

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ciencias de la Vida**

Estudio del ciclo de vida y estimación de la huella de carbono en el proceso de producción de balanceado para la alimentación de aves de corral del Grupo San Isidro

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Agrícola y Biológico**

Presentado por:

Jorge Ignacio Gil Solis

Doménica Vanessa Pazmiño Briones

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

## Dedicatoria

---

Dedico este proyecto a mis padres, quienes siempre me han querido, apoyado y acompañado en los mejores y peores momentos de mi vida. A mi mamá, mi eterna compañera y amiga. A mi papá, siempre brindándome su apoyo incondicional y aconsejarme cuando lo necesito. Gracias a ambos pude recorrer este camino. También me dedico este trabajo a mí mismo por el esfuerzo dedicado y las decisiones que me llevaron hasta este punto.

*Jorge Ignacio Gil Solís*

Le dedico este trabajo con profundo agradecimiento a mi papá, quien ha sido mi mayor apoyo en cada paso de mi vida. Este logro no habría sido posible sin su ayuda y amor. También dedico este trabajo a mi mamá, aunque no haya tenido la oportunidad de conocerla por mucho tiempo, sé que estaría orgullosa de los logros que he alcanzado y los que alcanzaré en el futuro. Anhele que, en otra vida, podamos ser padre, madre e hija de nuevo.

*Doménica Vanessa Pazmiño Briones*

## Agradecimientos

---

Agradezco profundamente a nuestros tutores, al Dr. Eduardo Álava y al Dr. Jorge Amaya por brindarnos su valiosa guía para realizar este proyecto. De igual manera, agradezco al personal de AVISID por abrirnos sus puertas y permitirnos aprender de su experiencia. En especial, agradezco sinceramente a mis padres, cuyo apoyo incondicional ha sido mi soporte durante toda mi vida, a mi mejor amiga por su amor y paciencia inquebrantable en los momentos más difíciles en los que ni yo me soportaba, a mis fieles amigos Ottie, Omar y Carlos, y a Don Ignacio, quien me ayudó en el momento más crítico de mi vida y me dio la oportunidad de seguir adelante.

*Jorge Ignacio Gil Solís*

Expreso mi más sincero agradecimiento a nuestros tutores, PhD. Jorge Amaya y PhD. Eduardo Álava. Asimismo, extiendo mi agradecimiento a AVISID, en particular a la Msc. Gladys Quirola y al Ing. Freddy Delgado por su ayuda en este proyecto. Agradezco profundamente a mis padres, a mi hermana, a mis amigas y a todas aquellas personas que, con su generosidad y apoyo, contribuyeron a mi trayectoria académica durante estos últimos 5 años.

*Doménica Vanessa Pazmiño Briones*

## Declaración Expresa

---

Nosotros *Jorge Ignacio Gil Solis* y *Doménica Vanessa Pazmiño Briones* acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor del proyecto de graduación corresponderá a los autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso. En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 21 de enero del 2024.

---



Jorge Ignacio Gil Solis

---



Doménica Vanessa  
Pazmiño Briones

## **Evaluadores**

---

**PhD. María Isabelita Feijó**

Profesor de Materia

---

**PhD. Eduardo Ignacio Álava**

Tutor de proyecto

## Resumen

Desde una perspectiva medioambiental, la producción de pollo destaca por su eficiencia en comparación con la producción de carne de cerdo y vaca. Sin embargo, factores como la adquisición de materia prima, transporte y manejo de excretas de aves contribuyen significativamente al calentamiento global. La falta de conocimiento sobre el verdadero impacto, especialmente en emisiones de gases de efecto invernadero (*GEIs*), impulsó la propuesta de un estudio del ciclo de vida y la huella de carbono del balanceado producido por Avícola San Isidro (unidad funcional: 150.8 toneladas para abastecer 38,000 pollos de engorde). Siguiendo las normas ISO 14044 e ISO 14067, se identificó el consumo de agua como significativo (22,355.37 m<sup>3</sup>) y la huella de carbono como 337,744.37 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes. Los cultivos de maíz y soya, junto con el manejo de heces, fueron los principales contribuyentes. Se proponen mejoras como el reemplazo parcial de soya con larvas de *Hermetia illucens*, mejora en la eficiencia de la producción de biogás y medidas para la captura de carbono. Este proyecto, al estimar impactos ambientales y señalar oportunidades de mejora, proporciona una base para decisiones más sostenibles en la empresa.

**Palabras Clave:** Producción de balanceado, ACV, huella de carbono, mejora ambiental

## **Abstract**

*From an environmental perspective, poultry production stands out for its efficiency compared to pork and beef production. However, factors such as raw material acquisition, transportation, and poultry waste management significantly contribute to global warming. The lack of knowledge about the true impact, especially in greenhouse gas emissions (GHGs), prompted the proposal for a life cycle assessment and carbon footprint quantification study of the feed produced by Avícola San Isidro (functional unit: 150.8 tons to supply 38,000 broiler chickens). Following ISO 14044 and ISO 14067 standards, water consumption was identified as significant (22,355.37 m<sup>3</sup>), and the carbon footprint was determined to be 337,744.37 kg of CO<sub>2</sub> equivalents. Maize and soy crops, along with waste management, were the main contributors. Proposed improvements include partially replacing soy with *Hermetia illucens* larvae, enhancing biogas production efficiency, and implementing measures for carbon capture. This project, by estimating environmental impacts and highlighting improvement opportunities, provides a foundation for more sustainable decision-making in the company.*

**Keywords:** *Feed production, LCA, carbon footprint, environmental improvement*

## ÍNDICE GENERAL

Evaluadores .....	5
Resumen .....	6
Abstract .....	7
Abreviaturas .....	12
Simbología .....	13
Índice de figuras .....	14
Índice de tablas .....	15
Capítulo 1 .....	16
1. Introducción .....	16
1.1 Descripción del Problema.....	16
1.2 Justificación del Problema.....	18
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1 Objetivo general .....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 Marco teórico.....	19
1.4.1 Ciclo de vida de pollos de engorde .....	19
1.4.2 Generalidades de la formulación de balanceado .....	20
1.4.3 Generalidades de la medición de impacto ambiental de productos .....	21
1.4.4 Importancia de la estimación de la huella de carbono .....	21
1.4.5 Ciclo de vida de un producto.....	23
1.4.6 Análisis de ciclo de vida.....	24
1.4.7 Etapas del análisis de ciclo de vida .....	25
1.4.8 Ejes de impacto analizados .....	27
Capítulo 2 .....	29
2. Metodología .....	29
2.1 Área de estudio .....	30
2.2 Definición del objetivo del ACV .....	31

2.3	Definición del alcance del ACV .....	31
2.3.1	Límites del sistema .....	31
2.3.2	Unidad funcional .....	33
2.3.3	Limitaciones .....	34
2.4	Entrevistas .....	34
2.5	Relaciones matemáticas empleadas .....	35
2.5.1	Formulación del balanceado.....	35
2.5.2	Transporte.....	35
2.5.3	Consumo de agua .....	37
2.5.4	Consumo de gas licuado petróleo, diésel y biogas .....	37
2.6	Base de datos .....	39
2.6.1	Procesos unitarios vs procesos sistemáticos.....	40
2.7	Ingreso de información a SimaPro .....	41
2.8	Evaluación de impactos ambientales del ciclo de vida.....	42
2.8.1	Metodología de EICV y tipos de impactos .....	42
2.8.2	Metodología Huella de Carbono: Protocolo IPCC.....	43
2.8.3	Requisitos de datos.....	44
2.9	Suposiciones del sistema .....	44
2.9.1	Consumo de balanceado por galpón.....	44
2.9.2	Materia prima .....	44
2.9.3	Electricidad.....	45
2.9.4	Transporte.....	45
2.9.5	Escenario de disposición .....	45
2.10	Interpretación de resultados .....	46
Capítulo 3 .....		47
3.	Resultados y análisis .....	47
3.1	Flujogramas del ciclo de vida de los balanceados .....	47
3.1.1	Abastecimiento de materia prima:.....	47

3.1.2	Limpieza de los ingredientes .....	48
3.1.3	Dosificación y pesaje de macroingredientes .....	48
3.1.4	Molienda de los macroingredientes.....	49
3.1.5	Dosificación de los microingredientes en tolva de premezclado .....	49
3.1.6	Mezclado e incorporación de ingredientes líquidos .....	49
3.1.7	Peletizado de balanceado .....	50
3.1.8	Enfriamiento de balanceado .....	50
3.1.9	Transporte a tolvas de despacho.....	50
3.1.10	Transporte a bins de almacenamiento .....	50
3.1.11	Transporte a comederos .....	51
3.1.12	Uso del balanceado.....	51
3.1.13	Manejo de residuos.....	51
3.2	Inventario del ciclo de vida del balanceado.....	56
3.2.1	Producción de balanceado en la fábrica .....	56
3.2.2	Consumo de balanceado por galpón.....	57
3.2.3	Formulación del balanceado.....	58
3.2.4	Energía eléctrica .....	61
3.2.5	Consumo de agua .....	63
3.2.6	Consumo de gas licuado petróleo, diésel y biogás.....	63
3.2.7	Transporte.....	65
3.3	Entradas y salidas del proceso .....	65
3.4	Modelo del ciclo de vida .....	67
3.5	Impactos ambientales .....	68
3.5.1	Acidificación terrestre .....	70
3.5.2	Eutrofización de agua dulce .....	72
3.5.3	Eutrofización marina .....	74
3.5.4	Uso de suelo .....	75
3.5.5	Agotamiento de fuentes minerales .....	76

3.5.6	Agotamiento de fuentes fósiles .....	78
3.5.7	Consumo de agua .....	79
3.5.8	Huella de carbono.....	80
3.5.9	Salud humana .....	85
3.5.10	Ecosistemas .....	87
3.5.11	Recursos .....	89
3.6	Propuestas de mejora del ciclo de vida.....	92
3.6.1	Reemplazo parcial de materias primas con larvas de mosca soldado negro .....	94
3.6.2	Mejora de la producción de biogás con pre-tratamientos de las heces de pollo utilizando hongos del género Pleurotus.....	95
3.6.1	Estimación de la captura de carbono de la cobertura vegetal nativa.....	96
Capítulo 4	.....	98
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
4.1.1	Conclusiones .....	98
4.1.2	Recomendaciones.....	99
5.	Referencias .....	101
Apéndice A	.....	107
Apéndice B	.....	110
Apéndice C	.....	112
Apéndice D	.....	114

## **Abreviaturas**

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

ACV Análisis del Ciclo de Vida

EICV Evaluación de Impactos del Ciclo de Vida

GEI Gases de Efecto Invernadero

## Simbología

kg	Kilogramo
ton	Tonelada
m	Metro
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
gal	Galón
tkm	Tonelada kilómetro
kWh	Kilowatt hora
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
C	Carbono

## Índice de figuras

FIGURA 1 .....	20
FIGURA 2 .....	23
FIGURA 3 .....	26
FIGURA 4 .....	29
FIGURA 5 .....	30
FIGURA 6 .....	32
FIGURA 7 .....	34
FIGURA 8 .....	41
FIGURA 10 .....	51
FIGURA 11 .....	52
FIGURA 12 .....	53
FIGURA 13 .....	54
FIGURA 14 .....	66
FIGURA 15 .....	67
FIGURA 16 .....	70
FIGURA 17 .....	72
FIGURA 18 .....	73
FIGURA 19 .....	74
FIGURA 20 .....	76
FIGURA 21 .....	77
FIGURA 22 .....	78
FIGURA 23 .....	80
FIGURA 24 .....	81
FIGURA 25 .....	82
FIGURA 26 .....	84
FIGURA 27 .....	84
FIGURA 28 .....	85
FIGURA 29 .....	86
FIGURA 30 .....	87
FIGURA 31 .....	88
FIGURA 32 .....	88
FIGURA 33 .....	90
FIGURA 34 .....	91
FIGURA 35 .....	93
FIGURA 36 .....	94

## Índice de tablas

<b>TABLA 1</b> .....	22
TABLA 2 .....	30
TABLA 3 .....	39
TABLA 4 .....	40
TABLA 5 .....	42
TABLA 6 .....	56
TABLA 7 .....	57
TABLA 8 .....	57
TABLA 9 .....	58
TABLA 10 .....	58
TABLA 11 .....	59
TABLA 12 .....	60
TABLA 13 .....	61
TABLA 14 .....	62
TABLA 15 .....	62
TABLA 16 .....	63
TABLA 17 .....	64
TABLA 18 .....	64
TABLA 19 .....	64
TABLA 20 .....	65
TABLA 21 .....	65
TABLA 22 .....	67
TABLA 23 .....	68
TABLA 25 .....	71
TABLA 26 .....	75
TABLA 27 .....	76
TABLA 28 .....	78
TABLA 29 .....	79

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la avicultura es de gran importancia para el sector agropecuario del país, representa un 23% del PIB de este sector y un 3% del PIB nacional. De acuerdo con la Cooperación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE), el consumo per cápita de carne de pollo anual fue de 27,31 kilogramos en el año 2022. Tomando en cuenta que el país produce toda la carne de pollo que consume, esta industria ha mostrado incrementos anuales en su producción. En el 2022, se produjeron alrededor de 263 millones de pollos y 495 toneladas de carne de pollo (CONAVE, 2023).

La industria avícola es una de las mayores consumidoras del maíz amarillo duro (*Zea mays*), uno de los grandes cultivos estacionales producidos en el país (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2022). Además, depende considerablemente de la soya en la producción de balanceados, recurriendo en gran medida a la importación para satisfacer esta demanda. La producción avícola, y en particular, la producción de balanceado está asociada con impactos ambientales negativos, tales como la producción de gases efecto invernadero (Ramírez, 2020), por esta razón, es necesario realizar un estudio para poder cuantificar y analizar su impacto ambiental. La herramienta más usada es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), siguiendo las normativas ISO-14000 e ISO-14044 (Organización Internacional de Normalización, 2006). Esta metodología facilita la medición del impacto ambiental de un producto a lo largo de todas sus etapas de producción. Mediante esta herramienta, se pueden investigar numerosos impactos ambientales, uno de ellos es el calentamiento global (*GWP*), pues a través de su aplicación, se cuantifica la huella de carbono y sus efectos ambientales como socioeconómicos.

### 1.1 Descripción del Problema

Los productos avícolas son reconocidos como los más eficientes desde el punto de vista medioambiental entre las principales cadenas de producción pecuaria, especialmente en lo que

respecta a la huella de carbono, así como el uso de recursos, sin embargo, poseen un impacto considerado medio-alto en relación con otros alimentos frescos comestibles (Tetteh, y otros, 2022). Dentro de los diversos procesos que conforman la producción avícola, dos aspectos destacan por su significativo impacto ambiental: la producción de alimento balanceado y su correspondiente transporte, los cuales conjuntamente contribuyen con un 70% al potencial de calentamiento global. Por otro lado, el manejo de las excretas de las aves se suma a este panorama, representando aproximadamente un 30% de dicho impacto. (Boggia, A., Paolotti, L., & Castellini, C., 2010)

La industria avícola en Ecuador suele desconocer la verdadera magnitud de los impactos ambientales que emanan de sus procesos de producción y que están directamente relacionados con la emisión de GEI. Este desconocimiento acerca de las implicaciones ecológicas de sus operaciones es un problema que debe abordarse, especialmente considerando el creciente interés de los consumidores por productos sostenibles y la necesidad imperante de reducir las emisiones de GEI para mitigar el cambio climático (Rondoni & Grasso, 2021).

En este contexto, la empresa Avícola San Isidro S.A. se dedica a la producción de pollos de engorde, desde la producción de alimento balanceado hasta el procesamiento de aves, y se encuentra ubicada en el cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. Además de su enfoque principal en la avicultura, la empresa posee cultivos como maíz, soya y cacao, ganadería y poseen extensiones de bosque seco tropical. En las instalaciones que tienen en la parroquia de Isidro Ayora poseen dos plantas de producción de alimento balanceado, una planta de cría de gallinas madres importadas, incubadoras para huevos, 26 granjas distribuidas en su terreno y una planta de procesamiento. Cada uno de los 250 galpones produce alrededor de 38,000 aves. El proyecto se centrará en el estudio de las plantas de producción de alimento balanceado de la empresa, teniendo en cuenta su escala de producción de pollos y su potencial impacto ambiental.

## 1.2 Justificación del Problema

En el año 2015, la Organización de Naciones Unidas (ONU) definió un conjunto de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), con 169 metas y 232 indicadores que abarcan aspectos ambientales, económicos y sociales, que se centran en un conjunto de puntos críticos especialmente importantes para lograr el desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2018). Ecuador, para acercarse a cumplir con estos, debe tomar medidas urgentes, siendo la producción de alimentos uno de los mayores causantes de la emisión de gases de efecto invernadero. La industria avícola está en crecimiento y, por ende, es necesario realizar evaluaciones de la sostenibilidad de la producción, para así encaminarla hacia un crecimiento que no provoque mayores efectos negativos ambientales. El análisis de ciclo de vida, al igual que la cuantificación de la huella de carbono, es una de las principales herramientas para la evaluación de la sostenibilidad ambiental de los productos, permitiendo obtener conocimientos para la toma de medidas necesarias para disminuir impactos ambientales negativos (Backes & Traverso, 2022).

Este proyecto se propone llevar a cabo un análisis del ciclo de vida y estimación de la huella de carbono en el proceso de producción de balanceado para la alimentación de aves de corral del Grupo San Isidro. De esta forma, se abordará la creciente preocupación acerca de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la industria avícola, siendo que la producción de balanceado y su transporte representan un gran porcentaje del potencial de calentamiento global. Este estudio permitirá arrojar luz sobre el impacto ecológico de estas operaciones y comprender a fondo el papel que desempeñan en la emisión de GEI. La mitigación de emisiones de GEI es imperativa en la lucha contra el cambio climático, y este proyecto tiene como propósito último proporcionar a la avícola San Isidro con información esencial para tomar medidas concretas y efectivas. Esto se alinea con el ODS 14, al ayudar a la adopción de medidas contra el cambio climático con la información obtenida. Por otra parte, en un contexto en el que los consumidores demandan cada vez más productos sostenibles o amigables con el medio

ambiente, este estudio inicial contribuirá con el ODS 2, promoviendo la seguridad alimentaria y con el ODS 12, ayudando a fomentar la producción de pollos de engorde de forma sostenible.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

Evaluar el impacto ambiental del proceso de elaboración de balanceados para aves de corral del Grupo San Isidro a través de la cuantificación de la huella de carbono y el análisis del ciclo de vida para la identificación de oportunidades de mejora del desempeño ambiental del proceso.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

1. Esquematizar el ciclo de vida de la elaboración de balanceado para la identificación de las etapas del proceso que poseen impacto ambiental negativo.
2. Realizar un inventario del ciclo de vida del proceso de elaboración de balanceado para la determinación de las entradas y salidas del proceso.
3. Categorizar los impactos ambientales que genera la elaboración de balanceado para la propuesta de estrategias de mitigación.

### **1.4 Marco teórico**

Para iniciar el enfoque en el tema de estudio, es importante llevar a cabo una revisión de los conceptos generales asociados con la producción de balanceados para pollos de engorde. En este contexto, es pertinente analizar las ideas que han sido desarrolladas en los ámbitos académico, científico y social en relación con la formulación, proceso de producción y evaluación del impacto ambiental de estos balanceados.

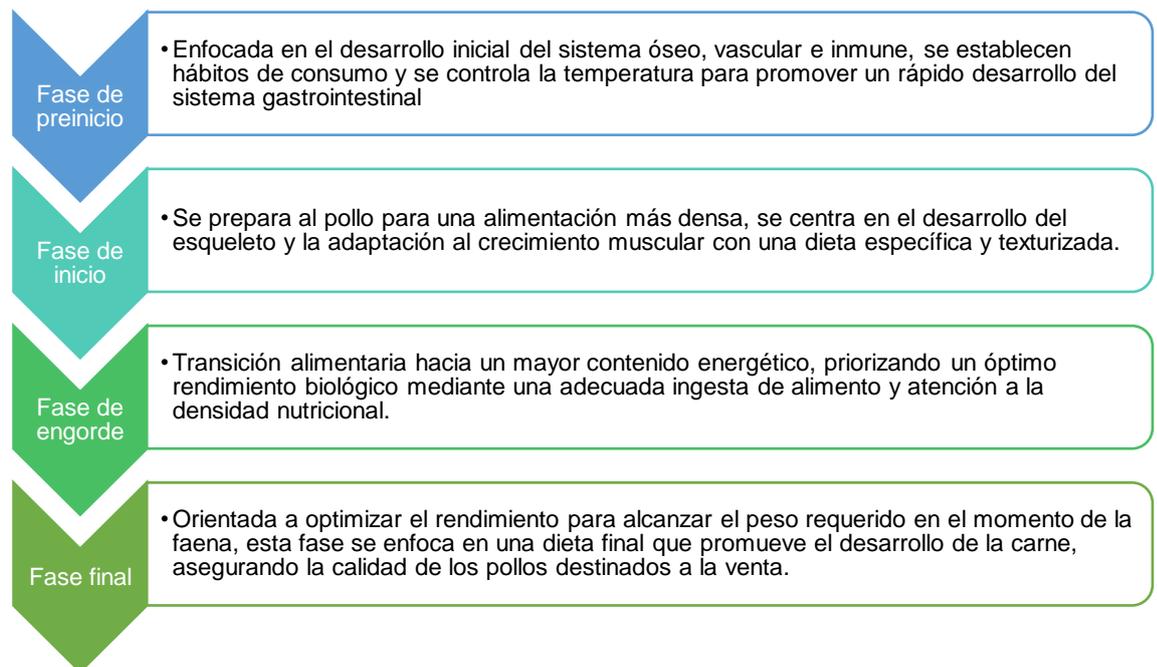
#### ***1.4.1 Ciclo de vida de pollos de engorde***

Según Bailey (2020), a partir de 1977, año en el que se desarrolló la séptima edición de Nutrition requirements for poultry (NRC), se adoptó por primera vez una dieta que aborda el crecimiento del pollo como un proceso de múltiples etapas. Estas etapas

son; preinicio, inicio, engorde y finalización. La duración de este ciclo varía según la línea genética y la región donde se encuentra la producción. La **Figura 1** muestra las fases de ciclo de vida a mayor detalle.

**Figura 1**

*Fases del ciclo de vida de un pollo de engorde*



*Nota:* se describen las fases de pre-inicio, inicio, engorde y final de acuerdo con el tipo de balanceado consumido por los pollos de la Avícola San Isidro.

#### **1.4.2 Generalidades de la formulación de balanceado**

Para garantizar un crecimiento óptimo de los pollos de engorde, es requerido proporcionarles una dieta con propiedades nutricionales específicas adaptadas a cada fase del ciclo de vida del pollo. En el último Nutrition Requirements for Poultry (NRC), publicado en 1994, se establecieron los requisitos nutricionales en tres fases, cada una con una duración de tres semanas. En cada fase los pollos requieren 3200 Kcal ME/kg, mientras que para las etapas de inicial, engorde y final requerirán 23, 20 y 18% de proteína respectivamente (Bailey, 2020).

Considerando estos parámetros nutricionales como base y que el costo de la alimentación de los pollos constituye aproximadamente un 70% de los costos de

producción, se pueden elegir entre varias alternativas de ingredientes para poder cumplir con una dieta adecuada para cada fase de desarrollo y para hacer un uso eficiente de los recursos económicos. Ravindran (2013) explica que una dieta correcta debe tener una fuente principal de energía que comúnmente es maíz debido al almidón que posee que es altamente digerible, otra de proteína vegetal que comúnmente es soya y otra de proteína animal (harina de sangre, harina de huesos, harina de pescado, etc) debido a que las fuentes de proteína vegetal tienen un bajo contenido de lisina. Según Leclercq, la importancia de la lisina radica en que afecta a la tasa de conversión alimenticia y a la ganancia de masa. En el caso de las localidades que no les es viable conseguir estos cultivos suelen tener dos opciones; o conseguir ingredientes alternativos o importarlos.

#### ***1.4.3 Generalidades de la medición de impacto ambiental de productos***

Un impacto ambiental se define como el efecto de las actividades, productos o servicios de una organización, que pueden interactuar con el medio ambiente y ocasionar un desequilibrio en este (Organización Internacional de Normalización, 2015). Los aspectos que podrían ocasionar impactos ambientales potenciales debido a la producción de un producto incluyen: consumo de materiales, uso de compuestos peligrosos, consumo de energía, entre otros.

