte de la carne de pollo a la zona de almacenamiento, distribución y comercialización. La descripción antes mencionada, corresponde al ciclo de vida de la carne de pollo de la puerta a la puerta.

Unidad Funcional: La obtención de 550 huevos fértiles de los cuales fueron incubados para obtener 550 pollos requeridos para la obtención aproximada de 1 tonelada de carne de pollo.

### 2.2. Selección de límites y reglas de exclusión

Límite temporal: se consideró el análisis de datos históricos entregados por la organización durante el semestre A y parte del B del año 2017, para las diferentes plantas. La información relevante fueron los consumos de energía eléctrica y agua potable (facturas de servicios públicos), consumo de insumos y reactivos químicos (tablas de relación), generación de vertimientos (caracterización de aguas residuales). Adicionalmente, se contempló la revisión de información (tesis de pregrado y posgrado; patentes, estudios gubernamentales, etc.) concerniente a las generalidades del sector avícola, para validar información que no se recopiló en su momento (distribución energética por sectores), como en la determinación de las cargas ambientales asociadas al consumo de energía eléctrica y consumo de combustible. La información obtenida fue utilizada para la realización de balances másicos, energéticos y cargas ambientales. (Ávila, Meneses, Muñeton, & Vivas, 2014).

Límites: En la figura 1 se muestran los procesos unitarios objeto de estudio delimitados (obtención huevo fértil, proceso de incubación, granja de engorde, planta de beneficio y planta de almacenamiento y distribución) y sus

relaciones (consumo de agua, energía eléctrica y transporte del producto específico de la granja o planta), así como la unidad de proceso excluida del estudio delimitados (granja de reproductoras, (huevo mesa), consumo y disposición final de la carne de pollo).

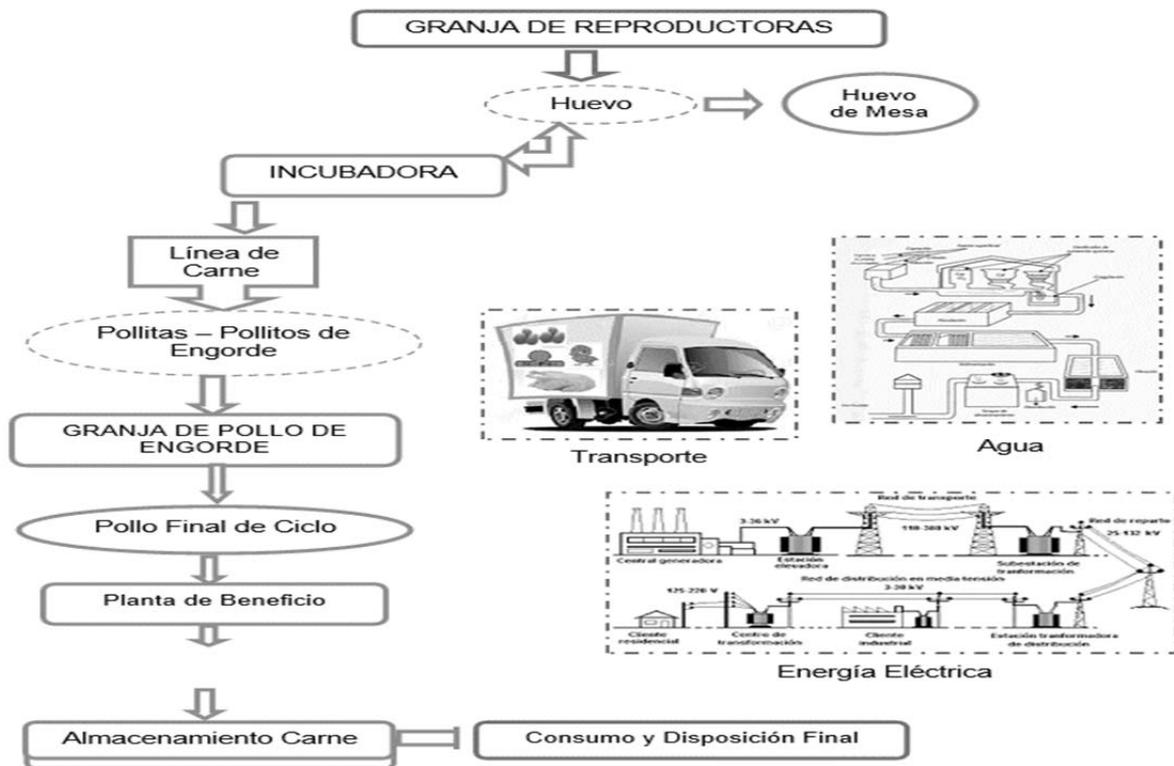


Fig. 1: Límites y Alcance del estudio del Proceso Productivo Avícola Fuente: Autores