Cada fase del proceso de creación de un producto conlleva consecuencias para el entorno natural, lo que plantea que inclusive los productos identificados como "ecológicos", "orgánicos" o "naturales" no son del todo neutrales desde el punto de vista medioambiental.

#### ***1.4.4 Importancia de la estimación de la huella de carbono***

La huella de carbono es un indicador ambiental que permite la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos hacia la atmósfera por alguna fuente, como una organización, país, proceso productivo, entre otras (Espíndola &

Valderrama, 2012). Algunos de los GEI provienen de la naturaleza, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), y otros fueron originados de las actividades humanas, como los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). La unidad en la que se mide la huella de carbono es en *kg de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> eq.)*, la cual es una unidad para comparar la fuerza de radiación de un GEI con el dióxido de carbono. El *CO<sub>2</sub> equivalente* se calcula utilizando la masa de un GEI determinado, multiplicada por su potencial de calentamiento global. El potencial de calentamiento global (GWP) es un factor que describe el impacto de la fuerza de radiación de una unidad con base en la masa de un GEI determinado, con relación a la unidad equivalente de dióxido de carbono en un periodo determinado (International Organization for Standardization, 2006). Algunos ejemplos de las equivalencias a CO<sub>2</sub> pueden ser encontrados en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*GWP a 20, 100 y 500 años*

GEI	20 años	100 años	500 años
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1	1	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	72	25	7.6
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	289	298	153

Extraído de (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

En la actualidad, existen algunos métodos y programas diferentes para la medición de la huella de carbono del balanceado. Por ejemplo, el software FeedPrint desarrollado por Wageningen Livestock Research se encarga de calcular la huella de carbono de las materias primas utilizadas para balanceado haciendo uso de la herramienta de ciclo de vida, desde la producción de cultivos, el procesamiento de productos vegetales y animales, la fabricación de piensos compuestos, hasta la utilización por parte del animal. La unidad funcional usada en la herramienta es: para la carne de 1 kg de peso vivo de un animal específico, para los huevos de 1 kg de huevos frescos y para la leche de

1 kg de FPCM (*Fat and Protein Corrected Milk*) que sale de la puerta de la granja (Vellinga, 2013). Sin embargo, una limitación de este programa es que asume protocolos y sistema de crianzas empleados en Países Bajos, lo cual dista mucho de la realidad y tecnologías ecuatorianas, siendo su aplicabilidad geográfica el continente europeo.

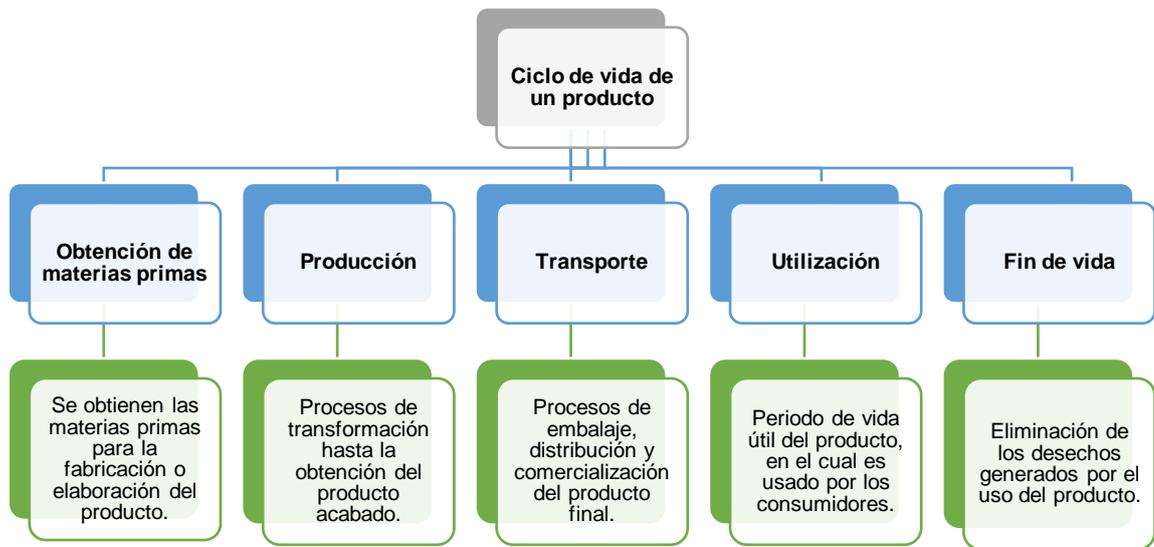
Para la estimación de la huella de carbono, se siguieron las normas de la ISO 14067, para las que es necesario establecer el ciclo de vida del producto y seguir las mismas fases que las planteadas en las normas ISO 14001 y la ISO 14044.

#### ***1.4.5 Ciclo de vida de un producto***

En el ciclo de vida de un producto, se distinguen las siguientes 5 fases, encontradas en la Figura 2, las cuales consisten en la obtención de materias primas, la producción del producto, la distribución o transporte de este, su utilización y su fin de vida.

#### **Figura 2**

*Ciclo de vida de un producto agrícola*



*Nota: Etapas según Gonçalves (2004)*

#### **1.4.6 Análisis de ciclo de vida**

En el contexto del ACV según la norma ISO 14040:1997, el análisis de ciclo de vida es una técnica de evaluación de aspectos ambientales y potenciales impactos asociados al ciclo de vida de un producto. Este proceso se lleva a cabo mediante el establecimiento del objetivo y el alcance del estudio, la realización de un inventario de las entradas y salidas del sistema de producción, seguido por la evaluación de los impactos ambientales generados. Los resultados obtenidos son interpretados considerando los objetivos y el alcance definidos para el estudio, otorgando perspectivas que pueden ayudar a la toma de decisiones ambientales en el proceso de producción en cuestión.

Pelletier (2008) realizó un análisis de ciclo de vida en granjas de pollos de engorde en Estados Unidos, donde estimó que el suministro de balanceado para la producción avícola es responsable del 80% del consumo de energía, el 98% de las emisiones que afectan a la capa de ozono, el 82% de las emisiones de GEI y del 97% de las emisiones que causan la eutrofización.

A pesar de esto, en una revisión realizada por De Vries & de Boer (2010) en la que compararon 25 artículos acerca del análisis de ciclo de vida relacionados con la

producción pecuaria, se concluyó que la producción de pollos de engorde tiene el menor impacto ambiental comparado con la producción de carne de res o de cerdo.

Esta información es corroborada por Dyer (2010), quien comparó las emisiones de GEI de las principales fuentes de proteína de Canadá y evidenció que la producción de pollos de engorde es el proceso que tiene una menor intensidad de emisiones de GEI a diferencia de la producción de ganado vacuno. Esto puede ser debido a las diferencias fisiológicas de estos animales, tales como; tiempo de vida, densidad de animales por hectárea, fermentación entérica, entre otros.

#### ***1.4.7 Etapas del análisis de ciclo de vida***

El análisis de ciclo de vida es un proceso iterativo que está compuesto por cuatro etapas, las cuales pueden ser observadas en la **Figura 3**.

**Planteamiento de objetivo y alcance.** Al momento de establecer el objetivo del análisis del ciclo de vida, se debe considerar la intención de aplicación del estudio, las razones por las que se quiere hacer el estudio y la audiencia a la que será dirigida el estudio. En la sección del alcance se debe definir una unidad funcional, que es la referencia cuantitativa que se utiliza para el análisis, las limitaciones iniciales, la asignación que se realizará y la metodología de evaluación de impactos ambientales seleccionada. Además, se debe describir el modelo del análisis de ciclo de vida que se va a utilizar, entre los que son comúnmente utilizados están:

- **Cradle to cradle:** Este modelo estudia el ciclo de vida completo de un producto, desde la obtención de la materia prima hasta la reutilización de los residuos generados y que son reincorporados en el proceso de producción.
- **Cradle to grave:** Este modelo se enfoca en la evaluación de los impactos ambientales generados desde la obtención de la materia prima hasta la muerte o desecho del producto.

- **Cradle to gate:** Este modelo es una evaluación parcial del ciclo de vida del producto, desde la obtención de la materia prima hasta la salida de la planta de fabricación o hasta la puerta del consumidor. Es usualmente utilizado para el análisis de etapas específicas del proceso de producción.

**Inventario del ciclo de vida.** Se realiza la recopilación de datos necesarios para el estudio de la fuente primaria y de fuentes secundarias. Se recopilan y cuantifican todos los flujos de entrada y salida de materiales y energía asociados con cada fase del ciclo de vida. Información relevante que se suele recopilar es el consumo eléctrico, el consumo de gasolina, entre otros.

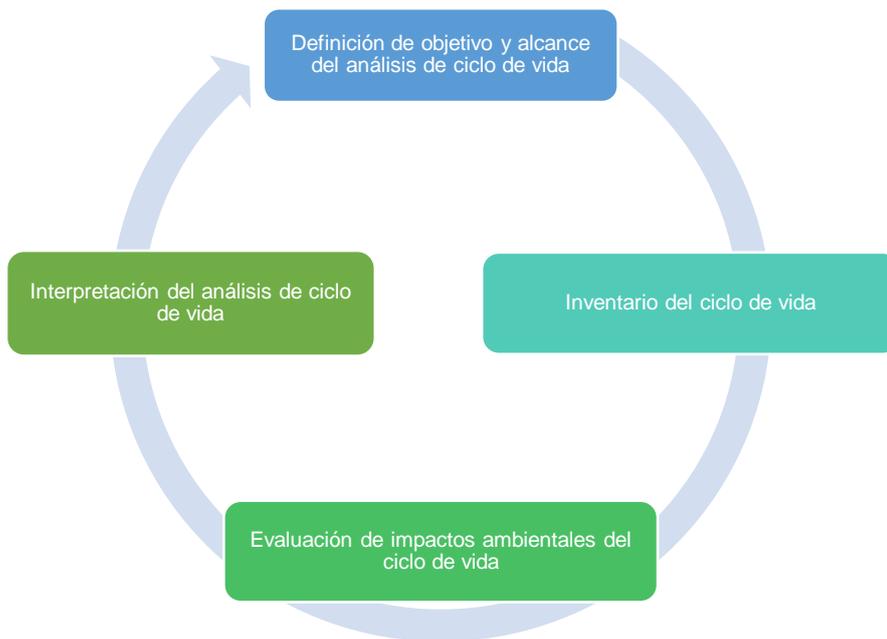
**Evaluación de impactos ambientales.** Se evalúan los posibles impactos ambientales asociados con la información recolectada en el inventario. Se utilizan modelos y datos para cuantificar cómo estos flujos afectan a diversas categorías de impacto ambiental, como cambio climático, acidificación, agotamiento de recursos, entre otros, para lo cual se realiza una caracterización.

McClelland (2018) evidenció que las categorías de impacto ambiental más frecuentemente estudiadas en el sector de producción pecuaria son el cambio climático, agotamiento de recursos, eutrofización, acidificación y uso de suelo. Entre las categorías menos estudiadas están la ecotoxicidad, fotoquímica de ozono, toxicidad humana, agotamiento de ozono, radiación ionizante, materia particulada y biodiversidad.

**Interpretación de resultados.** Con los resultados obtenidos en las fases anteriores, se realiza una interpretación, lo que implica analizar los hallazgos y comunicarlos de manera clara y comprensible. Esta fase permite la realización de conclusiones y proponer mejoras para reducir los impactos ambientales.

### **Figura 3**

*Fases del ciclo de vida*



*Nota:* Basada en las fases de las normas ISO 14044 e ISO 14067

#### **1.4.8 Ejes de impacto analizados**

El ACV permitió la cuantificación de impactos ambientales y su clasificación en distintas categorías de impacto, las cuales fueron mencionadas en el apartado 1.5.7. Además, permitió el análisis de los impactos ambientales de acuerdo con una cadena de causa y consecuencia, donde categorías, como la acidificación terrestre o el cambio climático, están en medio de la cadena y llegan a ocasionar efectos negativos. La consecuencia o afectación se midió en 3 ejes principales, los cuales son la salud humana, la calidad de los ecosistemas y la escasez de recursos fósiles y minerales.

**Salud humana.** La unidad utilizada para la medición de este tipo de impacto *endpoint* son los DALYs. Los "años de vida ajustados por discapacidad" (DALY, por sus siglas en inglés) es una métrica propuesta por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para tener en cuenta la carga global de enfermedad asociada con problemas de salud, incluyendo los años de vida perdidos (YLL) debido a la mortalidad y los años perdidos debido a la discapacidad (YLD). Un DALY representa la pérdida de un año de vida saludable.

**Ecosistemas.** Los ecosistemas son heterogéneos, complejos de monitorear y poseen diversos atributos importantes para la humanidad, como la biodiversidad, los valores estéticos y culturales, las funciones ecológicas y servicios, los recursos ecológicos, entre otros. Un enfoque para describir la calidad del ecosistema se basa en los flujos de energía, materia e información. Cuando se utilizan estos flujos para caracterizar la calidad del ecosistema, se puede afirmar que una alta calidad del ecosistema es la condición que permite que los flujos ocurran sin interrupciones notables por actividades antropogénicas. En contraste, una baja calidad del ecosistema es la condición en la que estos flujos son interrumpidos por actividades antropogénicas. En consecuencia, el nivel de interrupción es el parámetro más importante cuando se mide la calidad del ecosistema. En el análisis del presente estudio, se asumió que la diversidad de especies representa adecuadamente la calidad de los ecosistemas, siendo la unidad para medir la calidad del ecosistema, la pérdida relativa de especies locales o nativas en ecosistemas terrestres, de agua dulce o acuáticos.

**Escasez de recursos.** La extracción actual de los recursos, tanto fósiles como minerales, ocasionará su agotamiento. Esto podría ser un problema serio debido a la demanda creciente por estos, teniendo en cuenta los aumentos demográficos y la modernización. En consecuencia, se deberán buscar en un futuro nuevos métodos para su extracción o se necesitará de buscar nuevos sitios de extracción, lo cual implicará un aumento en los costos de la producción o extracción de estos recursos. De esta forma, se puede cuantificar la futura escasez de recursos minerales o fósiles, estimando los aumentos en los costos usando proyecciones para el año 2031 y asignando un incremento fijo para cada tipo de recurso fósil o minera

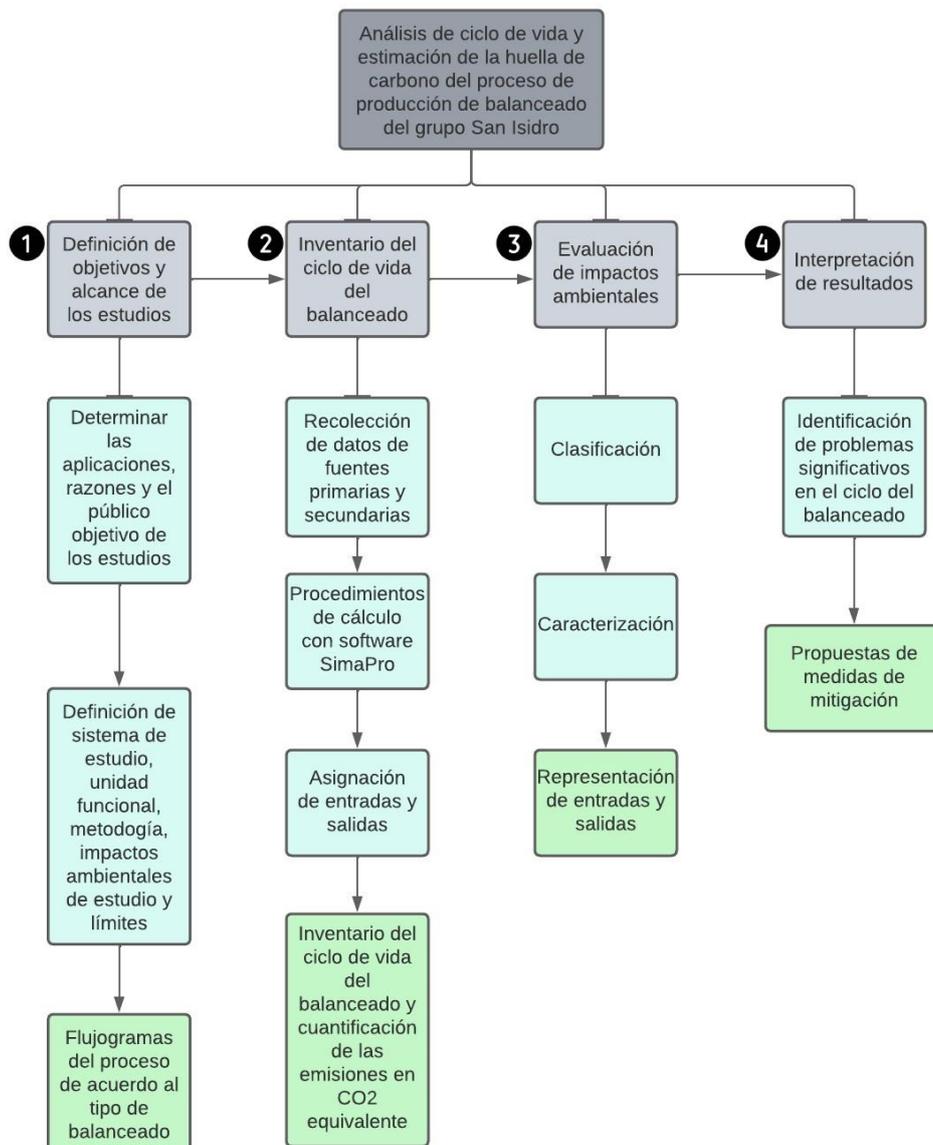
# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

El análisis de ciclo de vida y estimación de huella de carbono se realizó en cuatro fases principales para el cumplimiento de los objetivos planteados. La Figura 4 muestra cada fase, junto a los pasos seguidos en estas y los resultados obtenidos.

**Figura 4**

*Flujograma de la metodología*



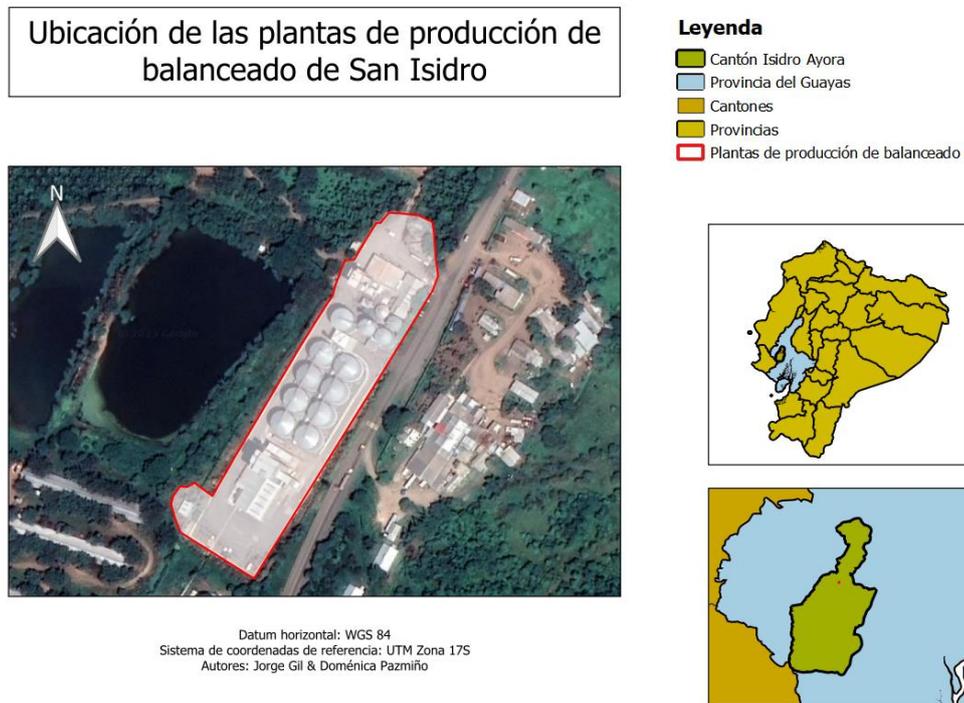
*Nota:* Pasos a seguir para realizar el análisis del ciclo de vida del balanceado de pollos

## 2.1 Área de estudio

El estudio fue realizado en las plantas de producción de balanceado de la avícola San Isidro SA AVISID, ubicadas en el cantón Isidro Ayora de la provincia del Guayas, como se puede observar en la Figura 5. El establecimiento se encuentra a una altitud de 32 msnm y las coordenadas UTM del área del estudio son 594822.00 m E 9791225.00 m S. Los datos climáticos de la localidad se encuentran en la Tabla 2.

**Figura 5**

*Ubicación de las plantas de producción de balanceado de San Isidro*



*Nota:* Mapa de las plantas de producción de balanceado realizado en QGIS 3.28.6

**Tabla 2**

*Datos climáticos de Isidro Ayora*

Tipo de dato climático	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Precipitación (mm)	Humedad (%)	Velocidad del viento (km/h)
Valor	19,3	30,8	853	78	7,625

*Nota:* Datos climáticos tomados de ClimWat 2.0 (2006)

## **2.2 Definición del objetivo del ACV**

El objetivo principal de este estudio de ACV y estimación de la huella de carbono es identificar los impactos ambientales asociados con el proceso actual de producción de balanceado para pollos del Grupo San Isidro AVISID. Esta evaluación tiene como objetivo proporcionar una comprensión clara del desempeño ambiental de la producción de alimentos para pollos, desde la adquisición de las materias primas (cuna) hasta el punto en que el alimento es excretado por los animales (tumba).

## **2.3 Definición del alcance del ACV**

El desarrollo del ACV de la producción de balanceado para pollos por San Isidro siguió la estructura establecida por la norma ISO 14044 con el fin de proporcionar transparencia a la empresa. A continuación, se describen los elementos que conforman el alcance del ACV:

### **2.3.1 Límites del sistema**

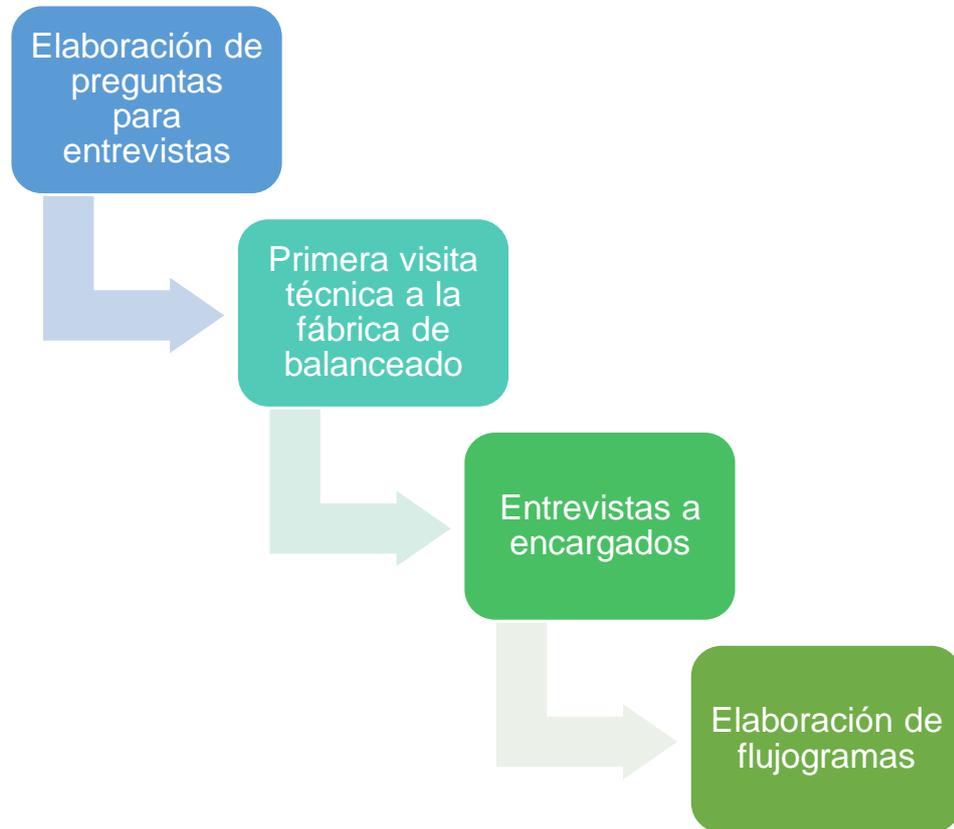
Para establecer los límites del sistema, se llevó a cabo una visita inicial con el objetivo de adquirir un conocimiento profundo sobre el proceso de elaboración del balanceado. Esta etapa incluyó entrevistas con los encargados, un recorrido completo por la planta de balanceado para familiarizarse con las máquinas y las distintas fases del proceso, así como la recopilación de datos iniciales sobre el consumo de energía eléctrica. Además, se estableció una comunicación efectiva con los encargados mediante entrevistas adicionales para coordinar las necesidades de datos futuros.

Con la información recopilada en la visita inicial, se procedió a la elaboración de un flujograma detallado que representó visualmente el ciclo de vida del proceso de elaboración del balanceado. Este flujograma sirvió como una herramienta visual para comprender la secuencia de eventos y las interrelaciones entre las diversas etapas del proceso. A medida que se identificaron brechas en la información durante esta fase, se planificaron visitas adicionales para recopilar datos específicos y complementarios, coordinando con los

encargados para garantizar un acceso completo a la información necesaria. La Figura 6 muestra la metodología para establecer los límites del sistema.

**Figura 6**

*Metodología para definición de límites del sistema*



*Nota:* se detalla la metodología que se siguió, culminando con la elaboración de los flujogramas.

Con base en la información obtenida en la visita y en las etapas del análisis del ciclo de vida que propone Gonçalves (2004), se delimitó este estudio de la siguiente forma:

**Obtención de materia prima.** En esta etapa se requirió conocer las materias primas que se utilizan para la producción y las cantidades utilizadas, el origen de la materia prima, el tipo de transporte utilizado para su traslado y la distancia recorrida.

**Producción.** En esta etapa se incluyeron los recursos que consume la maquinaria utilizada para la producción del balanceado, tales como; cantidad de agua, tipo y cantidad de energía eléctrica y tipo y cantidad de combustible. Adicionalmente, se recopiló información acerca de la cantidad y tipos de balanceado que producen.

**Transporte.** Conociendo que el balanceado de aves es utilizado por las granjas de la empresa, se solicitó las características de los vehículos que transportan el balanceado a las granjas, la distancia recorrida y la cantidad de combustible utilizado.

El balanceado de cerdo que producen tiene fines comerciales por lo que la información de interés es; tipo de vehículo que transporta el producto y destinos de entrega frecuentes.

**Uso.** Para definir esta etapa, se consultó a los encargados de las granjas acerca del proceso de alimentación de los pollos, temporalidad del proceso, cantidad de pollos que se producen, cantidad de heces generadas y el manejo de los galpones.

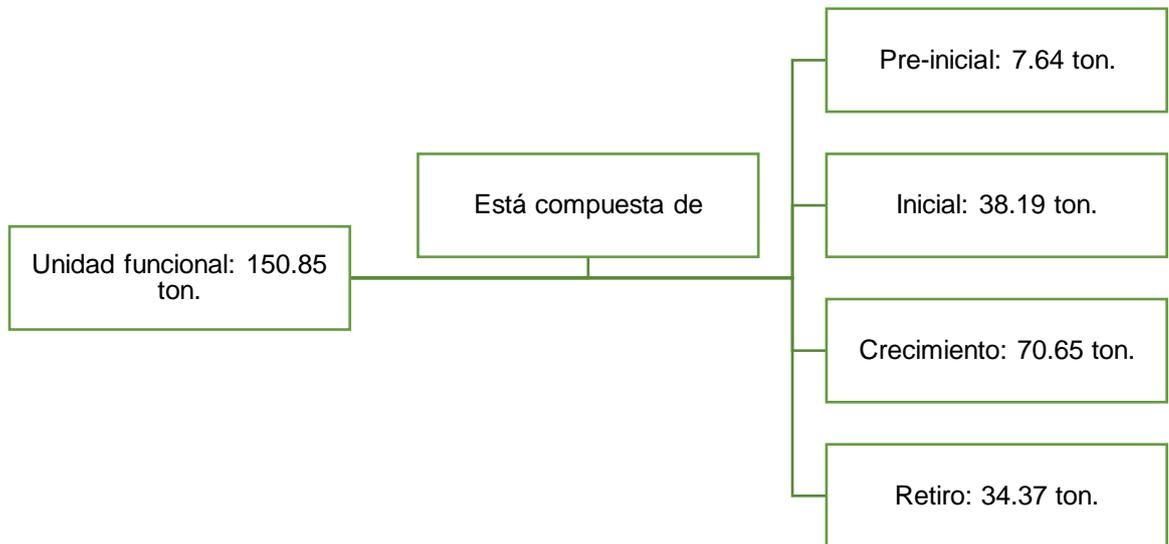
**Fin de vida.** Para esta última parte del ciclo se consultó acerca de los tratamientos que les realizan a las heces, cantidad reutilizada de heces, la cantidad que es desechada, tipo de vehículo que transporta las heces y los puntos de partida y llegada con el fin de conocer la distancia recorrida.

### **2.3.2** *Unidad funcional*

De acuerdo con el sistema de estudio, se propuso como unidad funcional: 150.85 toneladas de balanceado producido y utilizado durante el ciclo de vida completo de producción avícola, abasteciendo a 38,000 pollos en un período de 50 días, distribuido en las etapas de preinicio, inicio, crecimiento/engorde y retiro. Las 150.85 toneladas de balanceado están compuestas de 7.6 toneladas de balanceado pre-inicial, 38 toneladas de balanceado inicial, 70.3 toneladas de balanceado de crecimiento y 34.2 toneladas de balanceado de retiro, como se observa en la **Figura 7**.

**Figura 7**

*Desglose de unidad funcional*



*Nota:* la unidad funcional de 150.85 ton se subdivide en cuatro tipos de balanceado.

### **2.3.3 Limitaciones**

Se incluyeron todos los procesos en el ciclo de vida del balanceado, sin considerar las maquinarias, hasta el manejo de residuos del balanceado. Con respecto a la electricidad, no se consideró el consumo eléctrico de las oficinas debido a su magnitud despreciable como se discute más detalladamente en la sección 2.3.5. Además, no se consideró el consumo eléctrico del transporte del balanceado de los silos a los comederos ni el consumo de los comederos debido a la falta de información. Refiriéndose al tratamiento de las heces de pollo; se consideró que la proporción de heces utilizada para la producción de biogas se reincorpora al sistema de estudio mientras que la proporción utilizada como fertilizante es exógena a este.

## **2.4 Entrevistas**

La segunda fase del Análisis de Ciclo de Vida es el más extenso de todos, debido a que se requiere de una gran recopilación de datos cuantitativos y cualitativos, de fuentes

primarias y secundarias. Para la obtención de los datos, se elaboraron cuestionarios destinados a la planta de producción de balanceado, al área de logística y también al área de manejo de pollos de engorde en los galpones. Esto se lo hizo para la obtención de todos los detalles del proceso de la elaboración de balanceado, la logística y el manejo de desechos en las granjas en la última fase del ciclo de vida del producto. El personal de la empresa se encargó de la recopilación de la información para el llenado de los cuestionarios.

Las fuentes de información primaria fueron las planillas de electricidad, consumo de gasolina mensual, de agua, entre otras. Se aplicaron 4 encuestas para 4 áreas de la empresa: área de producción de pollos, producción de balanceado, logística y biogás. Las preguntas de cada área se encuentran en el Apéndice A.

## **2.5 Relaciones matemáticas empleadas**

### **2.5.1 *Formulación del balanceado***

Debido a la confidencialidad de la formulación exacta de cada tipo de balanceado que utiliza la empresa, se consideró las especificaciones nutricionales de Aviagen (2014) como fundamento para formular dietas base de cada etapa de desarrollo de los pollos de engorde utilizando una hoja de cálculo de Excel de autoría propia, como se puede ver en el Apéndice B. Se utilizaron las tablas de la composición nutricional de ingredientes de Jurgens (2002) para formular las dietas.

### **2.5.2 *Transporte***

Para realizar los cálculos de los fletes de transporte se consideró la fórmula de PRé Sustainability (2023):

$$\text{Flete de transporte (TKm)} = \text{Toneladas de carga} * \text{Kilómetros recorridos} [1]$$

#### **2.5.2.1 Consumo de energía eléctrica**

Los datos del consumo eléctrico por planta provinieron de todas las operaciones realizadas en las plantas de balanceado, como el uso de computadoras, uso de oficinas, entre otras, y no únicamente al proceso productivo, por lo que fue necesario realizar una

segmentación o estimación para aislar el consumo eléctrico del proceso de producción de balanceado del consumo destinado a otros fines. Se estimó que el consumo de energía en kWh por m<sup>2</sup> anual estuvo entre los 90 a 172 kWh por mes, de acuerdo con los estudios de (Pareja Fernández, 2007) y (Castro-Fernández, Vilaragut-Llanes, & Oloroun-Shola Bissiriou, 2021), lo cual, al compararlo con los datos de consumo de energía eléctrica mensual, fue de un 0.27% en comparación con el resto del proceso. Se asumió que las oficinas consumieron alrededor del 1% al no tener la certidumbre de su consumo real debido a la falta de información de la fuente primaria.

Teniendo esto en cuenta, se procedió a utilizar la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} & \textit{Consumo de energía eléctrica mensual (CEM)} \\ & = \textit{Consumo mes} - 1\% \times \textit{Consumo mes} [2] \end{aligned}$$

Con estos valores, se realizó el cálculo de la energía eléctrica mensual usada para cada tipo de balanceado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} & \textit{Consumo de energía eléctrica por tipo de balanceado (CEMB)} \\ & = \textit{CEM} \times \% \textit{ de producción del tipo de balanceado en la planta} [3] \end{aligned}$$

Posteriormente, se aplicó una regla de tres para determinar el consumo de energía eléctrica necesario en la producción de cada tipo de balanceado requerido para abastecer a un galpón a lo largo de todo el ciclo de vida de los pollos:

$$\begin{aligned} & \textit{Cantidad de balanceado producido por mes} \left( \frac{\textit{ton}}{\textit{mes}} \right) \\ & \rightarrow \textit{CEMB} \left( \frac{\textit{kWh}}{\textit{mes/tipo de balanceado}} \right) \end{aligned}$$

$$\textit{Consumo de balanceado por galpón} \left( \frac{\textit{ton}}{\textit{galpón}} \right) \rightarrow \times \left( \frac{\textit{kWh}}{\textit{galpón}} \right) [4]$$

### 2.5.3 Consumo de agua

Los datos del consumo de agua (en m<sup>3</sup>/día) por planta provinieron únicamente del funcionamiento de las calderas para el proceso de peletizado, por lo que no se realizó una segmentación con respecto a las oficinas. Para la obtención del consumo de agua para la producción de la cantidad necesaria para abastecer a un galpón durante todo un ciclo productivo, de cada tipo de balanceado, se usarán las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} & \text{Consumo de agua mensual (CAM)} \left( \frac{m^3}{mes} \text{ en la planta} \right) \\ & = \text{Consumo mes de la planta} \times 6 \text{ días laborables} \times 4.35 \text{ semanas en 1 mes [4]} \end{aligned}$$

Con estos valores, se realizó el cálculo del agua consumida de forma mensual para la elaboración de cada tipo de balanceado, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} & \text{Consumo de agua por tipo de balanceado (CAMB)} \\ & = \text{CAM} \times \% \text{ de producción del tipo de balanceado en la planta [5]} \end{aligned}$$

Posteriormente, se aplicó una regla de tres para determinar el consumo de agua necesaria en la producción de cada tipo de balanceado requerido para abastecer a un galpón a lo largo de todo el ciclo de vida de los pollos:

$$\begin{aligned} & \text{Cantidad de balanceado producido por mes} \left( \frac{ton}{mes} \right) \rightarrow \text{CAM} \left( \frac{m^3}{mes/\text{tipo de balanceado}} \right) \\ & \text{Consumo de balanceado por galpón} \left( \frac{ton}{galpón} \right) \rightarrow x \left( \frac{m^3}{galpón} \right) [6] \end{aligned}$$

### 2.5.4 Consumo de gas licuado petróleo, diésel y biogas

El gas licuado petróleo (GLP), diésel y el biogas son utilizados para las 3 calderas encontradas en ambas plantas de balanceado, siendo que en la Planta I solo posee 1 caldera, que trabaja únicamente con GLP y tiene una potencia de 100 BHP, y la Planta II, 2 calderas, que

trabaja 1 con GLP con una potencia de 200 BHP y otra, con diésel y biogás de 230 BHP. En el caso de la caldera de la Planta I, se realizaron los cálculos con las relaciones matemáticas establecidas anteriormente, teniendo en cuenta que la caldera de la Planta II consumió el doble de GLP de la caldera de la Planta I debido a su mayor potencia. Sin embargo, en la Planta II esto no fue posible por el uso variado de los tipos de combustibles. Debido a esto, se realizaron relaciones matemáticas para el cálculo de la energía producida en las calderas haciendo uso del tipo de combustible en cuestión y así poder integrar los conceptos de tiempo y potencia de las calderas y poder realizar relaciones matemáticas.

$$\text{Energía} = \# \text{ de horas de uso del tipo de combustible} \times \text{potencia de caldera}$$

Luego, se obtuvo la proporción de uso de cada tipo de combustible de acuerdo con la energía total de funcionamiento de la peletizadora, es decir, la suma de todas las energías.

$$\text{Proporción de uso de tipo de combustible} = \frac{\text{energía producida con el combustible}}{\text{energía total}} [7]$$

Se procedió a realizar el cálculo del balanceado obtenido mensualmente de acuerdo con el tipo de combustible empleado en la peletizadora, de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} & \text{Balanceado producido por tipo de combustible} \\ & = \% \text{ aporte del combustible} \times \text{producción total de balanceado en la planta} [8] \end{aligned}$$

El resultado de esto se lo multiplicó por el porcentaje de producción del tipo de balanceado en la planta. Después, se calculó el consumo de combustible mensual para los tipos de balanceados con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} & \text{Consumo mensual por combustible (CMC)} \\ & = \text{Consumo de combustible} \\ & \quad \times \% \text{ de producción del tipo de balanceado en la planta} [9] \end{aligned}$$

Se calculó la cantidad de cada tipo de balanceado consumido por galpón con el uso del tipo de combustible de acuerdo con la ecuación:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Balanceado consumido por tipo de combustible} \\
 & = \textit{Consumo de tipo de balanceado por galpón} \\
 & \times \% \textit{ de horas de trabajo del tipo de combustible} [10]
 \end{aligned}$$

Posteriormente, se aplicó una regla de tres para determinar el consumo de cada tipo de combustible necesario en la producción de cada tipo de balanceado requerido para abastecer a un galpón a lo largo de todo el ciclo de vida de los pollos:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Cantidad de balanceado producido por mes} \left( \frac{\textit{ton}}{\textit{mes}} \right) \\
 & \rightarrow CMC \left( \frac{\textit{unidad del tipo de combustible}}{\textit{mes/tipo de balanceado}} \right) \\
 & \textit{Consumo de balanceado por galpón} \left( \frac{\textit{ton}}{\textit{galpón}} \right) \\
 & \rightarrow x \left( \frac{\textit{unidad del tipo de combustible}}{\textit{galpón}} \right) [11]
 \end{aligned}$$

## 2.6 Base de datos

Para la selección de la fuente de información secundaria, se realizó una matriz de decisión encontrada en la Tabla 3 comparando a las bases de datos Agri-footprint 6.0 y Ecoinvent 3.0, siendo la última la que más se ajusta al objetivo de este estudio. Sin embargo, Agrifootprint tiene ingredientes que son utilizados por la empresa para la producción de balanceado, por lo que se utilizó parcialmente esta base de datos.

**Tabla 3**

*Matriz de decisión de base de datos o librería a utilizar*

<b>Criterio</b>	<b>AGRI-FOOTPRINT 6</b>	<b>ECOINVENT 3.0</b>
Alineado con objetivos y alcance	5	5
Compatibilidad con localidad	3	5

Datos compatibles	3	5
Usado en estudios relativos a la temática	1	5
Sumatoria	12	20

*Nota:* Los criterios de esta matriz de decisión fueron calificados sobre 5. Esto permitió conocer que la librería Ecoinvent 3.0 es la más adecuada, con un puntaje de 20 sobre 20.

Entre las limitaciones de Agri-footprint están la compatibilidad entre los datos, la localidad de estudio y también el enfoque de esta base de datos. Según el reporte de Tyszler (2022), Agri-footprint no contiene datos sobre los tratamientos de los residuos luego de su uso ya que los datos del inventario del ciclo de vida tienen un enfoque de *cradle to gate* (de la cuna a la puerta), lo que colisiona con lo que quiere abordar este estudio.

### 2.6.1 Procesos unitarios vs procesos sistemáticos

El proceso unitario contiene solo emisiones y entradas de materias primas de un paso del proceso, además de referencias a entradas de otros procesos unitarios, mientras que el proceso del sistema incluye todas las emisiones de todos los pasos del proceso (PRÉ Sustainability, 2023).

Se utilizó una matriz decisión, encontrada en la Tabla 4 para seleccionar el tipo de proceso más adecuado para el contexto del trabajo. Ya que no se poseían datos precisos de cada paso del proceso del sistema, se escogió el proceso sistemático para tratar a cada etapa del ciclo de vida como un proceso agregado.

**Tabla 4**

*Matriz de decisión entre procesos unitario vs procesos sistemáticos*

Criterio	Velocidad de cálculo	Precisión	Compatibilidad con datos obtenidos	Transparencia	Facilidad de implementación	Sumatoria
Unitario	1	5	1	5	3	15
Sistemático	5	3	5	3	5	21

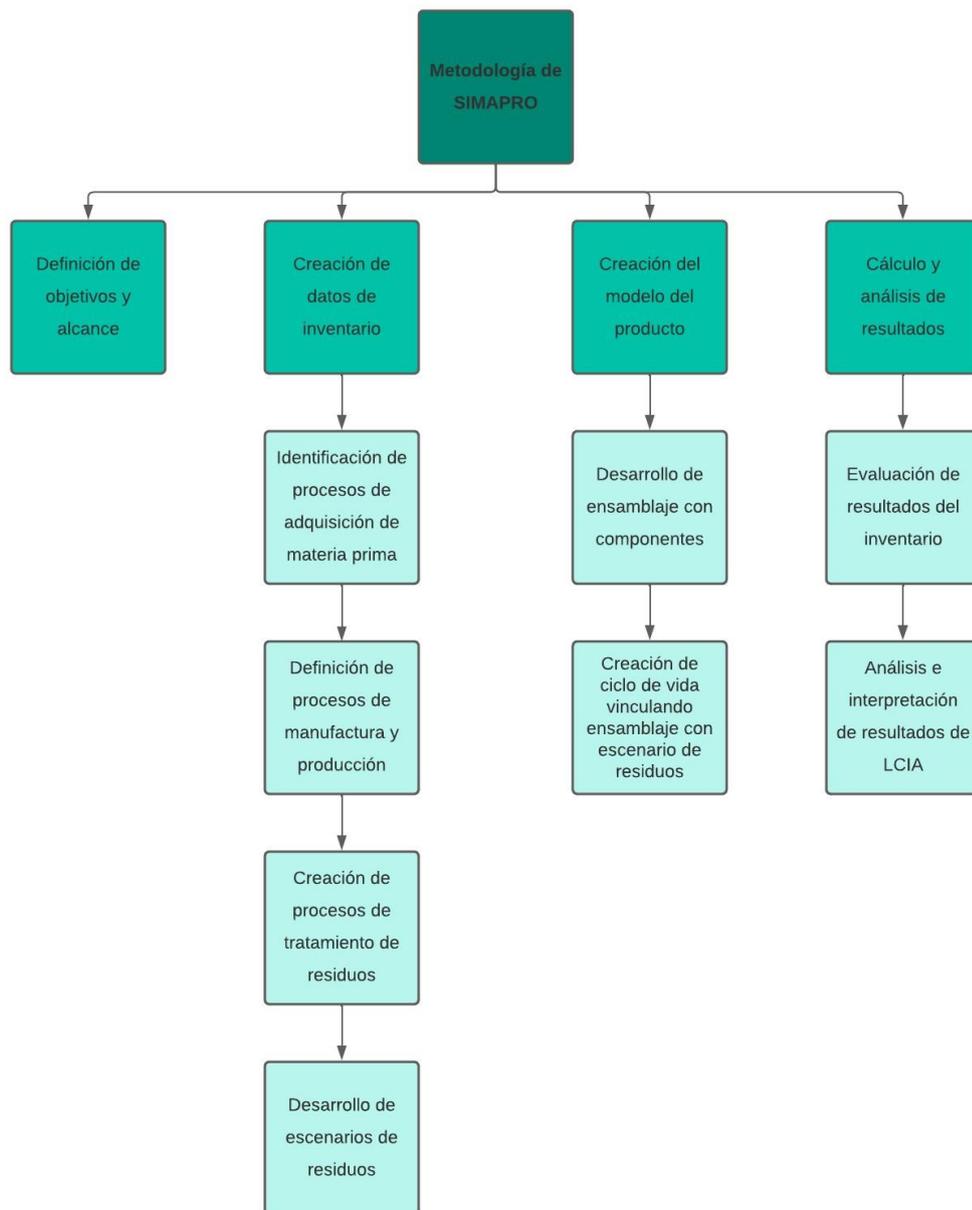
*Nota:* Se ponderó del 1 al 5 según la compatibilidad del tipo del proceso con el contexto del estudio.

## 2.7 Ingreso de información a SimaPro

Después de realizar los cálculos anteriores, las cantidades fueron ingresadas al software SimaPro utilizando a la metodología mostrada en la **Figura 8**. Se creó en el software los datos del inventario y el modelo del producto, para su posterior análisis.

**Figura 8**

*Flujograma de metodología de SIMAPRO*



*Nota:* Pasos a seguir para elaborar el modelo del ciclo de vida del balanceado de pollos de engorde.

## 2.8 Evaluación de impactos ambientales del ciclo de vida

### 2.8.1 Metodología de EICV y tipos de impactos

Con el fin de seleccionar una metodología para la evaluación de impactos ambientales del ciclo de vida de la producción de balanceado, se realizó una matriz de decisión considerando las siguientes variables, mostradas en la **Tabla 5**:

**Tabla 5**

*Matriz de decisión de metodología de evaluación de impactos.*

	<b>Compatibilidad geográfica</b>	<b>Relación con la huella de carbono</b>	<b>Uso en la producción de balanceado</b>	<b>Sumatoria</b>
CML IA	1	5	5	11
EF 3.0	1	5	1	7
EN 15804	1	1	1	3
EPD	1	5	1	7
ReCiPe	5	5	5	15

*Nota:* Se ponderó del 1 al 5 según la compatibilidad de la metodología de evaluación de impactos ambientales con el objetivo del estudio.

Como resultado de la matriz decisión, se seleccionó la metodología ReCiPe 2016, con un total de 15 puntos, para evaluar los tipos de impactos ambientales de interés agrícola, los cuales son: cambio climático, agotamiento de recursos, eutrofización, acidificación, consumo de agua y uso de suelo. La matriz de decisión fue diseñada para evaluar diferentes metodologías de *Life Cycle Impact Assessment* (Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida) con respecto a tres criterios específicos: "Compatibilidad geográfica", "Relación con la huella de carbono" y "Uso en la producción de balanceado". Cada metodología ha sido puntuada en una escala del 1 al 5, donde un valor más alto indica una mayor preferencia en ese criterio. Según los criterios considerados, la metodología ReCiPe se destaca como la opción más favorable para la Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida en comparación con las otras metodologías evaluadas (CML IA, EF 3.0, EN 15804, y EPD). La ponderación más significativa se ha otorgado al criterio "Relación con la huella de carbono", donde ReCiPe

obtuvo la puntuación máxima de 5, indicando que esta metodología se alinea de manera excepcional con la evaluación de las emisiones de carbono a lo largo del ciclo de vida. Además, la metodología ReCiPe recibió puntuaciones considerables en "Compatibilidad geográfica", debido a que es una metodología global y no enfocada en el continente europeo, como el resto, y "Uso en la producción de balanceado", debido a que se ha usado esta metodología de EICV en estudios con objetivos similares, al igual que la CML IA, consolidando su posición como la elección más equilibrada y efectiva para realizar la Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida en el contexto evaluado.

### **2.8.2 Metodología Huella de Carbono: Protocolo IPCC**

Dentro de los diferentes protocolos para medir la huella de carbono, es factible llevar a cabo un análisis de ciclo de vida que evalúe la categoría de impacto del "Cambio climático" o "Calentamiento global" (Joint Research Centre European Commission, 2010). Sin embargo, este enfoque puede resultar limitado, pues en el análisis de ciclo de vida, también se deben estudiar otras categorías de impacto, lo cual no permite ahondar en las emisiones de GEI a profundidad. En un análisis intermedio como el abordado en este estudio, se recomienda emplear la metodología del IPCC más actualizada y los Potenciales de Calentamiento Global del Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Estos GWP (*Global Warming Potential*) se fundamentan en un modelo de consenso actualizado y científicamente sólido, generando factores de caracterización basados en el forzamiento radiativo y el tiempo de permanencia de los gases de efecto invernadero emitidos (Joint Research Centre European Commission, 2011).