Reglas de Exclusión: Para la implementación de la metodología ACV fue necesario excluir procesos debido a la amplitud del alcance como en la complejidad del levantamiento de información, tales como: granja de ponedoras (huevo de mesa), el consumo de carne de pollo y la disposición final de los residuos generados en la misma. No se contemplaron los residuos sólidos generados en los procesos incluidos en los límites del estudio, ya que estos son tratados por una empresas terceras, al igual que la generación de lodos (utilizados en compost); los impactos asociados a la obtención de materias primas (reactivos, insumos, combustibles, etc.), como de los instrumentos utilizados en el área de mantenimiento. No se consideraron las cargas ambientales asociadas a: El transporte de materias primas (alimentos, cestas, insumos, químicos, repuestos, equipos, herramientas, etc.). Los bienes de capital y obras (equipos de procesamiento, maquinarias, sistemas de tuberías, vehículos, edificios, obras civiles, etc.). El consumo de químicos utilizados en los laboratorios para los análisis de calidad del agua cruda como del agua tratada.

### 2.3. Análisis del Inventario de Ciclo de Vida (ICV)

Esta fase esta direccionada por la norma NTC ISO 14042 (Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida), que tiene por objeto la evaluación de los impactos ambientales potenciales significativos a partir de los resultados del análisis de inventario.

Revisión de la Información: La eficacia del estudio dependió de la calidad de los datos utilizados en el inventario de ciclo de vida, es por ello, que la información utilizada fue validada y aprobada por los responsables de los procesos (Ingenieros de Operación, coordinadores ambientales, técnicos de mantenimientos, entre otros), como del grupo de investigación de la Universidad.

Selección del Método de Evaluación: Fue seleccionado el software Simapro 7.1® por disponibilidad de licencia, método EDIP 2003 y la base de datos Ecoinvent v.1.3.; versión 2©, con el fin de proponer alternativas de mejora para mitigar impactos y mejorar la sostenibilidad del ciclo productivo del pollo.

Selección de categorías de evaluación de impactos. La evaluación de impactos se relacionó con la norma y utilizo el análisis de la caracterización, con la finalidad de identificar los impactos más significativos para este estudio en cada uno de los subprocesos que conforman el beneficio avícola. Una vez aplicados los enfoques correspondientes fue posible priorizar la interpretación del estudio en Diez categorías de impacto que son: Calentamiento Global, Formación Ozono (vegetación), Formación Ozono (humana), Acidificación, Eutrofización Terrestre, Eutrofización Acuática (N), Eutrofización Acuática (P), Toxicidad Humana Aire, Toxicidad Humana Agua y Toxicidad Humana Suelo.

Levantamiento de Inventario: Se realizó el listado de los equipos eléctricos y electrónicos requeridos en las diferentes operaciones unitarias que integran los procesos principales para la producción del pollo y adicional a ello se determinó el consumo energético por operación unitaria (ver tabla 1), siendo la fuente de alimento para la creación del balance de energía y por consiguiente del inventario final del ciclo del pollo, como del balance másico y volumétrico global (ver tabla 2) de los procesos de estudio.

Consumo Mensual	Unidad	Granja Reproducción	Incubación	Granja Engorde	Beneficio	Distribución	Total
Energía Eléctrica	kWh	432,334	11,759	99,500	90,516	0,112	634,22
Gas Natural	m3	0,000	0,000	0,023	0,011	0,000	0,03

Tabla. 1 Balance energético global

Consumo Mensual	Unidad	Granja Reproducción	Incubación	Granja Engorde	Beneficio	Distribución	Total
Agua Potable	m3	1,31E+01	2,06E+00	8,67E+01	5,38E+00	3,26E-05	107,25
Agua residual	m3	1,57E+01	2,10E+00	2,53E+00	5,46E+00	3,62E-05	25,75
Aditivos	mL	0,00E+00	4,55E+02	5,08E+00	5,46E+00	0,00E+00	465,34
Desinfectante	kg	1,25E-01	5,04E-01	7,95E-02	7,12E-02	7,26E-05	0,78

Tabla. 2 Balance másico y volumétrico global

### 3. Análisis de Resultados

#### 3.1. Análisis de Contribución Ambiental Porcentual

Los procesos (granjas y plantas) que integran el sector avícola, fueron definidos de forma individual y fueron habilitados en cajas denominadas ensamblajes (subprocesos) tales como: la granja de reproductoras y de engorde o crecimiento, planta de incubación, etc. Posteriormente, se ingresaron los inventarios tales como: balances másicos, volumétricos, energéticos y cargas ambientales, para cada subproceso (cajas de color gris oscuro), en relación a la unidad funcional del estudio (ver figura 2).