El método del IPCC posee diversos marcos temporales, entre estos, están los marcos temporales que son de 20, 100 o 500 años, los cuales indican el impacto en términos de forzamiento radiativo acumulativo de las emisiones de gases de efecto invernadero. La perspectiva de 500 años se considera adecuada para evaluar la mayoría

de los daños ocasionados por sustancias con largos tiempos de residencia atmosférica, mientras que los marcos de 100 y 20 años capturan parcialmente los impactos de sustancias con larga vida útil. Aunque en muchos análisis de ciclo de vida se emplea el marco temporal de 100 años, basado en el Protocolo de Kioto, en el ámbito agrícola se sugiere utilizar marcos temporales más cortos (20 años) y más largos (500 años) como análisis de sensibilidad (Joint Research Centre European Commission, 2011), dado que el N<sub>2</sub>O común en estos sistemas posee una vida útil extensa y, por ende, un factor de caracterización significativamente mayor en la perspectiva de 500 años respecto a la de 100 años.

### **2.8.3 *Requisitos de datos***

Los datos fueron obtenidos de registros internos de la empresa y de bases de datos de SIMAPRO, englobando el consumo de materias primas, uso de energía, transporte de las materias primas como del producto, consumo de agua, consumo de gasolina y generación de residuos a lo largo del ciclo de vida.

## **2.9 Suposiciones del sistema**

### **2.9.1 *Consumo de balanceado por galpón***

Se consideró un desperdicio del 0.5% del balanceado total dentro de los galpones, por lo que se aumentó este porcentaje a la cantidad que consumen los pollos para reflejar esta pérdida en los resultados y en los flujogramas de salida.

### **2.9.2 *Materia prima***

En este estudio se consideró que el maíz utilizado para la producción de balanceado es de origen nacional (El Oro) ya que es la provincia que más produce este cultivo según la INEC (2022).

De igual manera, se tomó en cuenta que la soya proviene de Santa Cruz, Bolivia, según la información que nos brindó el departamento de producción de balanceado, y

considerando que este país es uno de los mayores productores de soya. Según Catacora-Vargas (2012), Bolivia experimentó un incremento del 375,80% de producción de soya en un periodo de 19 años, de 1991 a 2010, por lo que es válido considerar a este país como proveedor de esta materia prima.

Se considera que la harina de pescado proviene de la empresa Produpes ubicada en Manta, Santa Elena.

Debido a que los únicos aminoácidos disponibles en las librerías de Simapro son de la marca EVONIK, se asumió que estos insumos provienen de Araucaria, Brasil.

### ***2.9.3 Electricidad***

Se consideró que la tensión en la que operan los equipos es baja, debido a que utilizan un voltaje y frecuencia de 440 V 60 HZ trifásico. Además, se consideró que la electricidad que aportó menos de un 1% al total de energía eléctrica consumida de forma mensual en la planta de balanceado fuera despreciada en cuestión de cálculos. El consumo de las oficinas también fue despreciado debido a que estas no forman parte del ciclo de vida del balanceado.

### ***2.9.4 Transporte***

Se consideró que la materia prima es transportada en camiones con capacidad entre 16-32 toneladas métricas, se tomó como referencia a los camiones de la serie F de Chevrolet, cuyos motores de estos vehículos están catalogados como EURO 3 según la normativa europea sobre emisiones, tal como se ve en el Apéndice C.

### ***2.9.5 Escenario de disposición***

Se consideró que se reutiliza el 100% de los residuos de los pollos (heces y orina) de los cuales un 30% va destinado a la producción de biogas (el cual vuelve a reincorporarse en el sistema de producción de balanceado) y un 70% va destinado a ser

utilizado como fertilizante en los terrenos agrícolas que posee la empresa (sale del sistema de producción de balanceado).

## 2.10 Interpretación de resultados

La interpretación de resultados se realizó considerando los datos generados por el software SIMAPRO.

En base al inventario del ciclo de vida y a la evaluación de impactos ambientales, se relacionaron los resultados de ambas etapas del ACV con el objetivo y el alcance del estudio con el fin de llegar a las conclusiones y recomendaciones del proceso. (ISO 14044, 2006)

Para ello, se realizó una revisión y verificación de los datos recopilados por medio de las entrevistas al personal encargado de la producción de balanceado y avícola para asegurar la calidad de la información. Posterior a esto, se identificó los puntos críticos del proceso, es decir, las fases del ciclo de vida del balanceado que generan los mayores impactos ambientales.

## CAPÍTULO 3

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Flujogramas del ciclo de vida de los balanceados

Se elaboraron cinco flujogramas del proceso de ciclo de vida de los balanceados, los cuales pueden ser observados en la Figura 8, que corresponde al balanceado de pre-inicio, la Figura 9 al de inicio, la Figura 10 al crecimiento y la Figura 11, al balanceado de retiro. Los flujogramas de producción de balanceado para pollos de engorde contienen los mismos pasos, lo cual puede ser observado mediante la simbología de color presente en los diagramas, siendo la diferencia principal entre estos la formulación. Por otra parte, el ciclo de vida del balanceado para cerdos difiere de estos en las etapas de transporte, uso y fin de vida ya que este producto está destinado a la venta mientras que el balanceado de pollo es utilizado por la misma empresa para la producción avícola.

##### 3.1.1 *Abastecimiento de materia prima:*

*Entradas: combustibles fósiles (transporte), materia prima*

*Salidas: Sacos abiertos*

La materia prima usada por la empresa es de origen nacional e importada, y usa alrededor de un 70% de maíz, 20% de soya y el otro 10% corresponde al resto de materiales. Estas son usadas en distintas cantidades de acuerdo con la etapa fenológica en la que se encuentre el pollo de engorde y también si es destinada para pollo o para cerdo. Las materias primas usadas para la producción de balanceado son las siguientes:

- Maíz amarillo duro: nacional e importado
- Pasta de soya: importado de Bolivia
- Polvillo de arroz
- Trigo: importado de USA

- Aceite de palma
- Harina de sangre y plumas: provenientes de la avícola
- Harina de vísceras: provenientes de la avícola
- Sal
- Fosfato
- Carbonato
- Aminoácidos: importado de varios lugares, incluido China

La materia prima es comprada en sacos de 45 kg para los macroingredientes, pero para otros ingredientes como aminoácidos, es comprada en sacos de nylon de 15 kg o 25 kg, de acuerdo con el proveedor. En el caso del material importado, este es transportado desde su sitio de origen hacia el Puerto Marítimo de Guayaquil por medio de barcos. Desde el Puerto Marítimo de Guayaquil hacia la avícola es transportado mediante camiones de una capacidad de entre 21 a 24 toneladas. Los sacos son organizados y trasladados a un almacén encontrado en la entrada de cada planta de producción. Al usar la materia prima, como resultado se obtienen sacos abiertos que son reutilizados por la empresa.

### ***3.1.2 Limpieza de los ingredientes***

*Entradas: maíz, soya*

Una vez son abiertos los sacos de materia prima, se utilizan zarandas giratorias para separar impurezas de las materias primas principales (maíz y soya) antes de que estas sean utilizadas en la producción de alimento balanceado.

### ***3.1.3 Dosificación y pesaje de macroingredientes***

*Entradas: energía eléctrica mediante al uso de maquinaria*

La dosificación y pesaje de las materias primas se realizan automáticamente según la formulación del balanceado, la cual dependerá de los requerimientos nutricionales del animal de acuerdo con su etapa fenológica. Para esto, se utilizan la balanza de macros y la

balanza de medios para las materias primas principales y secundarias, respectivamente, garantizando la precisión en las cantidades de proteínas, grasas y carbohidratos.

Posteriormente, tras pesar las materias primas, se lleva a cabo una mezcla preliminar para asegurar una distribución uniforme de los macronutrientes antes de la molienda.

#### **3.1.4 Molienda de los macroingredientes**

*Entradas: energía eléctrica mediante al uso de maquinaria*

Las materias primas son transportadas a la etapa de molienda donde se reducen a partículas más pequeñas y uniformes. Un tamiz separa las partículas según su tamaño, y aquellas demasiado grandes son automáticamente devueltas al proceso de molienda para asegurar la uniformidad deseada.

#### **3.1.5 Dosificación de los microingredientes en tolva de premezclado**

*Entradas: microingredientes como harina de plumas, harina de sangre, harina de vísceras, sal, fosfato, energía eléctrica mediante al uso de maquinaria*

Los ingredientes son transportados a una tolva de pre-mezclado para la dosificación y pesado de los micronutrientes, tales como harina de sangre, plumas, etc. Este es un proceso que dura alrededor de 180 segundos y permite enriquecer el balanceado.

#### **3.1.6 Mezclado e incorporación de ingredientes líquidos**

*Entradas: ingredientes líquidos como aceite de palma, energía eléctrica mediante al uso de maquinaria*

Las materias son transportadas desde la tolva de pre-mezclado a la mezcladora. Durante el proceso de mezclado, se agregan los micronutrientes para enriquecer el balanceado y garantizar que cumpla con los requisitos nutricionales. Además, se adicionan los ingredientes que son líquidos, como aceites, con ayuda de la balanza de aceite y la dosificadora de fysical, para dosificar y agregar ingredientes específicos.

### **3.1.7 Peletizado de balanceado**

*Entradas: energía eléctrica, diésel o biogás, agua*

Se requiere energía eléctrica para alimentar la máquina peletizadora y se requiere una fuente de energía adicional, en este caso, diésel o biogás para generar calor durante el proceso de peletizado. El agua se utiliza en el acondicionamiento de la mezcla.

En esta etapa, la mezcla pasa a la peletizadora, una máquina que utiliza vapor generado por calderas para comprimir la mezcla en pellets. Al tomar esta forma, la mezcla será más fácil de manejar, aumenta la digestibilidad del alimento y, debido a la utilización de calor y presión en esta etapa, se eliminan potenciales patógenos.

### **3.1.8 Enfriamiento de balanceado**

*Entradas: energía eléctrica*

Una vez que la mezcla fue peletizada, los pellets salen a una temperatura entre 80 y 100 °C, por lo que van a requerir ser enfriados para evitar daños en la estructura del gránulo. Esto es logrado por medio de la utilización de aire frío el cual va a absorber el calor de los pellets y enfriándolos.

### **3.1.9 Transporte a tolvas de despacho**

*Entradas: energía eléctrica*

Luego de haberse enfriado los pellets, se traslada a tolvas de despacho para la posterior movilización del balanceado hacia los bins de almacenamiento.

### **3.1.10 Transporte a bins de almacenamiento**

*Entradas: combustibles fósiles*

En esta etapa, se realiza el transporte de la producción a los bins de producto terminado, donde serán almacenados en las condiciones adecuadas para prevenir la contaminación o exceso de humedad hasta ser distribuidos a los silos de almacenamiento de las granjas de producción avícola.

### **3.1.11 Transporte a comederos**

*Entradas: energía eléctrica*

En esta etapa, se transporta el producto hacia los comederos dentro de los galpones, proceso en el cual se utiliza energía eléctrica.

### **3.1.12 Uso del balanceado**

*Salidas: heces, gases de efecto invernadero, desperdicio en comederos*

En la fase de utilización del balanceado, se desencadenan diversos procesos. La ingesta por parte de los animales es un factor determinante; si ocurre, el balanceado experimenta una transformación al convertirse en heces, generando como subproducto la emisión de gases de efecto invernadero.

Cuando el balanceado no es consumido, surge un desperdicio en los comederos. Esto puede deberse al pisoteo del balanceado o a su contaminación con heces, tal como se evidencia en la Figura 11. En tales casos, se evidencia una pérdida del alimento.

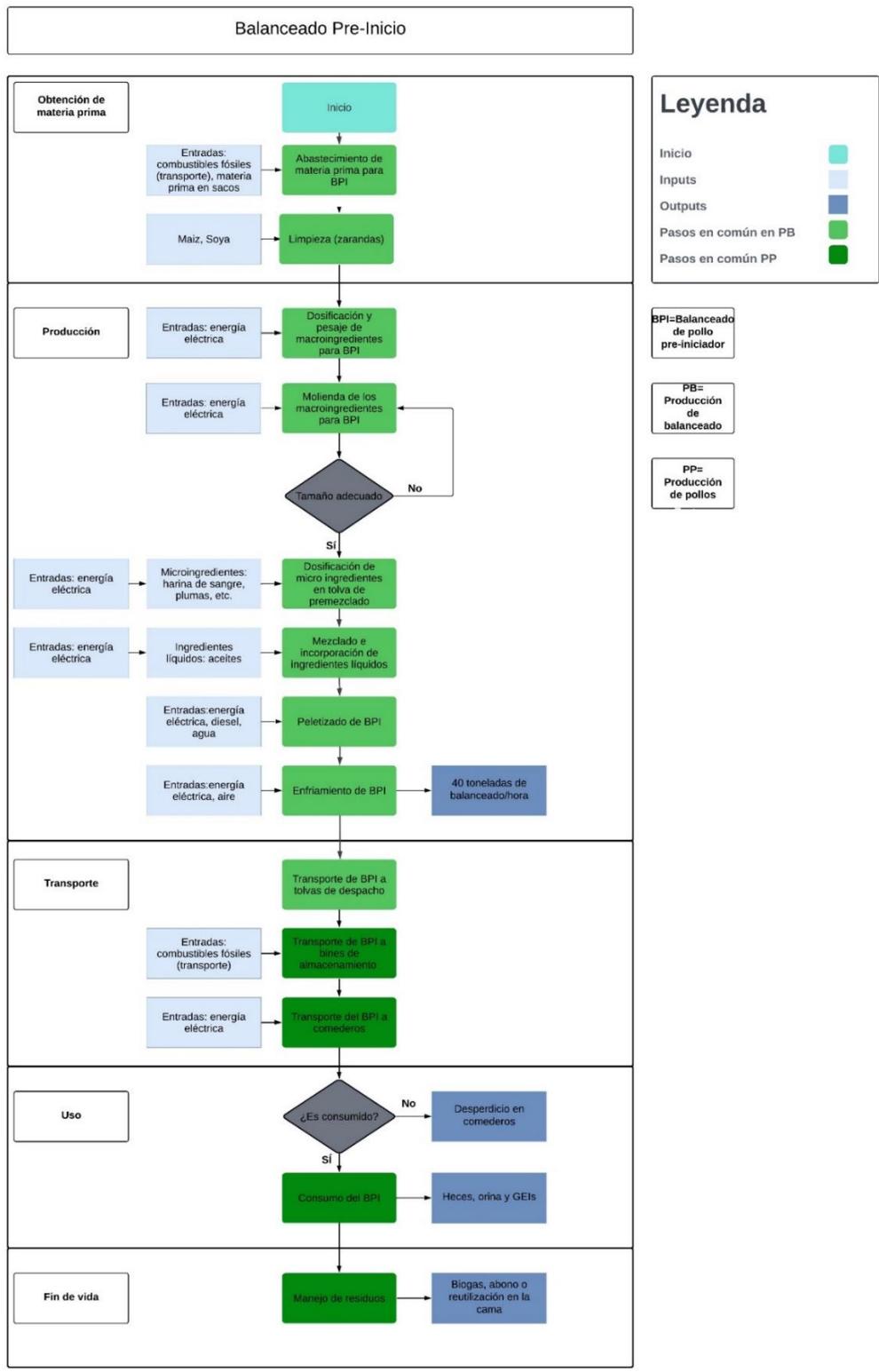
### **3.1.13 Manejo de residuos**

*Salidas: biogas, abono o cama en galpones*

Posteriormente, la avícola realiza distintos procesos para el manejo de residuos. Parte de las heces producidas pueden destinarse a la producción de biogás, utilizarse como fertilizante o reintegrarse en la cama de los galpones después de un proceso de limpieza.

## **Figura 9**

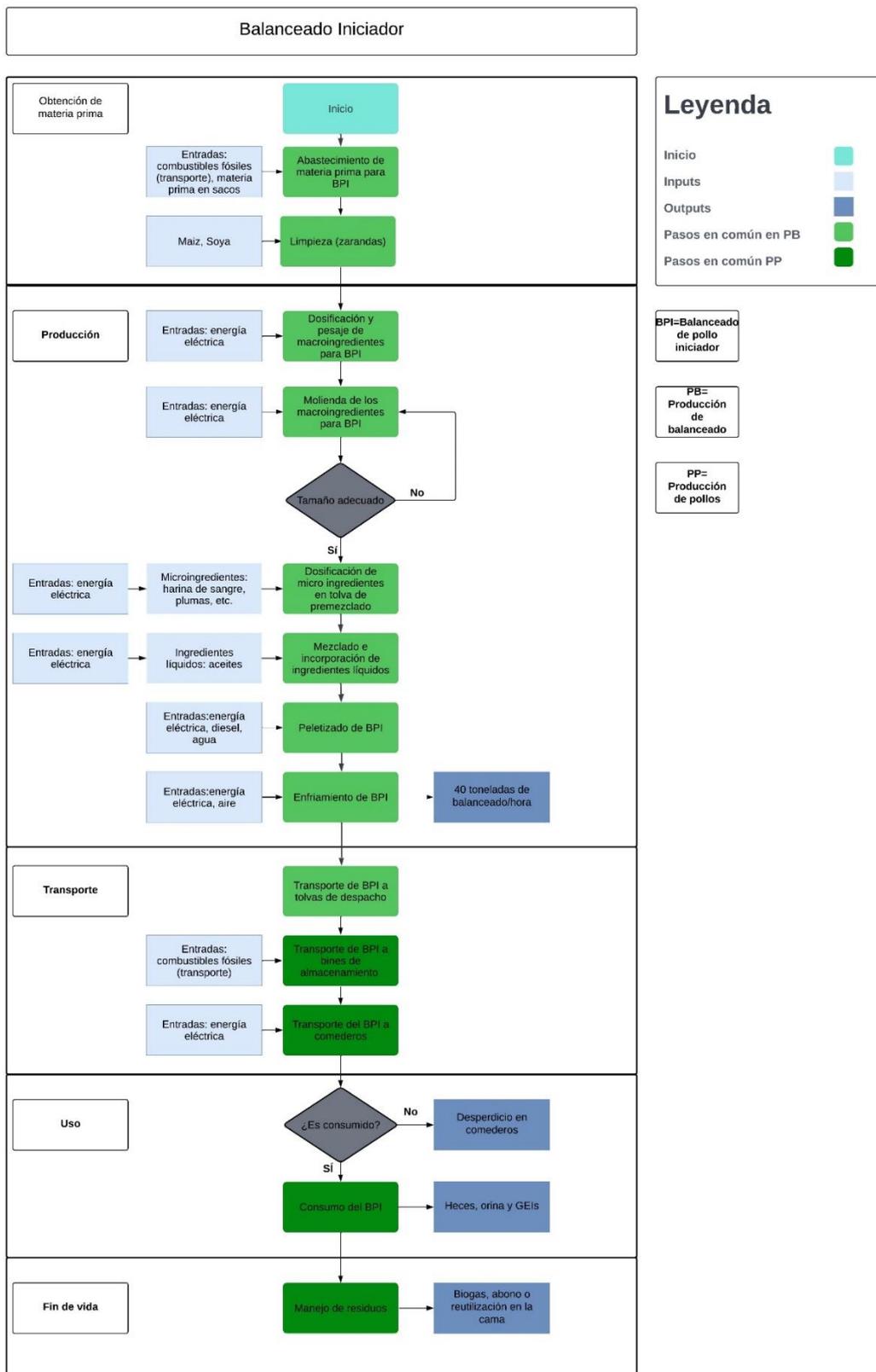
*Flujograma del ciclo de vida del Balanceado de Pre-Inicio*



Nota: este balanceado posee ingredientes diferentes para aumentar su digestibilidad.

**Figura 10**

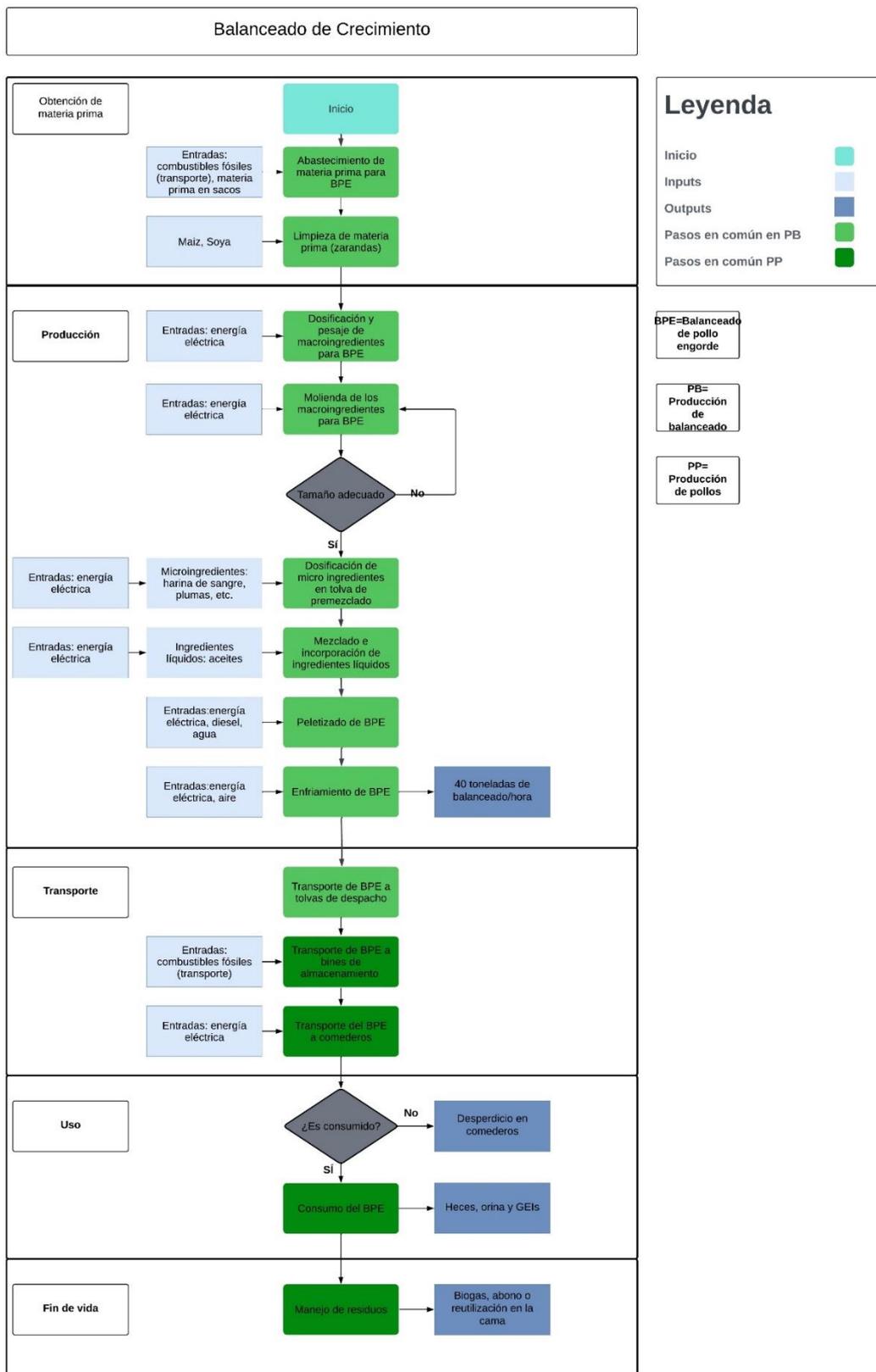
Flujograma de ciclo de vida de Balanceado Iniciador



Nota. Esta balanceado se diferencia del anterior en la materia prima de la que está compuesta.

**Figura 11**

*Flujograma del ciclo de vida del Balanceado de Crecimiento*

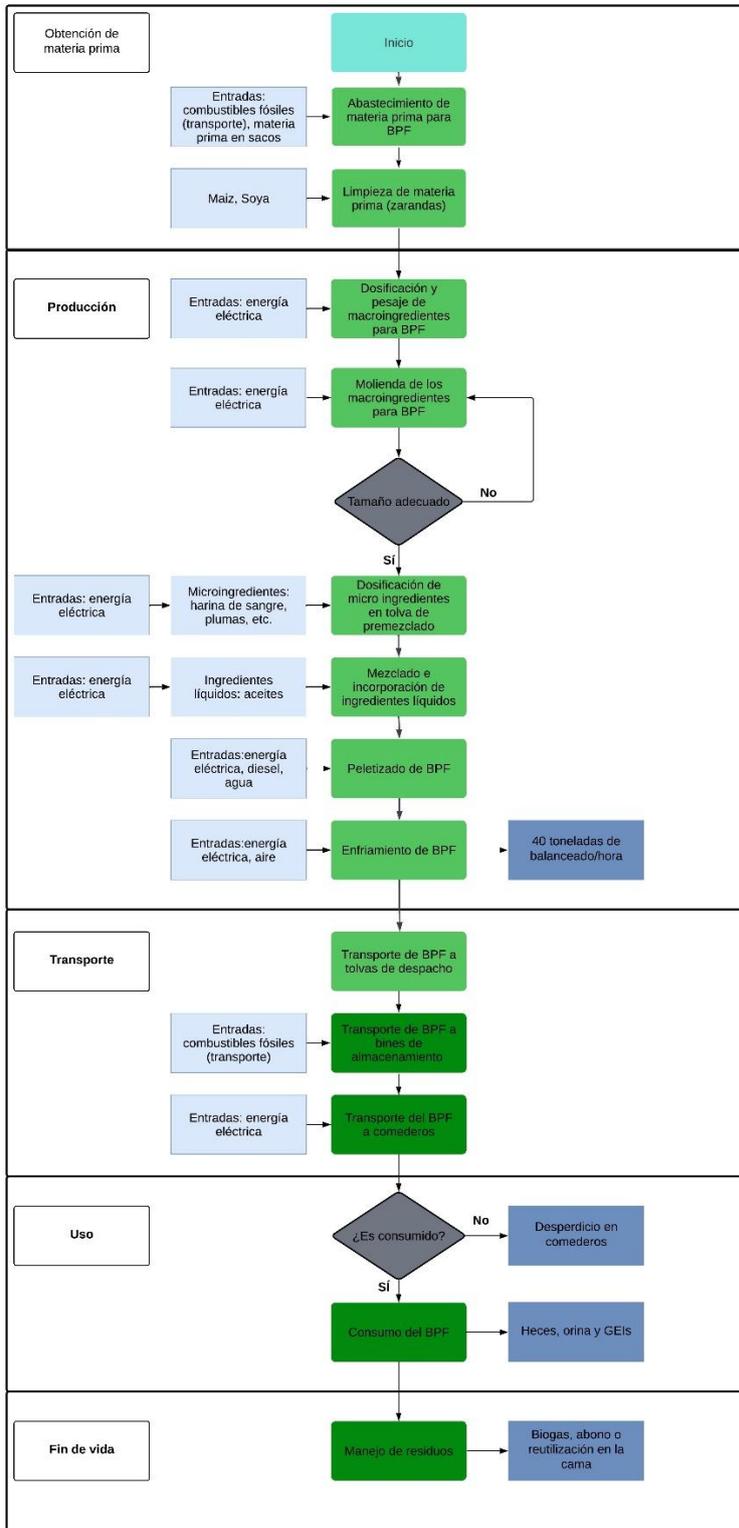


*Nota.* Esta balanceado se usa durante la mayor parte de la vida de los pollos.

**Figura 12**

*Flujograma del ciclo de vida del Balanceado Retiro*

## Balanceado Retiro



BPF=Balanceado de pollo finalizador

PB= Producción de balanceado

PP= Producción de pollos

*Nota.* Este balanceado se lo utiliza en las últimas semanas de vida del pollo.

## 3.2 Inventario del ciclo de vida del balanceado

### 3.2.1 Producción de balanceado en la fábrica

Se obtuvo las cantidades mensuales de balanceado producidas destinadas a las diferentes etapas de cría, en pollos y cerdos, ya que la empresa fabrica principalmente balanceado para estos 2 animales, como se puede apreciar en la **Tabla 6**. Para la cría de pollos, se observó una producción total de 19,122 toneladas al mes, distribuidas en las etapas de Pre-Inicial, Inicial, Crecimiento y Retiro. Destaca que la fase de Crecimiento contribuye significativamente, representando el 42% de la producción total de balanceado para pollos. Por otro lado, en el caso de los cerdos, la producción total mensual es de 1,284.31 toneladas, con las etapas de Engorde, C1 y C2 liderando en contribuciones, sumando el 52% del balanceado total para cerdos. Sin embargo, es importante notar que el balanceado de cerdo solo significa un 6% de la producción de balanceado total, por lo que no fue analizada a detalle en el análisis de ciclo de vida.

**Tabla 6**

*Producción mensual de balanceado de pollos y cerdos*

<b>Pollos</b>			
Tipo de balanceado	Cantidad producida (ton/mes)	Porcentaje de aporte en la producción total de balanceado de pollos	Porcentaje de aporte en la producción total de balanceado
Pre-Inicial	850	4.45%	4.17%
Inicial	4114	21.51%	20.16%
Crecimiento	8008	41.88%	39.24%
Retiro	6150	32.16%	30.14%
Total	19122	100%	93.7%

<b>Cerdos</b>			
Tipo de balanceado	Cantidad producida (ton/mes)	Porcentaje de aporte en la producción total de balanceado de cerdos	Porcentaje de aporte en la producción total de balanceado
Chanchilla	9.45	1%	0.05%
Engorde	130.79	10%	0.64%
Gestación	164.67	13%	0.81%
Inicial	136.56	11%	0.67%
Lactancia	84.49	7%	0.41%

C1	283.87	22%	1.39%
C2	254.96	20%	1.25%
C3	219.52	17%	1.08%
Total	1284.31	100%	6.29%

En la Planta I de la avícola, se produce el balanceado pre-inicial, inicial y el de cerdos, mientras que en la Planta II, se produce el balanceado de crecimiento y retiro. La Planta II tiene una producción mayor, por lo que cuenta con el doble de maquinaria que la Planta I. La producción de balanceado las Planta I y Planta II se encuentra en la **Tabla 7 y 8**.

**Tabla 7**

*Producción de balanceado en la Planta I*

<b>Tipo de balanceado</b>	<b>Producción mensual (ton/mes)</b>	<b>Porcentaje de aporte en la producción total de la planta</b>
Pre-Inicial	850	13.60%
Inicial	4114	65.84%
Cerdos	1284.31	20.55%

**Tabla 8.**

*Producción de balanceado en la Planta II*

<b>Tipo de balanceado</b>	<b>Producción mensual (ton/mes)</b>	<b>Porcentaje de aporte en la producción total de la planta</b>
Crecimiento	8008	56.56%
Retiro	6150	43.44%

### **3.2.2 Consumo de balanceado por galpón**

Se obtuvo información con respecto al consumo de balanceado por pollo durante todo su ciclo de vida. Cada pollo consume 3.95 kg de balanceado, los cuales se desglosan en 0.2 kg de balanceado pre-inicial, 1 kg de balanceado inicial, 1.85 kg de balanceado de crecimiento y 0.9 kg de balanceado de retiro. Teniendo en cuenta que cada galpón posee 38,000 aves en promedio, se

obtuvo el consumo de cada tipo de balanceado por galpón y se le aumentó un 0.5% debido al desperdicio que puede existir en los galpones, encontrado en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Consumo de balanceado por galpón*

<b>Tipo de balanceado</b>	<b>Consumo de 1 pollo (kg/pollo)</b>	<b>Consumo en 1 galpón (ton/galpón o ton/38,000 pollos)</b>	<b>%</b>
Pre-Inicial	0.2	7.638	5%
Inicial	1	38.19	25%
Crecimiento	1.85	70.6515	47%
Retiro	0.9	34.371	23%
Total	3.95	7.638	100%

### **3.2.3 Formulación del balanceado**

En la Tabla 10, se detallan las cantidades de materias primas usadas para la elaboración del balanceado pre-inicial necesario para un galpón. En contraste con otras formulaciones de balanceado, el balanceado pre-inicial se distingue por no emplear harina de soya como su principal fuente de proteína, sino que opta por el concentrado de proteína de soya. El concentrado de proteína de soya, al tener una concentración más alta de proteínas y ser sometido a procesos de extracción para eliminar componentes no nutritivos, hace que este ingrediente sea más digerible para los pollos que están en esta etapa de crecimiento.

**Tabla 10**

*Materias primas usadas para la producción de balanceado pre-inicial en un galpón*

<b>Materia prima</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Consumo por galpón (Ton)</b>
----------------------	-------------------	---------------------------------

Maíz	60,35%	4,610
Alimento con gluten de maíz	21,30%	1,627
Concentrado de proteína de soya	13,02%	0,994
Harina de pescado	2,14%	0,163
Carbonato de calcio	2,00%	0,153
Formato de sodio	0,24%	0,018
Sal	0,16%	0,012
Lisina	0,31%	0,024
Metionina	0,44%	0,033
Treonina	0,05%	0,003
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>	<b>7,638</b>

*Nota.* Se utiliza maíz, concentrado de soya para mayor digestibilidad y harina de soya en mayor proporción.

La formulación del balanceado pre-inicial e inicial cumplen con los mismos requerimientos nutricionales, sin embargo, para el balanceado inicial sí se consideró a la harina de soya como ingrediente ya que el sistema digestivo de los pollos es más maduro y podrá procesar la harina con mayor facilidad.

A continuación, en la Tabla 11 se muestran los ingredientes que componen al balanceado para la etapa inicial:

**Tabla 11**

*Materias primas usadas para la producción de balanceado inicial en un galpón*

<b>Materia prima</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Consumo por galpón (ton)</b>
Maíz	63.77%	24.353
Concentrado de soya	1.04%	0.398
Harina de soya	25.96%	9.915
Harina de pescado	3.40%	1.297
Carbonato de calcio	1.00%	0.382
Harina de vísceras y hueso	3.00%	1.146
Bicarbonato de sodio	0.26%	0.099
Sal	0.17%	0.066

Lisina	1.00%	0.382
Metionina	0.35%	0.132
Treonina	0.05%	0.020
Total	100.00%	38.19

*Nota.* Formulación del balanceado inicial, mayoritariamente compuesto por maíz y harina de soya. En esta etapa es en la que los pollos requieren de mayor cantidad de proteína (23% de la composición del balanceado).

El balanceado de crecimiento, cuyas materias primas se encuentran detalladas en la Tabla 12, posee una mayor cantidad de maíz que los balanceados usados en fases fenológicas anteriores. La proporción de proteína, en forma de harina de soya únicamente, disminuyó en comparación los balanceados anteriores, ya que en esta etapa los pollos requieren un máximo del 21,5% de proteína en su dieta. Es decir, este balanceado aportará más grasa a los pollos, aunque menos que el balanceado de retiro, cuyas materias primas se encuentran detalladas en la Tabla 12. Este balanceado usó en mayor cantidad el maíz que el balanceado de crecimiento (74.53% comparado con el 70.43%) y menor proporción de soya (20.66% comparado con el 21.58%).

**Tabla 12**

*Materias primas usadas para la producción de balanceado de crecimiento en un galpón*

<b>Materia prima</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Consumo por galpón (ton)</b>
Maíz	70.43%	49.757
Harina de soya	21.58%	15.250
Harina de pescado	2.04%	1.440
Carbonato de calcio	1.00%	0.707
Harina de vísceras y hueso	3.00%	2.120
Bicarbonato de sodio	0.18%	0.130
Sal	0.17%	0.119
Lisina	1.00%	0.707
Metionina	0.42%	0.295
Treonina	0.18%	0.129

Total	100.00%	70.652
-------	---------	--------

*Nota.* Se utiliza maíz y harina de soya en mayor proporción, el concentrado de soya no está dentro de las materias primas para este tipo de balanceado.

**Tabla 13**

*Materias primas usadas para la producción de balanceado de retiro en un galpón*

<b>Materia prima</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Consumo por galpón (ton)</b>
Maíz	74.53%	25.617
Harina de soya	20.66%	7.101
Carbonato de calcio	1.00%	0.344
Harina de vísceras y hueso	1.87%	0.644
Bicarbonato de sodio	0.28%	0.097
Sal	0.21%	0.074
Lisina	1.00%	0.344
Metionina	0.35%	0.119
Treonina	0.09%	0.032
Total	100.00%	34.371

*Nota.* Se utiliza maíz en mayor proporción en comparación a las otras etapas de crecimiento ya que los requerimientos de proteína son inferiores.

### **3.2.4 Energía eléctrica**

La empresa eléctrica proporciona electricidad a la avícola mediante líneas de media tensión, con 13800 V, sin embargo, la empresa posee transformadores para transformar esta energía eléctrica a baja tensión. Por lo tanto, los equipos de la empresa operan a 440 V, 60 Hz trifásico.

De acuerdo con la fórmula propuesta en el Capítulo 2, se obtuvo que el consumo en las oficinas y en el proceso de elaboración de balanceado es la mostrada en la Tabla 14, con un consumo de energía eléctrica del 1% en oficinas y el 99% en el proceso de elaboración de balanceado. Además, hubo un consumo de energía eléctrica en el uso de motores para el

transporte de balanceado hacia los comedores, pero este resultó ser de un 1% del consumo de energía eléctrica total. Solo se tomaron en cuenta los procesos con al menos un 2% de aporte al total de energía eléctrica.

**Tabla 14.**

*Consumo de energía eléctrica en Planta I y II*

	<b>Planta I (kWh/mes)</b>	<b>Planta II (kWh/mes)</b>
Consumo de energía eléctrica total	83,842.75	131,530.00
Consumo de energía eléctrica en las oficinas	838.43	1,315.30
Consumo de energía eléctrica del proceso de elaboración de balanceado	83,004.32	130,214.70

Con esta información, se procedió a realizar el cálculo para la obtención del consumo de energía eléctrica usada en la fabricación de cada tipo de balanceado para la producción de pollos de forma mensual y por galpón, lo cual se encuentra en la Tabla 15.

**Tabla 15.**

*Consumo de energía eléctrica por cada tipo de balanceado de pollos de engorde*

<b>Tipo de balanceado</b>	<b>Consumo de energía eléctrica para la producción mensual (kWh/mes)</b>	<b>Consumo de energía eléctrica para la producción del balanceado requerido para 1 galpón (kWh/galpón)</b>
Pre-Inicial	11,291.64	7.638
Inicial	54,651.54	38.19
Crecimiento	73,649.43	70.6515
Retiro	56,565.27	34.371
Total	196,157.88	1,574.70

### 3.2.5 Consumo de agua

El consumo de agua de la Planta I está entre 10 y 15 m<sup>3</sup> por día y el de la Planta II, entre 25 y 30 m<sup>3</sup> por día. La Tabla 6 detalla el consumo de agua mensual para la producción de cada tipo de balanceado, así como el consumo de agua específico para la producción del balanceado necesario para abastecer a un galpón durante todo el ciclo de vida de los pollos. Los valores destacan las diferencias en el consumo de agua para la producción de cada tipo de balanceado, proporcionando información crucial para comprender los recursos en el proceso de fabricación de balanceado en la fábrica.

**Tabla 16.**

*Consumo de agua por cada tipo de balanceado por galpón*

<b>Tipo de balanceado</b>	<b>Consumo de agua para la producción mensual (m<sup>3</sup> de agua/mes)</b>	<b>Consumo de agua para la producción del balanceado requerido para 1 galpón (m<sup>3</sup> de agua/galpón)</b>
Pre-Inicial	53.26	0.48
Inicial	257.77	2.39
Crecimiento	442.86	3.91
Retiro	340.14	1.90
Total	1,094.03	8.68

### 3.2.6 Consumo de gas licuado petróleo, diésel y biogás

**Planta I.** El consumo de GLP para la caldera encontrada en la Planta I fue de 19,785 kg. Empleando las relaciones matemáticas establecidas en la metodología, se encontró el consumo de GLP para la producción mensual de balanceado pre-inicial y el inicial, además del GLP usado para la producción de la cantidad necesaria de estos 2 balanceados para abastecer 1 ciclo de producción en 1 galpón. Esta información se encuentra en la Tabla 17.

**Tabla 17***Consumo de GLP por balanceado pre-inicial e inicial por galpón*

<b>Tipo de balanceado</b>	<b>Consumo de GLP para la producción mensual (kg de GLP/mes)</b>	<b>Consumo de GLP para la producción del balanceado requerido para 1 galpón (kg de GLP/galpón)</b>
Pre-Inicial	2,691.49	24.19
Inicial	13,026.80	120.93

**Planta II.** Para la Planta II, una caldera consumió 26,380 kg de GLP. La segunda caldera, que funcionó de forma mixta, con diésel y con biogás, consumió 2786,09 galones de diésel (con densidad 832 kg/m<sup>3</sup>) y 64914.2 m<sup>3</sup> de biogás. Hay que tener en cuenta que la caldera que usó GLP estuvo encendida por 468 horas mensuales, mientras que la segunda caldera usó durante 391 horas diésel y 94.5 horas biogás. Los resultados del consumo de cada tipo de combustible para la producción mensual del balanceado de engorde y de retiro, además del consumo de combustible para la producción del balanceado requerido por 1 galpón se encuentran en la Tabla 18, 19 y 20.

**Tabla 18.***Consumo de GLP por balanceado de engorde y de retiro por galpón*

<b>Tipo de balanceado</b>	<b>Consumo de GLP para la producción mensual (kg de GLP/mes)</b>	<b>Consumo de GLP para la producción del balanceado requerido para 1 galpón (kg de GLP/galpón)</b>
Engorde	14,920.53	131.64
Retiro	11,459.47	64.04

**Tabla 19***Consumo de diésel por balanceado de engorde y de retiro por galpón*

<b>Tipo de balanceado</b>	<b>Consumo de diésel para la producción mensual (gal de diésel/mes)</b>	<b>Consumo de diésel para la producción del balanceado requerido para 1 galpón (gal de diésel/galpón)</b>
Engorde	1,575.81	13.90

Retiro	1,210.28	6.76
--------	----------	------

**Tabla 20**

*Consumo de biogás por balanceado de engorde y de retiro por galpón*

<b>Tipo de balanceado</b>	<b>Consumo de biogás para la producción mensual (m<sup>3</sup> de biogás/mes)</b>	<b>Consumo de biogás para la producción del balanceado requerido para 1 galpón (m<sup>3</sup> de biogás/galpón)</b>
Engorde	3910.67	34.50
Retiro	3003.53	16.79

### 3.2.7 Transporte

Se calculó las toneladas kilómetro de las materias prima considerando el lugar de origen, las toneladas necesarias para la producción de balanceado según la unidad funcional y los kilómetros recorridos tal como se detalla en la Tabla 21 a continuación:

**Tabla 21**

*Toneladas kilómetro del transporte de la materia prima*

<b>Ingrediente</b>	<b>Lugar de origen</b>	<b>Ton</b>	<b>Km</b>	<b>TKm</b>
Maíz	Mocache	105,96321	142	15046,7759
Soya	Santa Cruz	33,6577603	3846	129447,746
Harina de pescado	Manta	2,90063368	138	400,287448
Minerales	Isidro Ayora	2,19939102	3,4	7,47792948
Aminoácidos	Araucária	2,21992745	5891	13077,5926

Es importante destacar que se dividió el transporte por materia prima y por tipo de balanceado al momento de crear cada ensamblaje tal como se detalla en el Apéndice C.

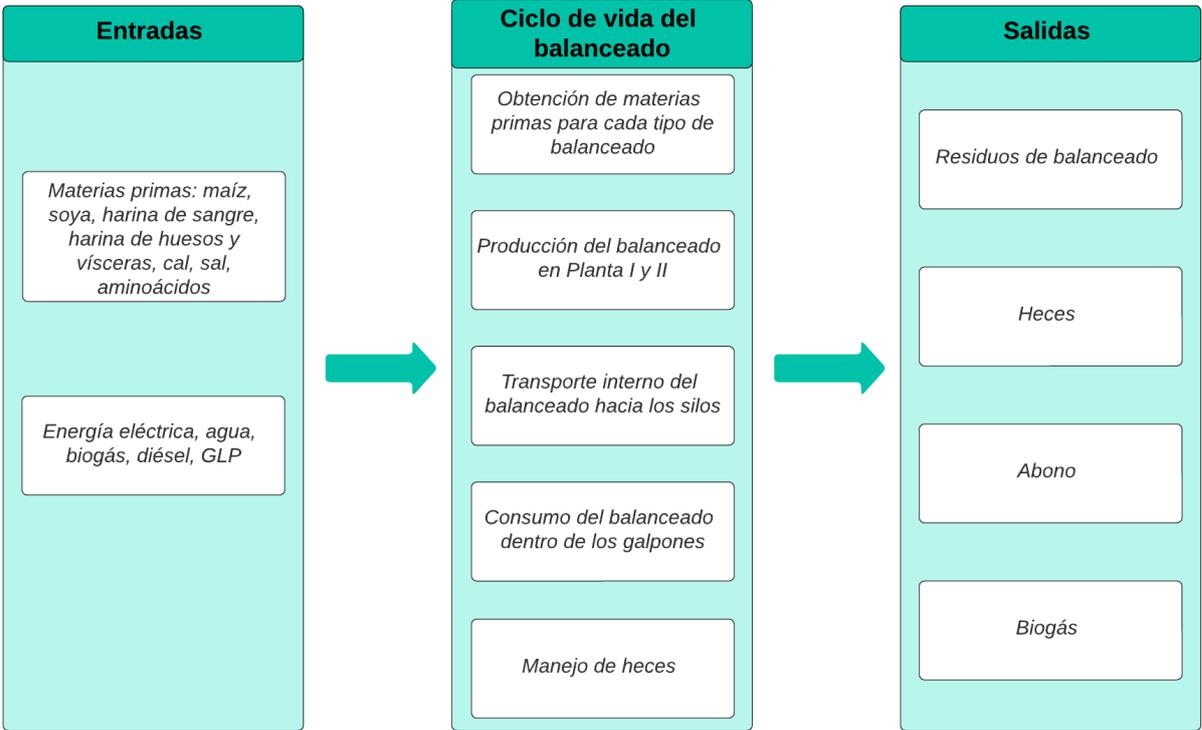
### 3.3 Entradas y salidas del proceso

A partir del inventario elaborado, se clasificaron los datos en entradas y salidas del proceso, previo a su evaluación en el software SimaPro. Asimismo, algunas de estas fueron

cuantificadas, como se detalla en la sección anterior. Las entradas del proceso empleadas a lo largo del ciclo de vida del balanceado están compuestas por las materias primas y las fuentes de energía empleadas, tales como electricidad, diésel, gas licuado petróleo (GLP) y biogás, como se ilustra en la Figura 12.

En cuanto a las salidas, estas abarcaron las emisiones atmosféricas generadas durante el proceso, así como las heces resultantes de la producción de pollos. Considerando el escenario de disposición mencionado en el capítulo 2, las heces son utilizadas de dos formas; para la producción de biogas (el cual se vuelve a incorporar al sistema de estudio) y para la producción de fertilizantes orgánicos utilizados en los terrenos agrícolas que posee la empresa (estos se encuentran fuera de los límites del sistema por lo que son considerados como residuos).

**Figura 13**  
*Entradas y salidas de la elaboración de balanceado*



Una vez identificadas y cuantificadas las entradas y salidas del proceso de producción de balanceado, se procedió a modelar el ciclo de vida en SimaPro. Para ello, se crearon los ensamblajes que componen el montaje (*assembly*) del ciclo de vida, que en el caso de este estudio son: Balanceado pre-inicial, balanceado inicial, balanceado de crecimiento y balanceado de retiro. Además, se creó otro ensamblaje llamado “Plantas de producción de balanceado” que está compuesto por los últimos cuatro elementos mencionados. Utilizando los datos previamente obtenidos, se crearon los mencionados ensamblajes en SimaPro (Véase en Apéndice D) siguiendo la estructura de la Tabla 22 que se encuentra a continuación:

**Tabla 22**

*Estructura de los ensamblajes*

Nombre del ensamblaje
Materiales o ensamblajes que componen a este ensamblaje
Procesos involucrados en este ensamblaje

*Nota:* se introdujeron los datos en el orden que indica esta tabla para crear los ensamblajes en SimaPro.

### 3.4 Modelo del ciclo de vida

Para modelar el ciclo de vida de la producción de balanceado se requirió utilizar el ensamblaje “Planta de producción”, incorporar el proceso de transporte del balanceado desde los silos de las plantas de producción hasta los silos de las granjas de pollos y un escenario de desecho tal como se ve en la Figura 15. El proceso que se siguió se lo puede observar en el Apéndice D.