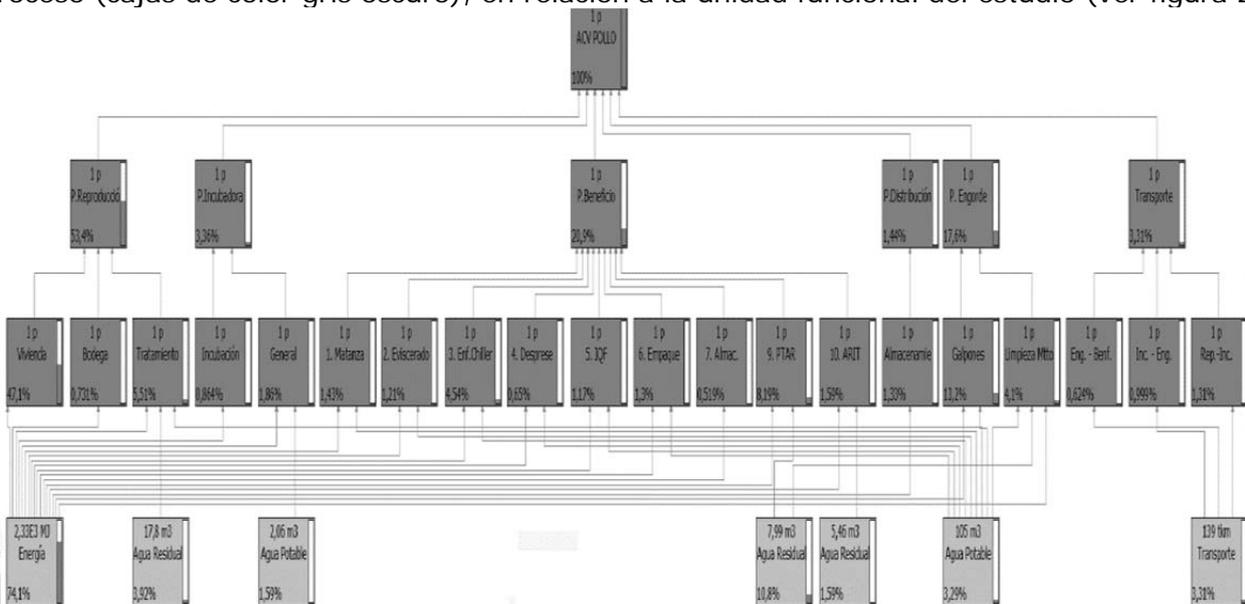


Fig. 2 Árbol de Proceso Global del Ciclo de Vida en la Producción Avícola. Fuente: Método EDIP 2003. Software SIMAPRO 7.1®

De la figura anterior se evidenció que el mayor impacto ambiental fue atribuido a la Granja de Reproducción, con una contribución ambiental del 53,4% concerniente a la caracterización del subproceso de vivienda que asocio el impacto en un 47,1% (88% del 53,4%) debido al consumo energético requerido en el proceso. En segundo lugar, se encuentra la Planta de Beneficio, con un porcentaje del 20,9%, atribuido principalmente al subproceso del Tratamiento de agua residual "PTAR" en un 8,19% (equivalente al 39,19% del 20,9%), debido a la caracterización del efluente tratado y vertido a la fuente hídrica, como del consumo energético requerido en la planta. En tercer lugar, se evidenció el aporte ambiental por la granja de Engorde con un 17,6%, basado en los consumos energéticos realizados en los galpones (iluminación, calefacción, etc.) con una participación de 13,2% (0,75% del 17,6%). Finalmente contribuyen en baja relación los subprocesos de Planta de incubación con un 3,36%; seguido del Transporte en un 3,31% y la planta de distribución con 1,44%; asociados al consumo de aditivos químicos, combustión de ACPM y uso de energía eléctrica.

### 3.2. Análisis de Caracterización por Atributos

Este análisis incluye la descripción sobre la importancia ambiental para los diferentes procesos presentes en el ciclo de vida de la carne de pollo y su contribución a las categorías ambientales evaluadas, de forma global e individual, tal como se observa en la figura 3.

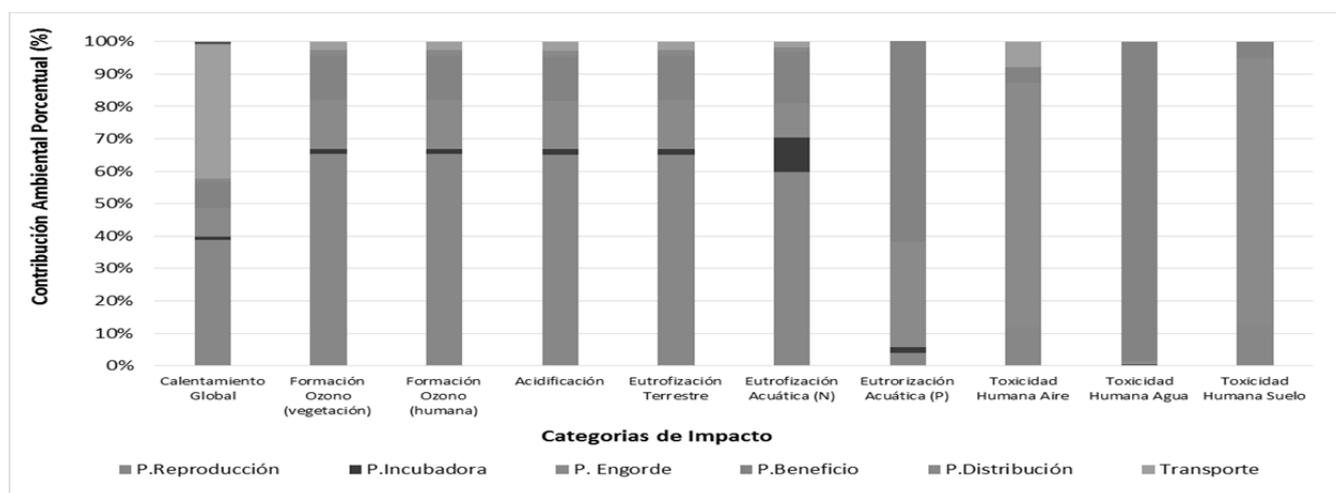


Fig.3 Análisis de Caracterización de Impactos Fuente: Método EDIP 2003. Software SIMAPRO 7.1®

De la figura 3 se logró evidenciar el aporte significativo de la planta de reproducción en todas las categorías (50% aproximadamente) a excepción de la toxicidad que menor contribución, seguido de la planta de engorde en un 70% asociados a las categorías de toxicidad humana al aire y al suelo. Finalmente, la planta de beneficio que contribuyo en un 95% para la toxicidad humana por agua y 60% a la eutrofización acuática por presencia de fosfatos.

### 3.3. Evaluación de puntuación única media

La evaluación del impacto ambiental para todas las categorías de estudio, se normalizo a través de la unidad conjunta denominada mid-point (mPt), que equivale a la centésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano europeo medio.

El comportamiento de las categorías evaluadas como se presenta en la figura 4, se destaca la contribución ambiental de la planta de reproductora en un 50,84%, (1784,25 mPt), asociado al consumo alto de energía eléctrica como de insumos químicos en las áreas de lavado. En segundo momento, se determinó la planta de Incubación en un 27,16%, (953,32 mPt), asociado al consumo de energía, consumo de químicos y generación de agua residual con su tratamiento posterior.

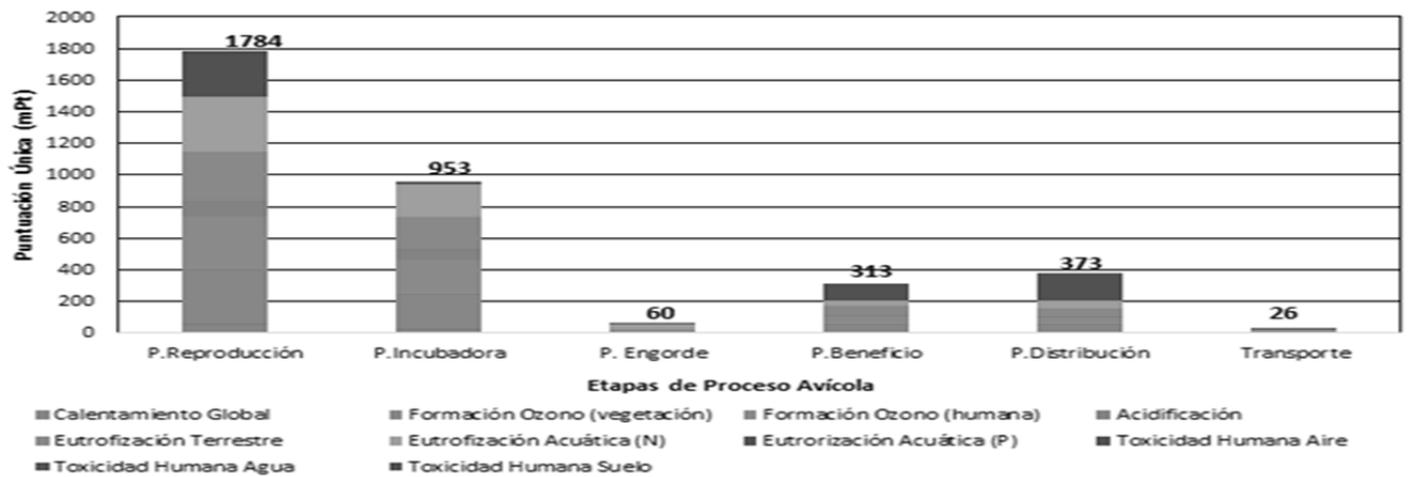


Fig. 4: Evaluación de Puntuación Media del Proceso Avícola. Fuente: Método EDIP 2003. Software SIMAPRO 7.1®