**Figura 14**

*Modelo de ciclo de vida de la producción de balanceado*

Input/output		Parameters					
Name		Status	None				
Balanceado consumido por galpón en 1 ciclo							
Assembly	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Plantas de producción de balanceado	1	p	Undefined				
Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 (RoW) market for tran	1510	tkm	Undefined				
Add							
Waste/Disposal scenario							Comment
Disposal of balanceado							
Additional life cycles	Number	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Add							

### 3.5 Impactos ambientales

Las ocho categorías de impacto ambiental se encuentran en la Tabla 23. Cada categoría de impacto estudiada fue caracterizada, por lo que se los cuantificó en sus respectivas unidades a partir de la multiplicación de los datos que influyen en la generación de impactos por su factor de caracterización correspondiente. Por ejemplo, el cambio climático se expresó en kilogramos de dióxido de carbono equivalente (kg CO<sub>2</sub> eq), mientras que el agotamiento de recursos fósiles se midió en kilogramos de equivalente de petróleo (kg oil eq). Estos valores reflejan el impacto ambiental total en términos cuantitativos, proporcionando una estimación de los diversos impactos ambientales asociados con el ciclo de vida del balanceado. Cabe destacar que estos valores no son comparables entre sí al estar en diferentes unidades.

**Tabla 23**

*Resultados de los impactos ambientales clasificados en categorías de impacto*

Categoría de impacto	Valor	Unidad
Cambio climático	337,744.4	kg CO <sub>2</sub> eq
Acidificación terrestre	3,174.94	kg SO <sub>2</sub> eq
Eutrofización del agua dulce	36.53	kg P eq
Eutrofización marina	228.97	kg N eq
Uso de suelo	386,114.9	m <sup>2</sup> a cultivo eq
Agotamiento de recursos minerales	324.36	kg Cu eq
Agotamiento de recursos fósiles	23,118.07	kg oil eq
Consumo de agua	32,160.48	m <sup>3</sup>

*Nota.* Estos valores fueron obtenidos en la etapa de caracterización, por lo que cada tipo de impacto tiene su respectiva unidad.

Para comparar las categorías e identificar los impactos ambientales más significativos del proceso de producción de balanceado, se realizó la normalización de los datos. Para ello, el software multiplicó los datos por distintos factores de normalización (acorde al conjunto de normalización World Recipe H) según las categorías de impacto a las que pertenecen para obtener un resultado sin unidad. Posterior a la normalización con la metodología ReCiPe midpoint se encontró que el ciclo de vida del balanceado produce un mayor impacto en la categoría de consumo de agua, con un valor de 120.60, seguida de la acidificación terrestre con 77.47, uso de suelo con 62.55, eutrofización de agua dulce con 56.25, eutrofización marina con 49.69, cambio climático con 42.22, agotamiento de recursos fósiles con 23.58 y finalmente, agotamiento de recursos minerales con 0.0027. A continuación, en la Tabla 24 se detallan los impactos generados por cada etapa del ciclo de vida del balanceado.

<b>Categoría de impacto</b>	<b>Factor Norm.</b>	<b>Plantas de producción de balanceado</b>	<b>Transportes</b>	<b>Manejo de heces</b>	<b>Total</b>
Cambio climático	0,000125	41,71934281	0,102597565	0,396105703	42,22
Acidificación terrestre	0,0244	76,12199249	0,076663748	1,269893314	77,47
Eutrofización del agua dulce	1,54	55,01100157	0,098423417	1,141727927	56,25
Eutrofización marina	0,217	48,78678201	0,001115247	0,899340239	49,69
Uso de suelo	0,000162	62,21470075	0,005466526	0,330451739	62,55
Agotamiento de recursos minerales	0,00000833	0,002642037	1,23577E-05	4,75171E-05	0,0027
Agotamiento de recursos fósiles	0,00102	22,80898116	0,292515687	0,478933257	23,58
Consumo de agua	0,00375	119,7414774	0,008550979	0,851764757	120,60

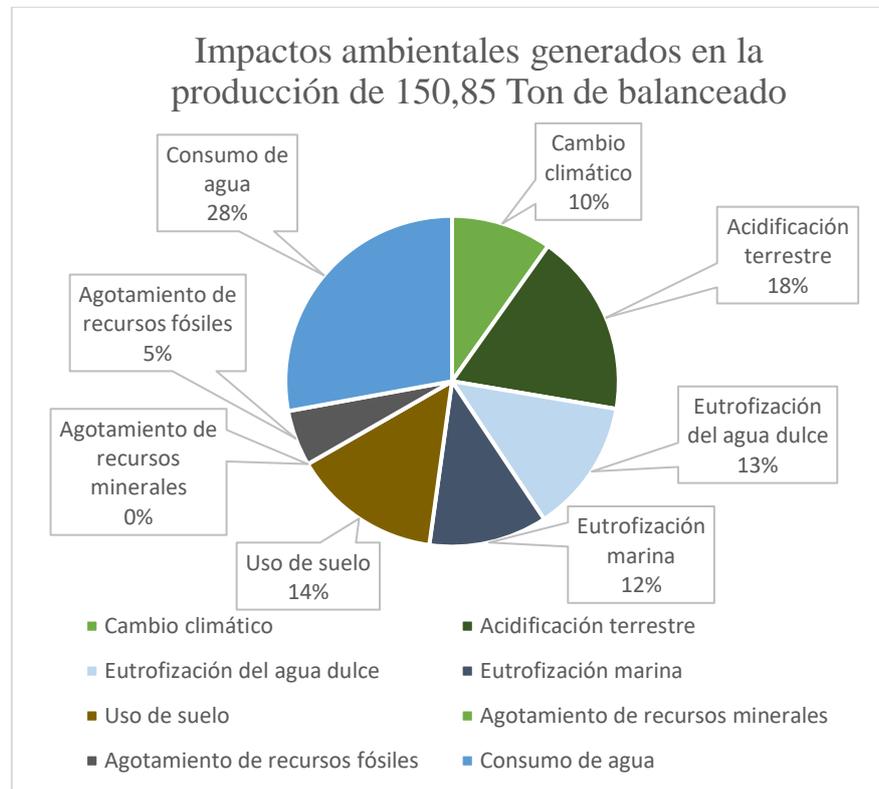
*Nota:* Los valores obtenidos en la etapa de caracterización fueron multiplicados por el factor de normalización correspondiente según el tipo de impacto ambiental

La comparación de estos resultados es mostrada en la Figura 16. Para entender mejor estos resultados, se realizó un análisis de cada una de estas categorías, a excepción del

calentamiento global ya que este corresponde a la huella de carbono que será analizado a mayor profundidad en el apartado 3.5.8.

**Figura 15**

*Comparación de categorías de impacto ambiental*



### **3.5.1 Acidificación terrestre**

La deposición atmosférica de sustancias inorgánicas, como sulfatos, nitratos y fosfatos, provoca un cambio en la acidez del suelo. Esta modificación en los niveles de acidez alterará la presencia de especies vegetales, teniendo consecuencias perjudiciales para los ecosistemas y su calidad. Así mismo, puede resultar en un aumento de la concentración de aluminio en el suelo, lo que no solo puede afectar a las especies nativas, sino también a cultivos agrícolas por problemas de fitotoxicidad.

En la Tabla 25, se puede apreciar las 5 sustancias acidificantes mayormente producidas durante el ciclo de vida del balanceado. Entre estas, están el amoníaco, el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, el dióxido de nitrógeno y óxidos de azufre.

**Tabla 24***Sustancias producidas durante el ciclo de vida del balanceado que produjeron acidificación*

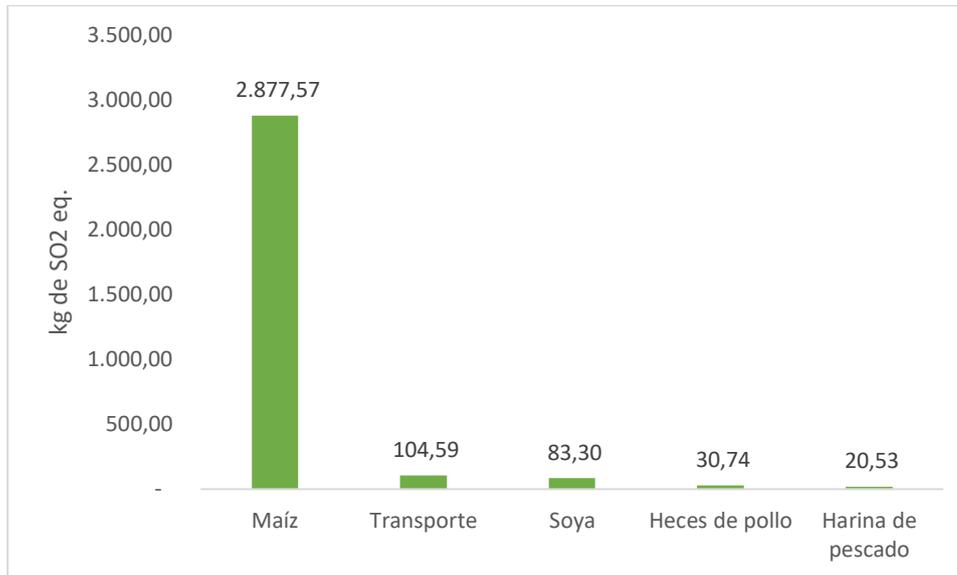
<b>Sustancia</b>	<b>Total (SO<sub>2</sub> eq.)</b>
Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	2,832.26
Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	169.33
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	168.04
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	2.56
Óxidos de azufre (SO <sub>x</sub> )	2.39

En la Figura 17, se pueden apreciar los procesos que generan una mayor cantidad de sustancias acidificantes a lo largo del ciclo de vida del balanceado. El proceso que más contribuyó en este tipo de impacto es el cultivo de maíz, principalmente por la aplicación de fertilizantes nitrogenados, como urea o nitrato de amonio, estos pueden dar lugar a la emisión de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y amoniaco en la atmósfera durante el proceso de aplicación y posterior transformación en el suelo. Los óxidos de nitrógeno pueden contribuir a la acidificación cuando reaccionan con el agua y forman ácido nítrico. La gestión de los desechos animales, especialmente el estiércol, puede liberar amoníaco a la atmósfera en su proceso de descomposición. El amoníaco puede ser transportado a distancias considerables antes de depositarse en el suelo, contribuyendo a la acidificación local.

La quema de residuos agrícolas, como rastrojos o restos de cultivos, puede liberar óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y óxidos de nitrógeno a la atmósfera, que posteriormente pueden contribuir a la acidificación. El dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno provienen principalmente de la quema de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo, así como de procesos industriales. Esto se lo ve reflejado en los procesos de transporte. Cuando se emiten a la atmósfera, pueden convertirse en ácidos al reaccionar con el agua. Por último, la harina de pescado implica la cocción y deshidratación de pescado fresco. Durante este proceso, se pueden liberar gases como dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) o compuestos nitrogenados.

**Figura 16**

*Principales agentes acidificantes*



### **3.5.2 Eutrofización de agua dulce**

La eutrofización de agua dulce se origina por el vertido de nutrientes en el suelo o en cuerpos de agua dulce, con el consiguiente aumento de los niveles de fósforo y nitrógeno. Los impactos ambientales asociados a la eutrofización de agua dulce son numerosos y siguen una secuencia de impactos ecológicos. El aumento de las emisiones de nutrientes en agua dulce favorece la captación de nutrientes por parte de organismos autótrofos como cianobacterias y algas, así como especies heterótrofas, como peces e invertebrados. Esto conduce, en última instancia, a una pérdida relativa de especies. En la Tabla 24, se pueden apreciar las principales sustancias emitidas durante el ciclo de vida del balanceado, destacando entre ellas el fosfato y fósforo que son liberados directamente en cuerpos de agua. Por otro lado, el fósforo y fosfato relacionados con la liberación de las sustancias en el suelo pueden contribuir al exceso de nutrientes transferidos hacia los cuerpos de agua a través del escurrimiento superficial. Una vez en el agua, los fosfatos pueden estimular el crecimiento de algas y plantas acuáticas, desencadenando procesos de eutrofización.

**Tabla 24**

*Sustancias producidas que causan eutrofización*

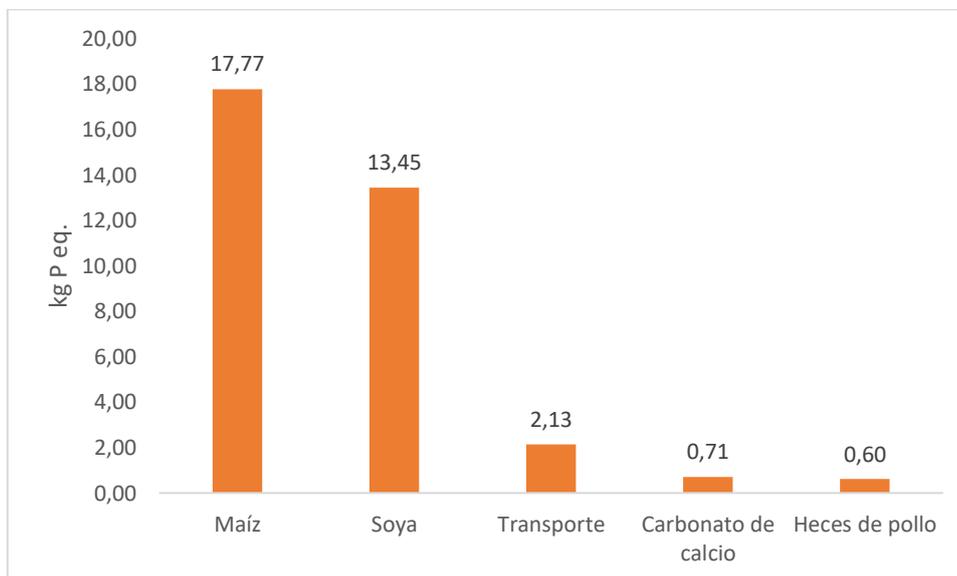
Sustancia	Valor (kg P eq.)
Fosfato, agua	19.87
Fósforo, agua	16.65
Otras sustancias	0.005

*Nota:* Estos valores pertenecen al inventario de la EICV con la metodología de ReCiPe midpoint.

Los procesos responsables de la eutrofización se detallan en la Figura 18. Nuevamente, los cultivos agrícolas fueron los culpables del impacto ambiental por la utilización de fertilizantes ricos en nitrógeno y fósforo, como la urea y DAP. Estos nutrientes se transportan hacia ríos y lagos a través de la escorrentía, promoviendo el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas. El transporte, especialmente si implica vehículos que utilizan combustibles fósiles, podría generar emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx). Estas emisiones, al entrar en contacto con el agua en la atmósfera, pueden contribuir a la deposición de nutrientes en cuerpos de agua. Si el manejo de las heces de animales no se realiza adecuadamente, los nutrientes presentes en las heces (principalmente nitrógeno y fósforo) pueden contaminar el suelo y el agua. En general, el carbonato de calcio no es un agente directo de la eutrofización, pero se pueden considerar los impactos ambientales asociados con su extracción y procesamiento.

### Figura 17

*Procesos causantes de la eutrofización*



### 3.5.3 Eutrofización marina

La eutrofización marina es la respuesta del ecosistema marino a un aumento en la disponibilidad de un nutriente limitante en la zona eufótica de las aguas marinas. El concepto de 'nutriente limitante' sugiere que es la disponibilidad del nutriente limitante la que determina la magnitud de la producción primaria en el ecosistema. En la metodología ReCiPe, se asume que el nitrógeno es el nutriente limitante en las aguas marinas. En la Tabla 25 se encuentran las principales sustancias que causaron eutrofización marina dentro de este sistema, siendo el principal y más importante, el nitrato.

**Tabla 25**

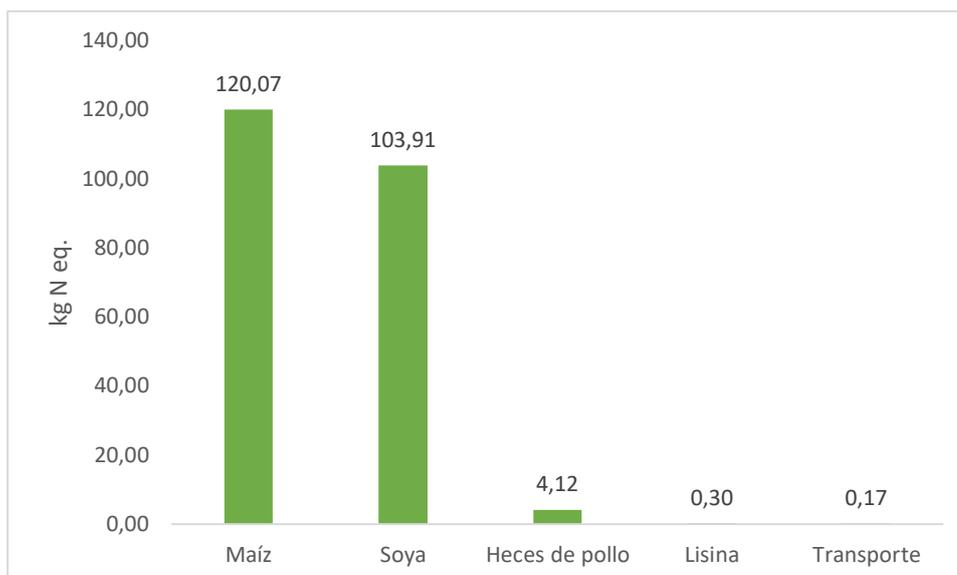
*Sustancias producidas que causaron eutrofización marina*

Sustancia	Valor (kg N eq.)
Nitrato	228.48
Otras sustancias	0.49

En este caso, el nitrato fue la sustancia con mayor aporte a la eutrofización. Esto se atribuyó al uso de fertilizantes nitrogenados en los cultivos de maíz y soya como se observa en la Figura 19, tales como nitrato de amonio, nitrato de potasio, entre otros, que posibilitan la liberación de nitrato al suelo. En situaciones donde se produjo la escorrentía superficial o lixiviación, el nitrato pudo llegar a cuerpos de agua cercanos, contribuyendo al enriquecimiento de nutrientes en estas aguas.

**Figura 18**

*Componentes causantes de la eutrofización marina*



### 3.5.4 *Uso de suelo*

Esta categoría abarcó el impacto directo y local del uso del suelo en las especies terrestres a través del cambio en la cobertura del suelo y el uso real del nuevo suelo. La modificación del uso de la cobertura del suelo afecta directamente al hábitat original, repercutiendo a la composición original de especies. Es importante considerar que el propio uso del suelo descalifica adicionalmente el suelo como un hábitat adecuado para muchas especies. En la Tabla 26, se detallan los componentes que contribuyeron al uso del suelo en el proceso de producción de balanceado. Se observó que la ocupación por la implementación de cultivos de ciclo corto de forma intensiva, con o sin riego, así como la transformación de bosques para su uso en la agricultura u otras áreas fueron los componentes que más contribuyeron en este tipo de impacto.

**Tabla 25**

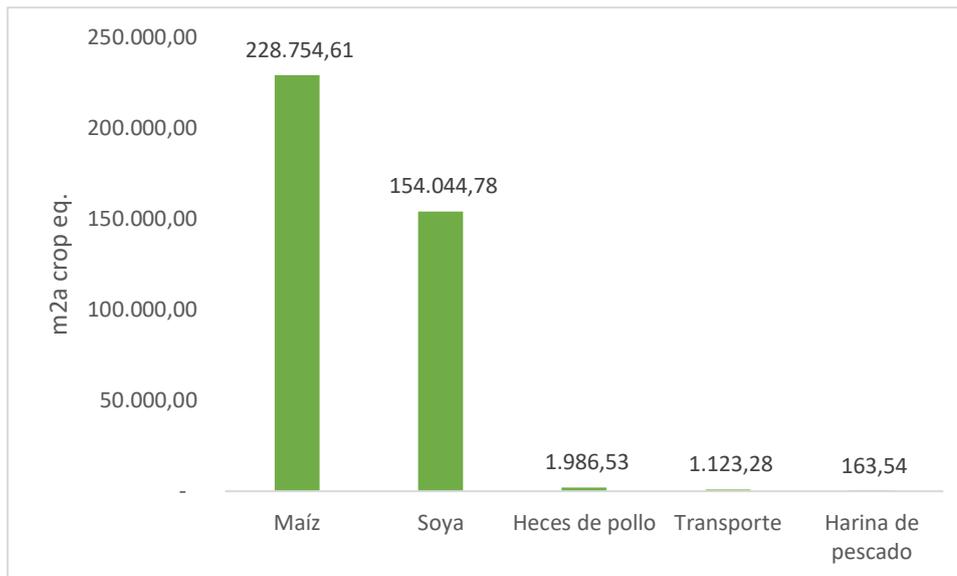
*Componentes que constituyeron la categoría de uso del suelo*

Componentes del uso del suelo	Valor (m <sup>2</sup> a cultivo eq.)
Ocupación, cultivos anuales	149,097.80
Transformación de bosques primarios, usos no relacionados	82,073.98
Transformación de bosques secundarios, usos no relacionados	79,677.63
Ocupación, cultivo anual intensiva sin irrigación	70,725.34

Los principales procesos que contribuyen al uso de suelo fueron la soya y el maíz debido a que suponen el uso de cultivos de forma intensiva para la producción de los granos y los subproductos. Esto es detallado en la Figura 20. El transporte de materias primas y productos terminados pudo tener un impacto significativo en el uso del suelo, debido a las carreteras utilizadas para el transporte de materia prima. En cuanto al manejo de heces, pudo estar relacionado con el proceso industrial necesitado, en el que se genera la ocupación de un espacio para este.

**Figura 19**

*Componentes del uso del suelo*



### 3.5.5 Agotamiento de fuentes minerales

Esta categoría, comparada con las demás analizadas en este estudio, no fue tan impactante en el medioambiente, tal como se observó anteriormente. Las fuentes minerales más usadas durante el proceso descrito se encuentran en la Tabla 27.

**Tabla 26**

*Minerales mayormente utilizados a lo largo del ciclo de vida*

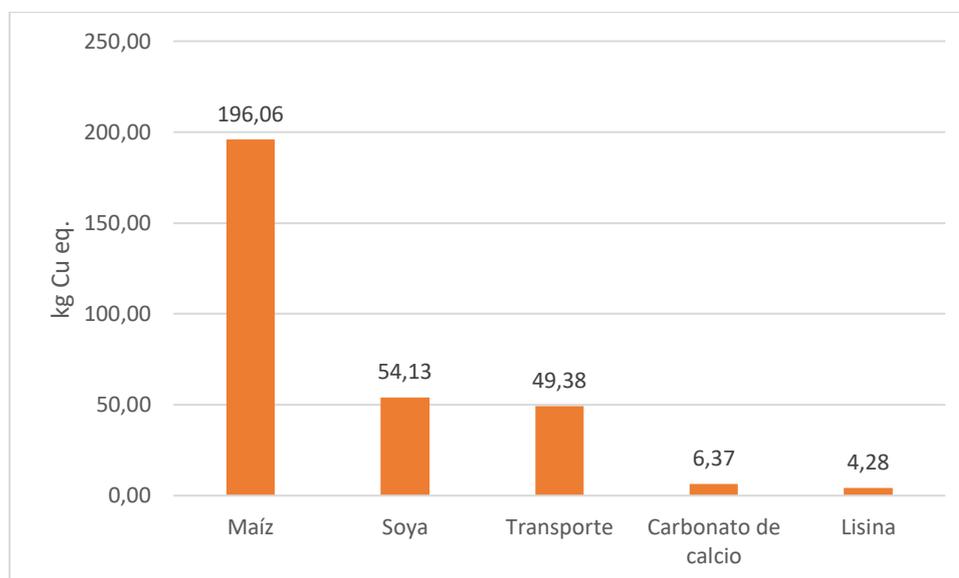
Mineral	Valor (kg Cu eq.)
---------	-------------------

Hierro	104.48
Fósforo	50.31
Niquel, 1.98% en silicatos, 1.04% in mineral crudo	48.72
Fósforo, 18% en apatito, 4% in mineral crudo	23.1
Platino	10.23

Los principales procesos contribuyentes a la escasez de recursos minerales se encuentran en la Figura 21. Una vez más, los fertilizantes y otros insumos agrícolas necesitados en la producción de maíz y soya fueron los más impactantes, ya que contienen minerales como fósforo, nitrógeno y potasio. La extracción y procesamiento de estos minerales pueden contribuir al impacto en la categoría de escasez de recursos minerales. El transporte de materias primas estuvo vinculado a la extracción de minerales como el petróleo.