El proceso siguiente fue la planta de almacenamiento y distribución de carne de pollo, con un 10,63%, (372,97 mPt), atribuido por el alto consumo energético en términos de refrigeración y conservación de la cadena de frío de la carne como de las propias instalaciones; seguido de la planta de beneficio en un 8,93%, (313,32 mPt) en relación al consumo energético e insumos químicos para la operación del sacrificio del ave como del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas. Finalmente, la contribución ambiental más baja fue por parte de la granja de engorde con un 1,71%, (59,91 mPt) y del sistema de transporte con un 0,73%, (25,68 mPt), atribuido por consumo de energía y emisiones por la combustión del ACPM.

En la siguiente figura 5 se ilustra el grado de afectación por cada categoría, del cual se evidenció que la eutrofización acuática obtuvo la mayor ponderación (692 mPt), equivalente al 19,68% de la evaluación global, por presencia de compuestos nitrogenados.

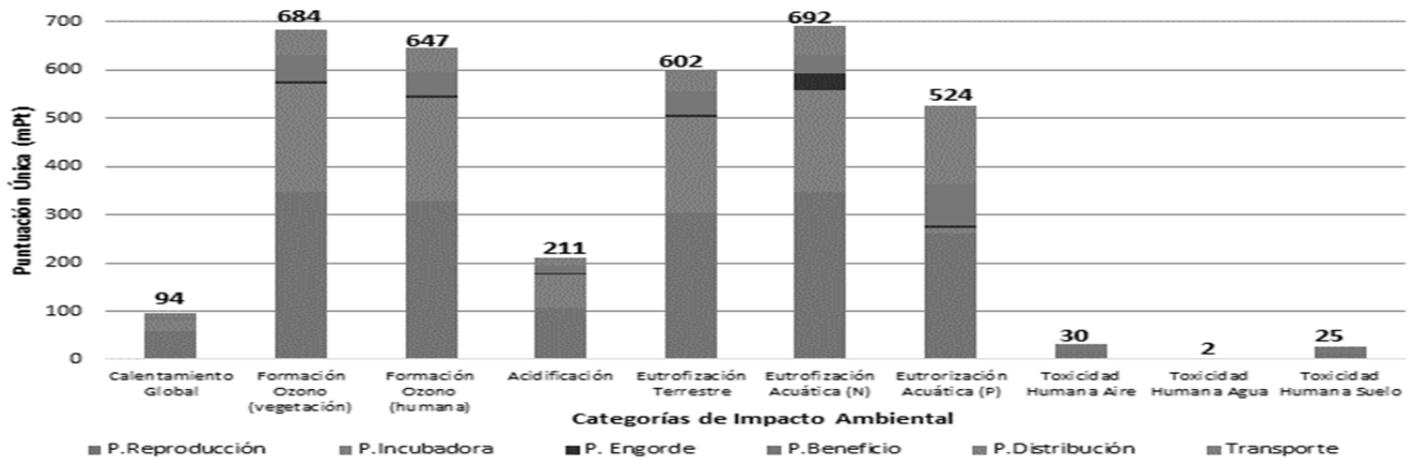


Fig. 5: Evaluación de Puntuación Media por Categorías de Impacto. Fuente: Método EDIP 2003. Software SIMAPRO 7.1®

Siguiendo con el análisis de la figura anterior, se determinó la afectación ambiental por las categorías de formación de ozono por actividades propias de la vegetación y de la parte humana en 683,48 mPt (19,48%) y 647,08 mPt (18,44%) respectivamente. Los procesos de afectación siguiente fueron: la eutrofización terrestre y la eutrofización acuática por presencia de fosforo en un 601,51 mPt y 524,29 mPt, equivalente a 17,14% y 14,94%. Por último, contribuyeron en 211,19 mPt y 93,99 mPt la acidificación y el calentamiento en 6,02% y 2,68% respectivamente. Finalmente, las categorías con menor grado de afectación fueron la toxicidad humana por causa del aire, suelo y agua con 29,53 mPt, 25,35 mPt y 2,10 mPt en el orden mencionado (porcentaje inferior al 1 %).

### 3.4. Caracterización de Emisiones

Tomando en cuenta la producción de emisiones atmosféricas atribuidas por el consumo energético y la combustión del hidrocarburo (ACPM), se logró identificar al Dióxido de Carbono como la sustancia que

más se produce en el Sistema de Transporte avícola con un 75,44% del total de emisiones generadas, seguido por el Dióxido de Carbono Transformado con un 12,65%, Óxidos de Nitrógeno 6,12% y en pequeñas proporciones de Ácido sulfúrico 1,98%, y el Material Particulado 1,51%, como se observa en la siguiente figura.

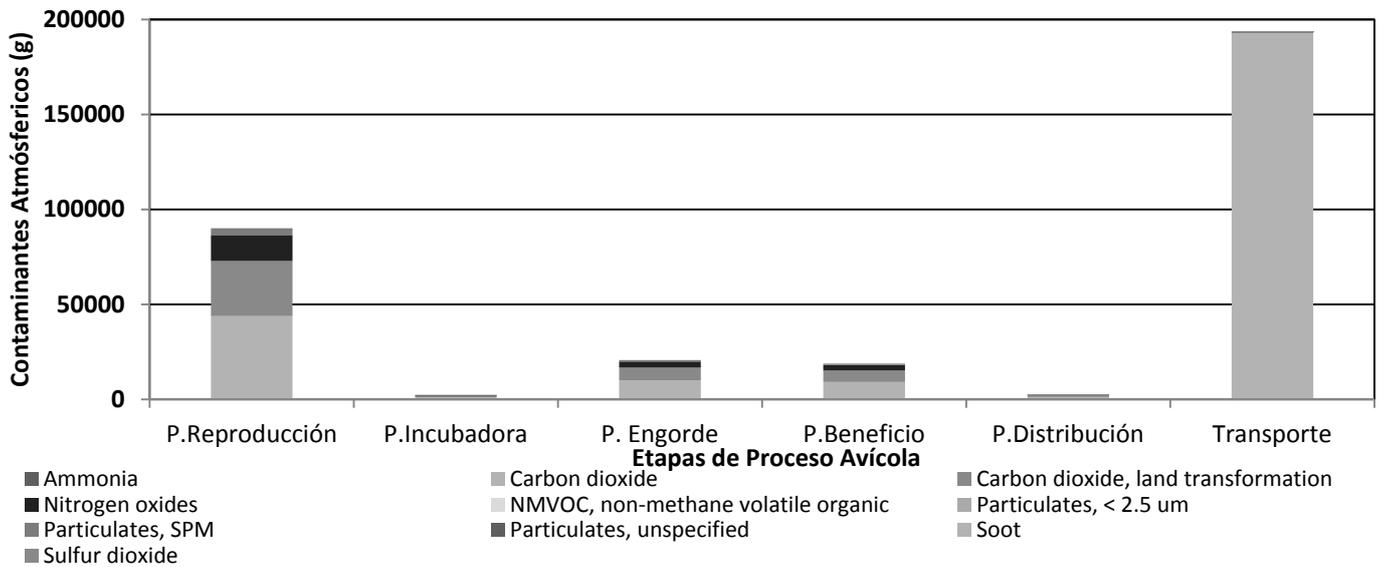


Fig. 6. Caracterización de Emisiones Atmosféricas. Fuente: Método EDIP 2003. Software SIMAPRO 7.1®

### 3.5. Análisis del Poder de Calentamiento Global

Como valor agregado al estudio, se estimó la huella de carbono a partir de las emisiones de gases de efecto de invernadero asociados al consumo energético y a la combustión de hidrocarburos (ACPM), para las diferentes operaciones unitarias contempladas dentro del alcance del estudio, utilizando el método IPCC (panel intergubernamental del cambio climático).

En la siguiente figura se puede apreciar el comportamiento decreciente en la estimación de la huella de carbono al ser evaluada por el método IPCC GWP quien proyecta el grado de afectación total del poder del calentamiento global (1570,75 kg CO<sub>2eq</sub>), con el transcurso del tiempo, para periodos de 20 años (impacto del 48%, equivalente a 748,49 kg CO<sub>2eq</sub>), 100 años (impacto del 30%, equivalente a 468,75 kg CO<sub>2eq</sub>) y 500 años (impacto del 23%, equivalente a 353.51 kg CO<sub>2eq</sub>).