**Figura 20**

*Componentes que aportaron a la escasez de recursos minerales*



### 3.5.6 Agotamiento de fuentes fósiles

La Tabla 28 presenta los valores asociados con la categoría de impacto de agotamiento de recursos fósiles, expresados en kilogramos equivalentes de petróleo (kg oil eq.) para diferentes tipos de recursos fósiles. Estos valores representaron la cantidad equivalente de petróleo necesario para caracterizar y cuantificar el impacto de la extracción y uso de cada tipo de recurso fósil en términos de agotamiento de recursos fósiles. Es decir, la magnitud del impacto relativo de cada recurso en la categoría de agotamiento de recursos fósiles, siendo el petróleo crudo el recurso con el valor más alto en esta métrica.

**Tabla 27**

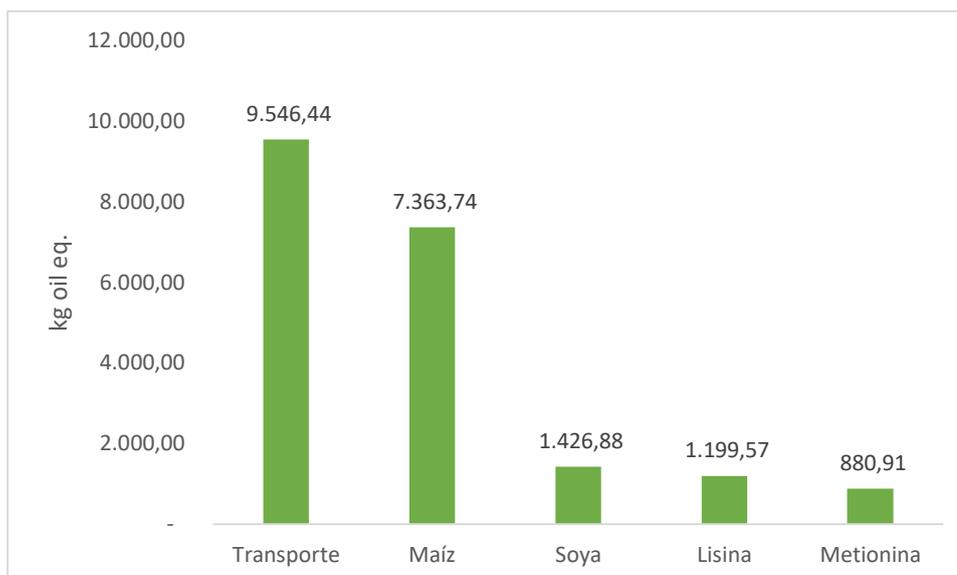
*Recursos fósiles más usados durante el proceso*

<b>Recursos fósiles</b>	<b>Valor (kg oil eq.)</b>
Petróleo crudo	14,489.99
Gas natural	3207.73
Carbón, duro	2697.45
Energía del gas	1492.03
Carbón, marrón	474.68

La contribución más significativa provino del del transporte, tanto de materias primas como el interno, tal como lo muestra la Figura 22, debido al uso de diésel para el movimiento y logística. En segundo lugar, estuvo el uso de maíz, lo cual podría deberse a la intensidad en el uso de energía en la producción, maquinaria utilizada para la preparación del suelo y las labores agrícolas, las cosechadoras y el transporte del maíz. La soya tuvo un impacto significativo en el agotamiento de recursos fósiles debido a su producción intensiva del cultivo. El uso de recursos fósiles asociado a la lisina y la metionina pudo estar relacionado con su producción y procesamiento.

**Figura 21**

*Componentes contribuyentes al agotamiento de recursos fósiles*



### 3.5.7 Consumo de agua

En la Tabla 29 se detallan las sustancias que a lo largo del ciclo de vida del balanceado que más aportan al consumo de agua total, el cual está expresado en metros cúbicos. Es importante recalcar que el proceso que más aporta la producción de electricidad en hidroeléctricas ya que es la fuente principal de este tipo de energía en Ecuador.

**Tabla 28**

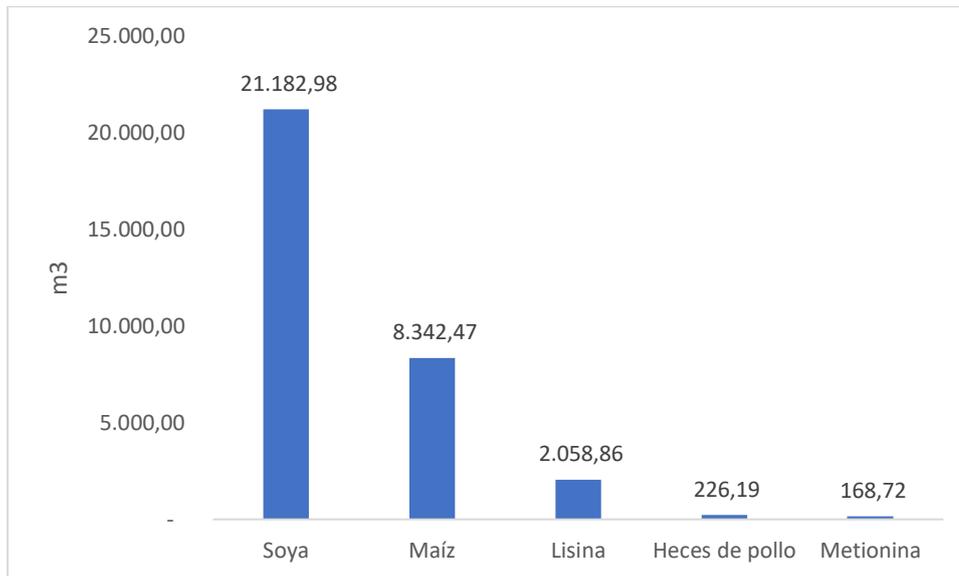
*Procesos involucrados en el consumo de agua*

<b>Agua, uso de turbinas</b>	<b>100,876.32</b>
Agua de origen natural no especificado	12,344.34
Agua de río	10,216.98
Agua de pozo	6446.39

En la Figura 23 se detallan los procesos que consumen mayor cantidad de agua a lo largo del ciclo de vida del balanceado, siendo el cultivo de soya aquel que más agua consume durante todas sus etapas fenológicas, seguido del cultivo del maíz, que, aunque se produce en secano en la mayoría del país, consume agua de lluvia que no estará disponible para otros usos, además del uso de riego en ciertas partes.

**Figura 22**

*Procesos que más agua consumen*

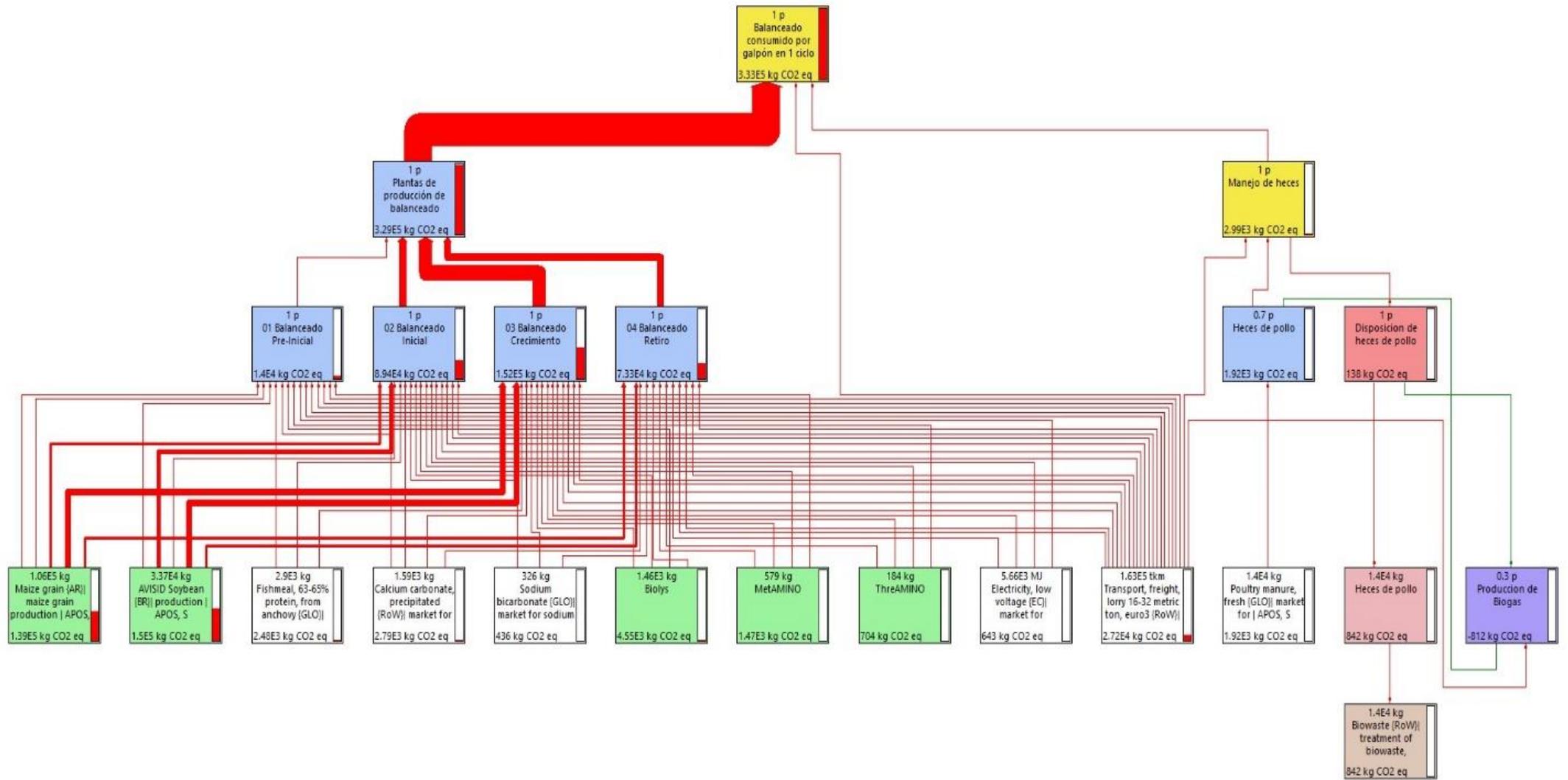


### **3.5.8 Huella de carbono**

En el proceso de obtención de materias primas, producción, transporte, uso y manejo de residuos de 150.85 toneladas de balanceado para la producción de 38,000 aves en un galpón, las emisiones netas de gases de efecto invernadero fueron de 337,744.37 kg de CO<sub>2</sub> equivalente. Esto teniendo en cuenta que el reuso de las heces mediante a la producción de biogás provee de una compensación de carbono de 812 kg de CO<sub>2</sub> equivalente, tal como muestra la Figura 24. Sin este manejo eficiente de las heces, para la producción y reincorporación del biogás en el proceso productivo, la huella de carbono del proceso sería mayor al resultado obtenido.

**Figura 23**

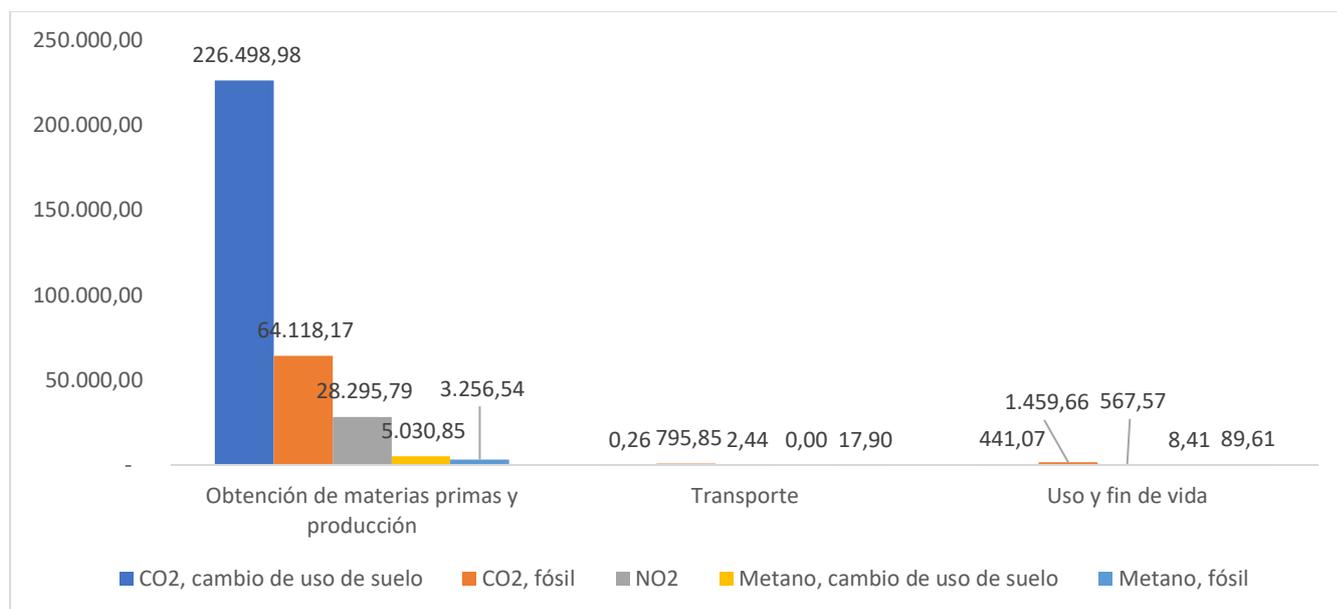
*Huella de carbono del ciclo de vida de 150.86 ton de balanceado*



En relación con las fases del ciclo de vida del balanceado, la Figura 25, al igual que la anterior, reveló que la obtención de materias primas y la producción del balanceado fueron las etapas más significativamente contaminantes en términos de emisiones de gases de efecto invernadero. De esta manera, se podría inferir que los productos agrícolas, incluyendo implementación, manejo y cosecha de maíz y la soya, su transformación en productos (en el caso de la harina de soya y el concentrado de soya), su transporte desde la fuente hasta la planta, junto con el uso de combustibles como GLP y diésel, conformaron los elementos más contaminantes del sistema. La fase de transporte no generó una contaminación considerable debido a las distancias cortas que implicaba llevar los productos desde la fábrica hasta las granjas de la empresa. La etapa de uso y fin de vida provocó la emisión de 441.07 kg de CO<sub>2</sub> debido al cambio del uso del suelo, 1,459.66 kg de CO<sub>2</sub> fósil equivalente, 567.57 kg de CO<sub>2</sub> equivalente del gas NO<sub>2</sub>, 8.41 kg de CO<sub>2</sub> equivalente de metano del cambio del uso del suelo y 89.61 kg de CO<sub>2</sub> equivalente de metano fósil, la emisión de estos gases debido a la descomposición anaeróbica de las heces. En parte, este proceso produjo emisiones de gases de efecto invernadero en signo negativo. Esto se debió al reuso de las heces para la producción de biogás, proporcionando así un nuevo propósito a los residuos y reduciendo en cierta medida el impacto de otros gases.

**Figura 24**

*Emisión de gases de efecto invernadero por etapas del ciclo de vida del balanceado*



La contribución de los principales gases de efecto invernadero emitidos durante el ciclo de vida del balanceado se encuentran en la Figura 23. Entre los principales contribuyentes a la huella de carbono, destacó el CO<sub>2</sub> debido al cambio del uso del suelo, aportando 158,552.17 kg de CO<sub>2</sub> eq. Las posibles fuentes incluyeron la deforestación, la quema de biomasa antes de la conversión del uso del suelo y alteraciones en el uso del suelo, como la roturación para la agricultura. La conversión de bosques y tierras naturales también se asoció con emisiones de CO<sub>2</sub>.

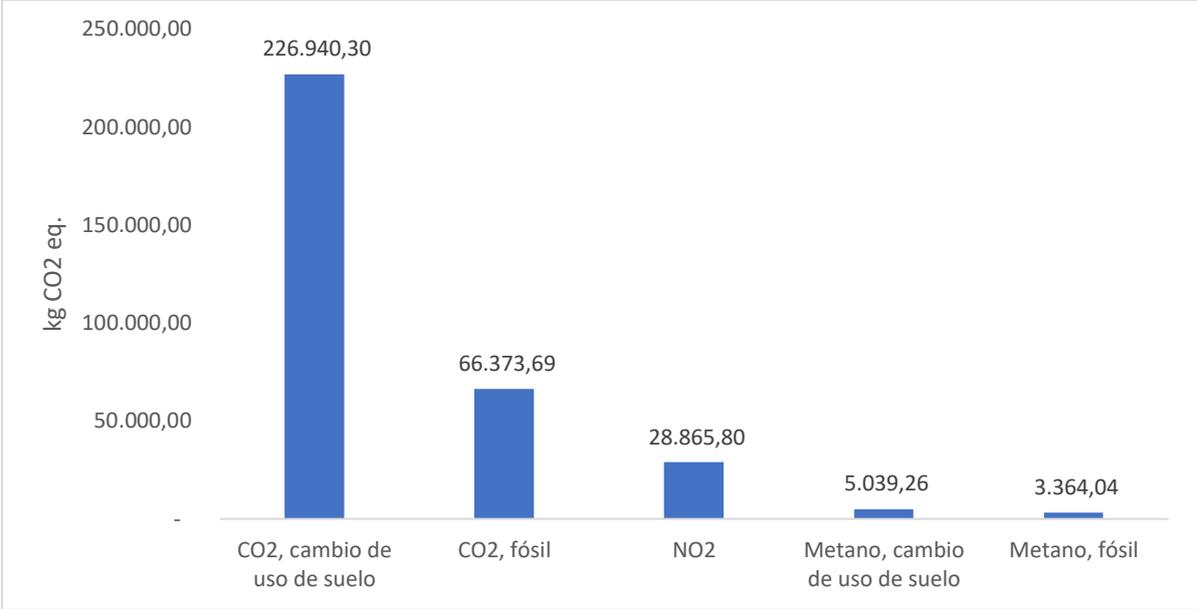
El segundo mayor generador fue el CO<sub>2</sub> de origen no renovable fósil, con una contribución de 47,960.46 kg de CO<sub>2</sub> eq. Esta emisión provino principalmente del cultivo de maíz y la soya, que son las materias primas principales en la composición del balanceado, lo que supone del uso maquinaria agrícola y de transporte que funciona con combustibles fósiles, así como del transporte de materias primas utilizando vehículos con emisiones de CO<sub>2</sub>.

El NO<sub>2</sub> aportó con 20,575.29 kg de CO<sub>2</sub> eq., posiblemente debido al uso de vehículos con combustibles fósiles, aplicación de fertilizantes nitrogenados y gestión de residuos agrícolas, así como la quema de biomasa. En cuanto al metano, metano de origen biogénico, con un aporte de 4,109.25 kg de CO<sub>2</sub> eq., pudo haberse generado durante la producción de biogás en la gestión de

residuos, mientras que el metano fósil contribuyó con 3,521.60 kg de CO<sub>2</sub> eq., probablemente originado en el uso de combustibles como GLP o diésel.

**Figura 25**

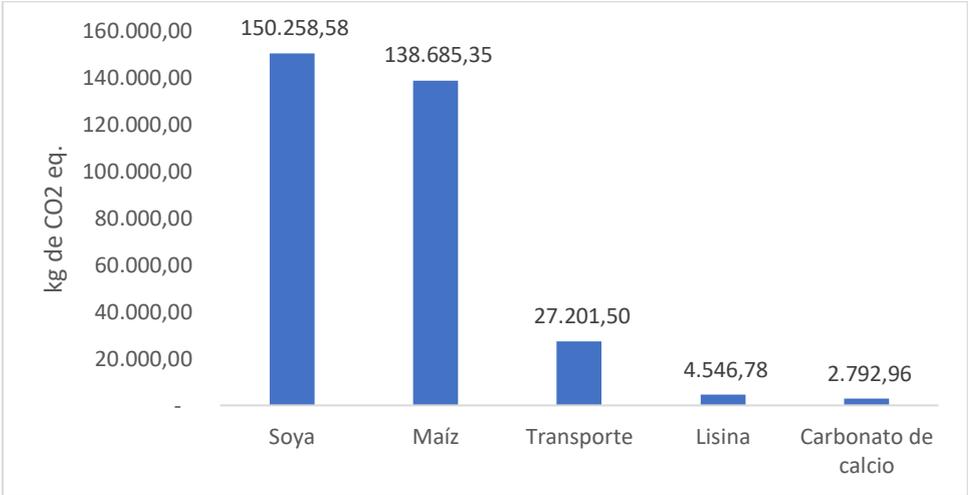
*Principales gases de efecto invernadero emitidos durante el ciclo de vida del balanceado*



En cuanto a los componentes más contaminantes del ciclo de vida del balanceado, están la soya, el maíz, el transporte, la lisina y el carbonato de calcio, tal como se evidencia en la Figura 27.

**Figura 26**

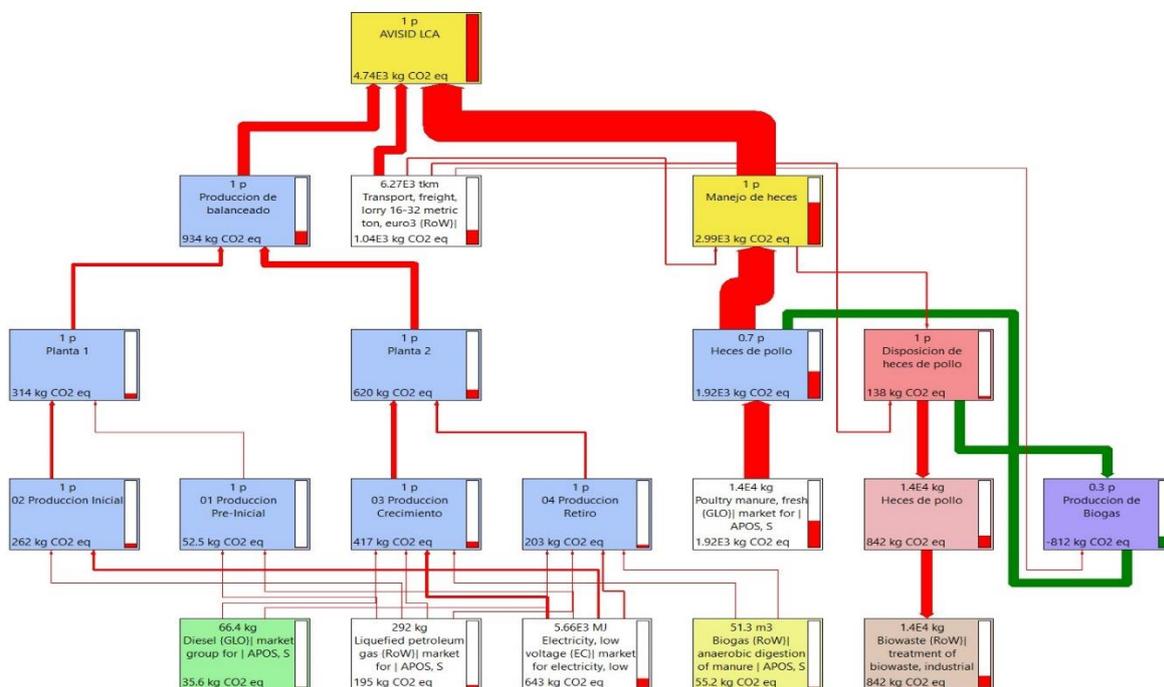
*Principales contribuyentes a la huella de carbono*



Por otro lado, se cuantificó la huella de carbono sin tomar en cuenta las materias primas y su transporte, puesto que esto se relacionó con la formulación y el manejo de los cultivos y producción de los productos no fue realizado por la empresa. Teniendo en cuenta eso, se encontró que el proceso de manejo de heces fue el que mayores emisiones de gases de efecto invernadero produjo, tal como se muestra en la Figura 28. La huella de carbono en este proceso fue reducida en aproximadamente 812 kg de CO<sub>2</sub> equivalente debido al manejo eficiente de las heces para la producción y reincorporación del biogás en el proceso productivo del balanceado. Por lo tanto, se pudo destacar la importancia de este proceso, pues a nivel ambiental, logró compensar en cierta medida, los impactos ambientales generados en el ciclo de vida del balanceado.