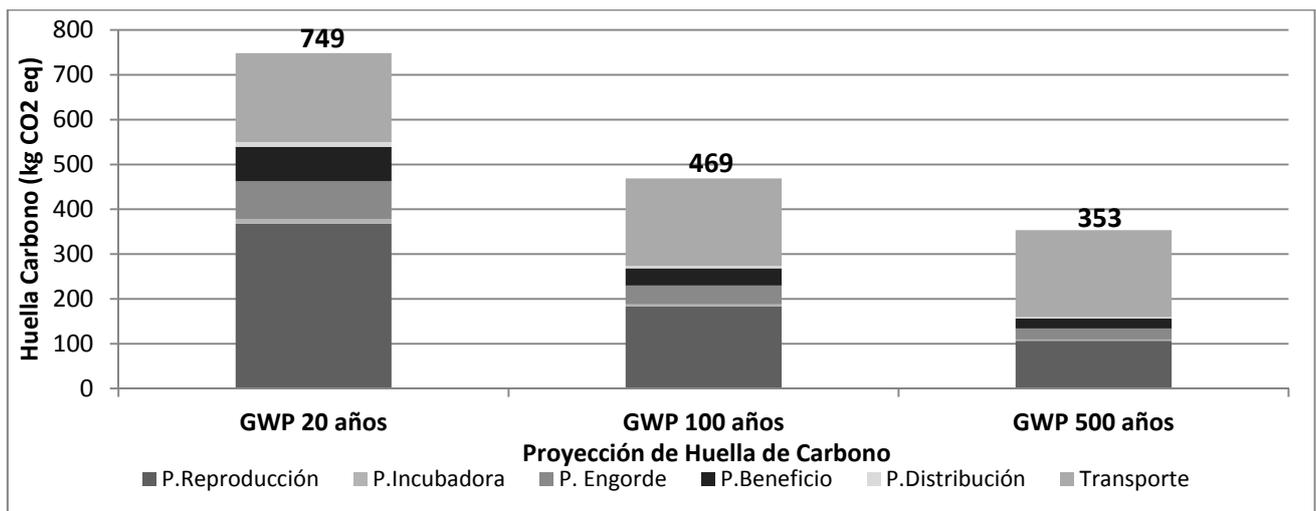


Fig. 7: Proyección de la Huella de Carbono. Fuente: Método EDIP 2003. Software SIMAPRO 7.1®

Respecto a la función tecnológica del IPCC GWP presentan variaciones de las emisiones de CO<sub>2eq</sub>, a lo largo del tiempo. Para el caso de la evaluación a 20 años se obtuvo 748,49 kg de CO<sub>2eq</sub>, atribuido principalmente por la planta reproductora (contribución del 49% en 368,06 CO<sub>2eq</sub>) por el alto consumo

energético, seguido del sistema de transporte con 198,29 kg de CO<sub>2eq</sub> asociado a la combustión del ACPM (contribución del 26%). Posteriormente contribuyo la planta de engorde y de beneficio en un 11% y 10% (84,70 y 77,06 kg de CO<sub>2eq</sub> respectivamente).

#### 4. Conclusiones

Los subprocesos que más contribuyeron a la generación de impactos ambientales fueron el 50,84%, en la granja Reproducción por el consumo de energía e insumos químicos, como se mencionó anteriormente, seguido de los subprocesos planta de Incubación en un 27,16%, seguida del subproceso de distribución con un 10,63%, el subproceso de la planta de beneficio en un 8,93%, luego de la granja de engorde con un 1,71% y finalmente el transporte con un 0,73%, ocasionados principalmente por los altos consumos de energía eléctrica, agua potable, generación de aguas residuales industriales y aguas residuales industriales tratadas.

El Análisis estableció igual comportamiento entre los periodos de evaluación (20, 100 y 500 años) a diferencia de que en el transcurso del tiempo los gases generados por el proceso de combustión incrementan relativamente, pasando del 26% a 20 años al 42% en 100 años y luego al 55% para 500 años. El efecto anterior obedece a la permanencia y alta concentración de los gases contaminantes en la atmosfera como del potencial de calentamiento global que cada uno ellos aportan al medio. De lo anterior, se infiere la importancia de utilizar energías alternativas (eólica, solar, etc.) como del tipo de combustible de origen fósil por biocombustibles.

La etapa que más emisiones Hídricas generó fue la Planta de Beneficio con un 63,56% del total de sustancias emitidas, seguido por la granja de engorde con un 23%. En lo que corresponde a las características químicas que más se emitieron fueron Demanda Química de Oxígeno (COD, Chemical Oxygen Demand) con un 31,85%, seguido de la Demanda Biológica de Oxígeno (BOD5, Biological Oxygen Demand) 18,34%, y el Ion Sodio (Sodium, ion) en un 14,44%.

Se hace necesario efectuar un control de consumo de energía en todos los procesos que conforman la obtención de carne de pollo, debido a la afectación que repercute en la salud humana y en los mismos costos de su producción. Y de la importancia de utilizar energías alternativas (eólica, solar, etc.) como del tipo de combustible de origen fósil por biocombustibles.

#### 5. Referencias bibliográficas

- Abín Rueda, R. (2016). Impactos Ambientales de la Producción de Huevos: Análisis de Ciclo de vida y Huella de Carbono. (Tesis de Maestría). Oviedo, España: Universidad de Oviedo. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10651/38994>
- Aguilera Díaz, M. M. (2014). Determinantes del desarrollo en la avicultura en Colombia: instituciones, organizaciones y tecnología. Revista del Banco de la República, 89(1070), 21-54. Obtenido de <https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/banrep/article/view/8405>
- Ávila Rojas, O. A. (2015). Evaluación de Impacto Ambiental para la producción de Polietileno de Baja Densidad. (Tesis inédita de Maestría). Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Bohórquez Arévalo, V. D. (2014). Perspectiva de la producción avícola en Colombia. Obtenido de Repositorio Institucional UMNG: <http://hdl.handle.net/10654/12149>
- Castillo Guzmán, M. (2017). Análisis del ciclo de vida y su impacto ambiental. Recuperado el 1 de Abril de 2017, de Gestipolis: <https://www.gestipolis.com/analisis-del-ciclo-vida-impacto-ambiental/>
- Congreso de Colombia. (19 de diciembre de 1973). Ley 23. Por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=9018>
- Congreso de Colombia. (24 de enero de 1979). Ley 9. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>
- Constitución Política. (1991). Artículo 79. Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-3/articulo-79>

- Da Silva, V. P., van der Werf, H. M., 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, 222 - 231. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.12.011>
- De Vries, M., & de Boer, I. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 128(1-3), 1 - 11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.11.007>
- García, Y., Ortiz, A., & Lon Wo, E. (s.f.). Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. Recuperado el 25 de febrero de 2017, de Fertilizando.com: <http://www.fertilizando.com/articulos/efecto%20residuales%20avicolas%20ambiente.asp>
- Gómez Daza, E. (2012). Estudio de gestión ambiental para la empresa avícola agrícola mercantil del Cauca - AGRICCA S.A. (Tesis de Maestría). Manizales, Colombia: Universidad de Manizales. Retrieved from <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/563>
- González-García, S., Gomez-Fernández, Z., Dias, A. C., Feijoo, G., Moreira, M. T., & Arroja, L. (2014). Life Cycle Assessment of broiler chicken production: a Portuguese case study. *Journal of Cleaner Production*, 74, 125-134. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.067>
- ICONTEC. (01 de 12 de 2004). NTC-ISO 14001. Bogota. Recuperado el 02 de 01 de 20017
- ICONTEC. (2007). NTC-ISO 14040. Obtenido de Control ambiental: [http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000127-a0991a28c5/NTC-ISO14040-2007%20Analisis\\_CicloVida.pdf](http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000127-a0991a28c5/NTC-ISO14040-2007%20Analisis_CicloVida.pdf)
- Ihobe S.A. (2009). Análisis de ciclo de vida y huella de carbono: dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto. Recuperado el 22 de julio de 2015, de IHOBE: <http://www.ihobe.eus/Publicaciones/Ficha.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032&Cod={BC53A7DB-3EDB-4B96-AC9A-1F163ED0D76B}&Idioma=es-ES>
- IPCH. (s.f.). IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Obtenido de IPCH: [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html)
- Kalhor, T., Rajabipour, A., Akram, A., & Sharifi, M. (2016). Environmental impact assessment of chicken meat production using life cycle assessment. *Information Processing in Agriculture*, 3(4), 266-271. doi:<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2016.10.002>
- Lindenlauf, M. M. (septiembre 4 - 8 de 2011). Environmental Implications of egg and meat production. ifeau - Institute of Energy and Environmental Research Heidelberg, 25.
- Martínez-González, A., Casas-Leuro, O. M., Acero-Reyes, J. R., & Castillo-Monroy, E. F. (2011). Comparison of potential environmental impacts on the production and use of high and low sulfur regular diesel by life cycle assessment. *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, 4(4), 123-136. Retrieved from <http://ref.scielo.org/bc2cgk>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (18 de abril de 2015). Resolución 631. Por el cual se establecen los parametros y los valores limites maximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia. Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res\\_631\\_marz\\_2015.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf)
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (4 de abril de 2006). Resolución 601. Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/59-Resoluci%C3%B3n%20601%20de%202006%20-%20calidad%20del%20aire.pdf>
- Rodríguez Pazmiño, G. A. (2015). Estudio de Impacto Ambiental Expost "Granja Avícola Pollos El Placer". Obtenido de MAEtungurahua: <https://maetungurahua.files.wordpress.com/2015/05/eia-de-avicola-del-pillaro.pdf>
- Romero Rodríguez, B. I. (2003). El análisis de Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. *Boletín IIE*, 27(3), 91-97. Obtenido de <https://www.ineel.mx//boletin032003/tend.pdf>
- Vanegas Gallego, D. A. (2014). Proceso de incubación de pollito Ross 308 en planta de incubación. Barbosa-Antioquia (OPAV). (Tesis de pregrado). Medellín, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10567/1507>
- Wiedemann, S. G., & McGahan, E. J. (2011). Environmental Assessment of an Egg Production Supply Chain using Life Cycle Assessment. Retrieved from FCRN: <http://www.fcrn.org.uk/sites/default/files/Carbon%20footprint%20of%20egg%20production.pdf>
- Wiedemann, S., McGahan, E., & Poad, G. (2012). Using Life Cycle Assessment to Quantify the Environmental Impact of Chicken Meat Production. Barton, Australia: RIRDC. Retrieved from <http://www.agrifutures.com.au/publications/using-life-cycle-assessment-to-quantify-the-environmental-impact-of-chicken-meat-production/>