**Figura 27**

*Huella de carbono del ciclo de vida, excluyendo las materias primas*



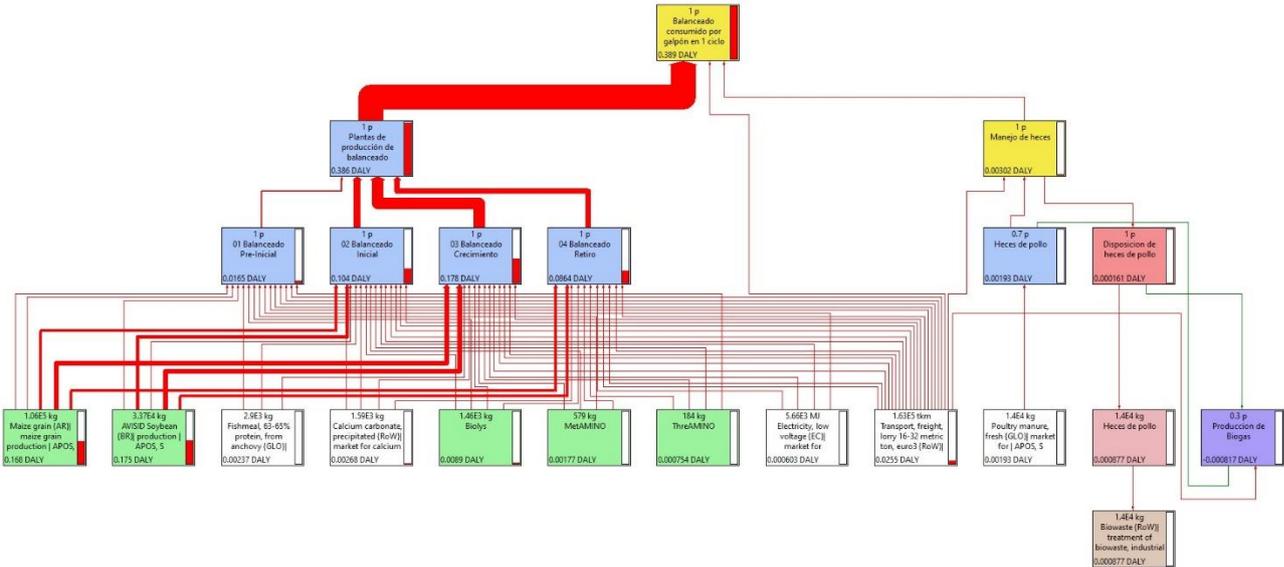
### 3.5.9 Salud humana

Se obtuvo que el ciclo de vida del balanceado utilizado en un galpón durante 50 días fue de 0.38 DALYs, es decir, este proceso involucra la pérdida de 138.7 días de vida saludable. La

empresa posee 250 galpones que se pueden usar alrededor de 5 veces anualmente, por lo que, el ciclo de vida del balanceado anualmente puede causar la pérdida de 475 años de vida saludable.

La mayor parte de esta pérdida fue debido a las fases de obtención de materias primas y producción del balanceado dentro de la fábrica, como se puede observar en la Figura 29.

**Figura 28**  
*Pérdida de años de vida saludables en el ciclo de vida del balanceado*

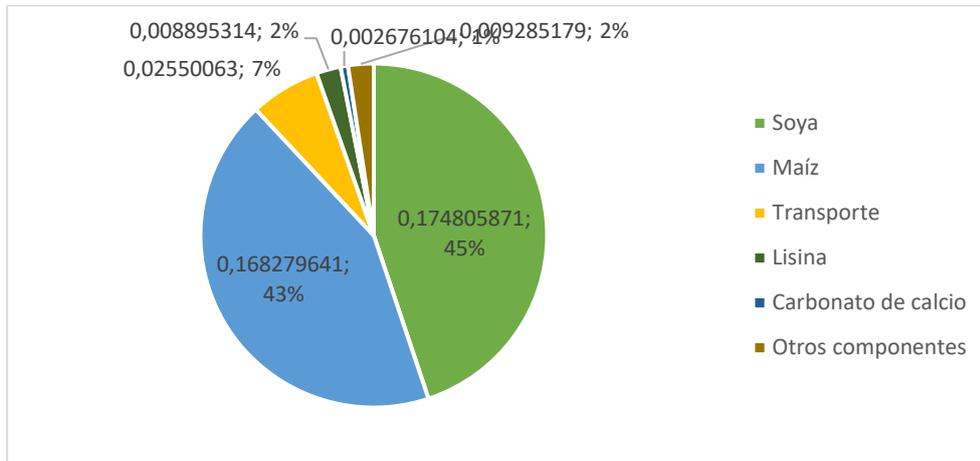


*Nota:* Se muestra el aporte de las fábricas, el transporte y el manejo de las heces en la pérdida de salud humana.

El 80% de los años de vida saludable perdidos fueron ocasionados por el cambio climático, relacionados estrechamente con la emisión de gases de efecto invernadero. Los principales causantes de la pérdida de años de vida saludable fue el uso de materias primas, como la soya (45%), maíz (43%), el transporte (7%), lisina (3%), la lisina con un 2%, carbonato de calcio, con un 1% y el resto de los componentes del ciclo de vida del balanceado (2%), tal como muestra la Figura 30.

**Figura 29**

*Aporte de los componentes al cambio climático medido en DALYs*



La producción de soya y maíz a menudo involucra el uso intensivo de pesticidas y fertilizantes, como, por ejemplo, el carboflurano, el cual actualmente se encuentra prohibido en el país. La exposición a estos productos químicos puede tener impactos negativos en la salud humana, causando enfermedades y discapacidades. El cambio de uso en el suelo para la agricultura puede llevar a la pérdida de biodiversidad y hábitats naturales. La degradación ambiental resultante puede afectar la calidad del aire y el suministro de alimentos, contribuyendo a problemas de salud.

Las emisiones de gases contaminantes provenientes del transporte interno, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y partículas en suspensión, pueden tener impactos directos en la calidad del aire. La exposición a la contaminación del aire se asocia con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, contribuyendo a la carga DALYs. Por otro lado, el tratamiento de las heces puede contaminar cuerpos de agua, lo que podría afectar la calidad del agua potable y causar enfermedades relacionadas con el agua, como gastroenteritis.

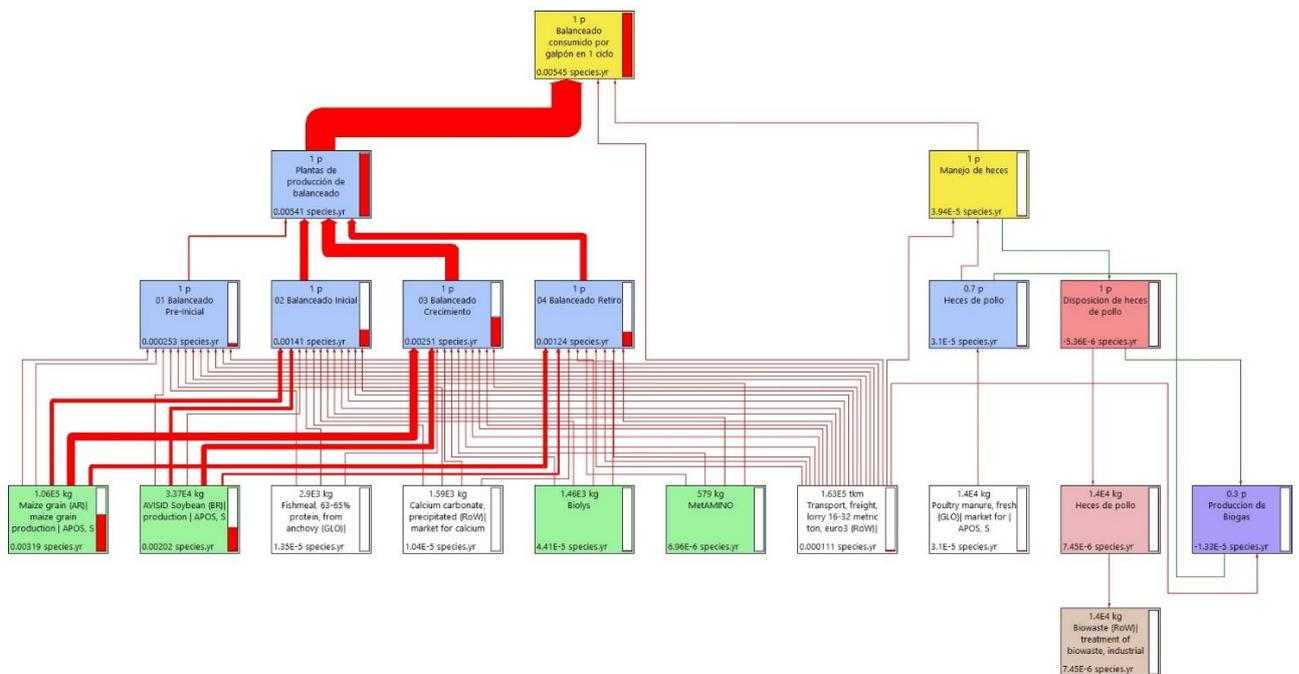
### **3.5.10 Ecosistemas**

La producción de balanceado necesaria para abastecer a 1 galpón tuvo un impacto de 0.005 especies por año, y, para los 250 galpones, considerando 5 ciclos de producción anuales, tuvo un impacto acumulado estimado de 6.25 especies por año, es decir, se estimó que se perdían

alrededor de 6.25 especies por año en el ecosistema debido a las actividades relacionadas con el suministro de balanceado para los galpones de la empresa.

**Figura 30**

*Degradación de los ecosistemas en el ciclo de vida del balanceado*

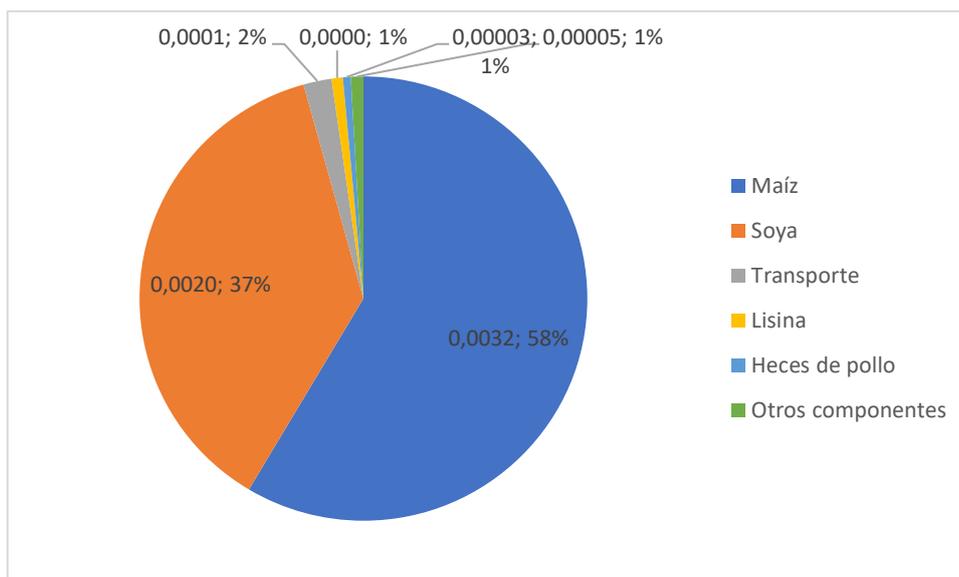


*Nota:* Se muestra el aporte de las fábricas, el transporte y el manejo de las heces en la degradación de los ecosistemas.

Entre los componentes que más afectaron a los ecosistemas, se destacó el maíz, con un aporte del 58%, seguido de la soja, con un 37%, el transporte con un 2% y, finalmente, el tratamiento de heces, la lisina y otros componentes con un 1% cada uno. Esto se puede apreciar en la Figura 32.

**Figura 31**

*Componentes causantes de la degradación de la calidad de los ecosistemas*



La deforestación con fines agrícolas es una práctica común, y no resulta sorprendente que la degradación predominante de la calidad de los ecosistemas se deba a cultivos como la soya y el maíz. Aunque la soya no es la principal materia prima en la producción de balanceados, ha emergido como la principal impulsora de este problema, especialmente debido a su importación desde Bolivia. Bolivia, con altos índices de deforestación en América Latina atribuibles al cultivo de soya, enfrenta una situación significativa. Según datos de Trase para el año 2021, cada mil toneladas de soya producidas en Bolivia resultaron en la deforestación o transformación de 31.8 hectáreas de vegetación nativa. Esta tasa de deforestación relacionada con la producción de soya es siete veces mayor que la de Brasil (4.6 hectáreas por kilotonelada en 2020), más de treinta veces superior a la de Argentina (0.93 hectáreas por mil toneladas de soya) y más de cinco veces mayor que la de Paraguay.

### 3.5.11 Recursos

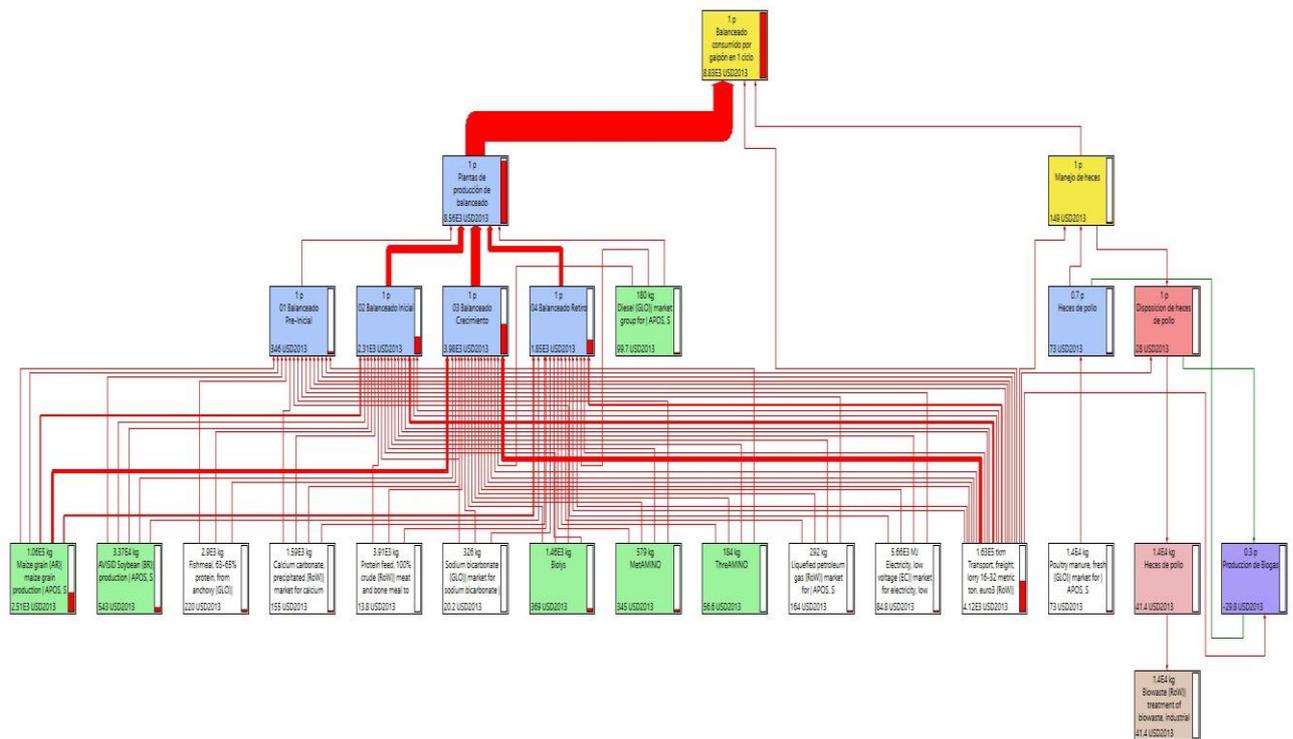
La escasez de recursos se cuantificó en dólares estadounidenses (USD), representando los costos adicionales asociados con la futura extracción de recursos minerales y fósiles. Esto implicó asignar un valor monetario a los recursos naturales utilizados o agotados en un proceso determinado, lo que permitió evaluar cómo el uso continuo de recursos minerales y fósiles afectarán los costos relacionados con su extracción futura. A medida que los recursos son

extraídos o usados de manera constante, su disponibilidad y calidad cambiarán con el tiempo. Por ejemplo, la calidad de los minerales puede disminuir, o se podría depender de fuentes de combustibles fósiles menos convencionales. Este cambio en la disponibilidad o calidad de los recursos impacta los costos asociados con su extracción en el futuro.

Según la metodología ReCiPe, el resultado para el agotamiento de recursos fue de \$6,379.69 para la unidad funcional establecida en el Capítulo 2, tal como se observa en la Figura 33, lo cual sugirió que balanceado tiene un impacto significativo asociado con la extracción y uso de recursos minerales y fósiles. Para los 250 galpones con 5 ciclos de producción anuales, este estuvo valorado en \$7,974,618.65. Este valor refleja los costos adicionales proyectados a lo largo del tiempo debido a la continua demanda y extracción de estos recursos para producir el balanceado utilizado en cada ciclo de producción. Cabe destacar que este valor representa una medida económica y no indica directamente el impacto ambiental.

### **Figura 32**

*Escasez causada por los componentes del ciclo de vida*

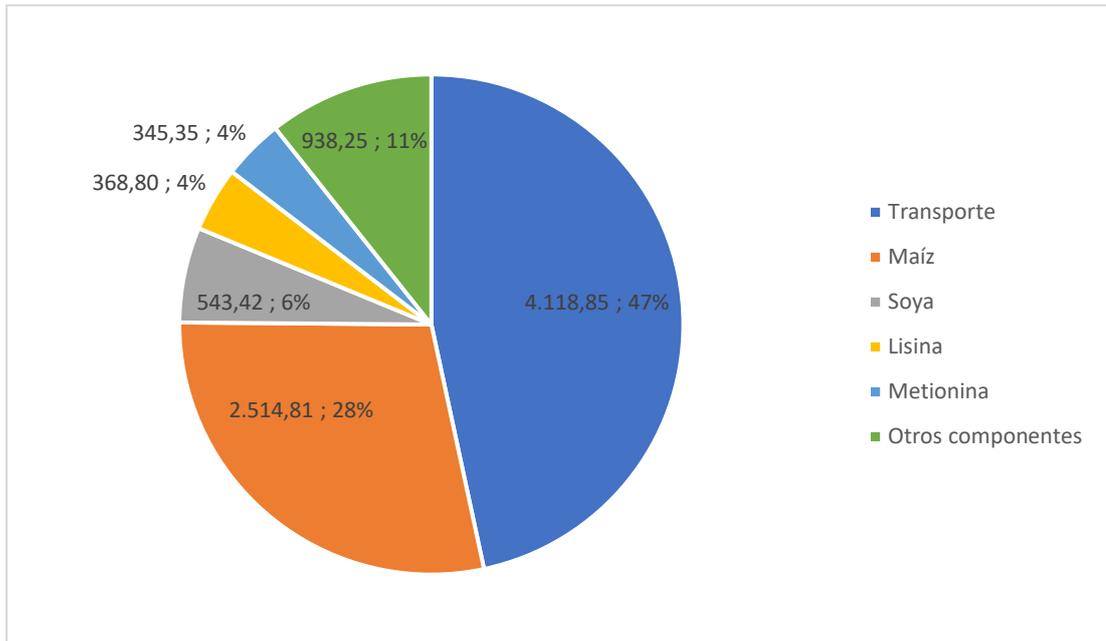


*Nota:* Se muestra el aporte de las fábricas, el transporte y el manejo de las heces en la escasez de recursos.

El 99.28% del agotamiento de recursos correspondió a la categoría de impacto de escasez de recursos fósiles, en la cual se consideró que el aumento en la extracción de combustibles fósiles y su agotamiento provocarán un aumento en los costos, ya sea a un cambio en la técnica de producción o a la obtención desde una ubicación más costosa. Como se puede observar en la Figura 33, la mayor parte de los aumentos en los costos fueron causados por el transporte, sea de las materias primas desde su fuente de origen nacional o internacional o el transporte interno del balanceado, teniendo en cuenta que para ambas se debió utilizar combustibles, como el diésel. El transporte provocará un aumento de los costos en \$4,118.85 por galpón, mientras que el segundo componente más influyente en esta categoría fue el maíz, valorado en \$2,514.81. En tercer lugar, estuvo la soya, con un valor de \$543.42, en cuarto lugar, la lisina, con un valor de \$368.80 y, por último, la lisina, con un valor de \$345.35. El resto de los componentes ocasionará un incremento de \$938.25 en los costos, como se puede observar en la Figura 34.

**Figura 33**

*Impacto económico futuro de la explotación de los componentes del ciclo de vida del balanceado*

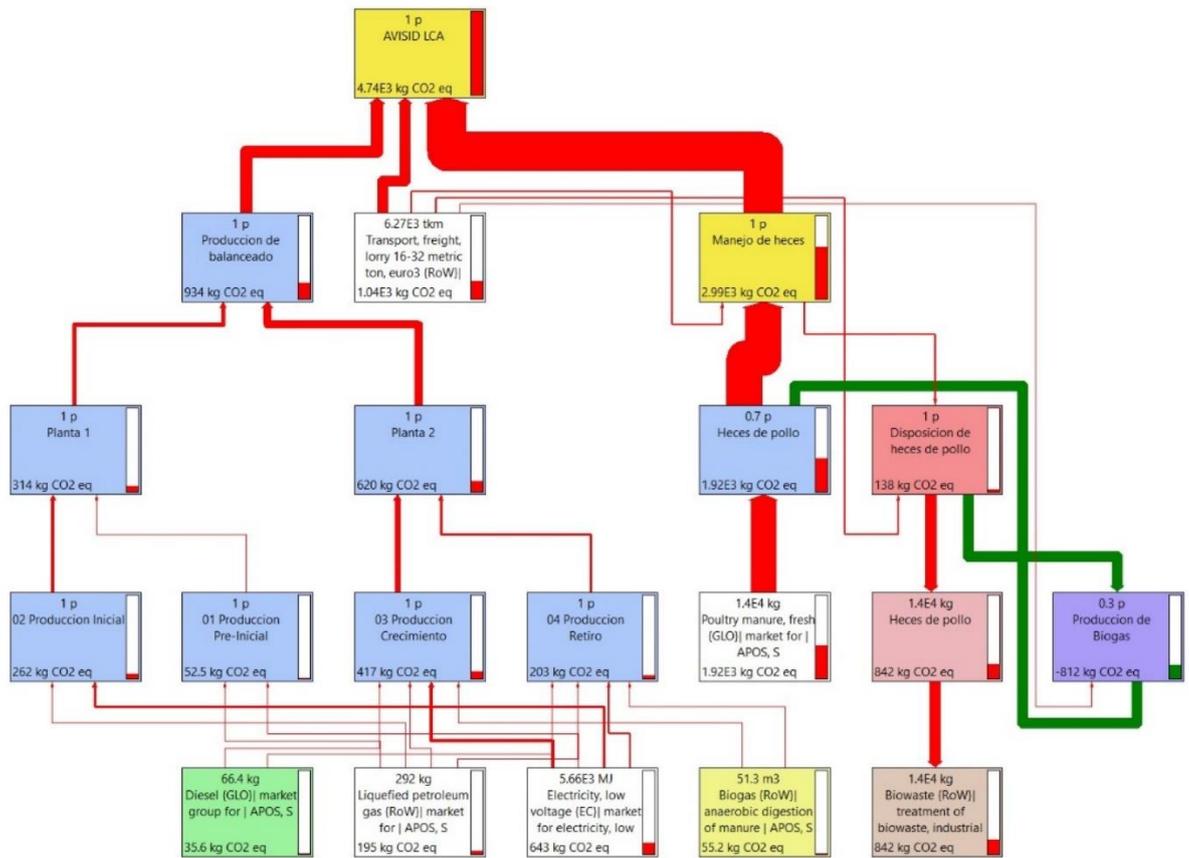


### 3.6 Propuestas de mejora del ciclo de vida

De acuerdo con el análisis anterior, se encontró que las materias primas usadas en el balanceado, en particular, el maíz y la soya, son los más impactantes en el medio ambiente. Sea esto por la aplicación de fertilizantes, usos de pesticidas, consumo de agua, ocupación del suelo, entre otros. También se observó en la Figura 35 que el manejo de las heces, bajo el enfoque de economía circular, logró compensar 812 kg de CO<sub>2</sub> eq al reutilizar los desperdicios y así reducir la huella de carbono de este proceso. Sin embargo, al excluir la etapa de adquisición de materia prima, se evidenció que la fase de fin de vida del balanceado es la que más impactos ambientales genera.

**Figura 34**

*Modelo del ciclo de vida del balanceado*

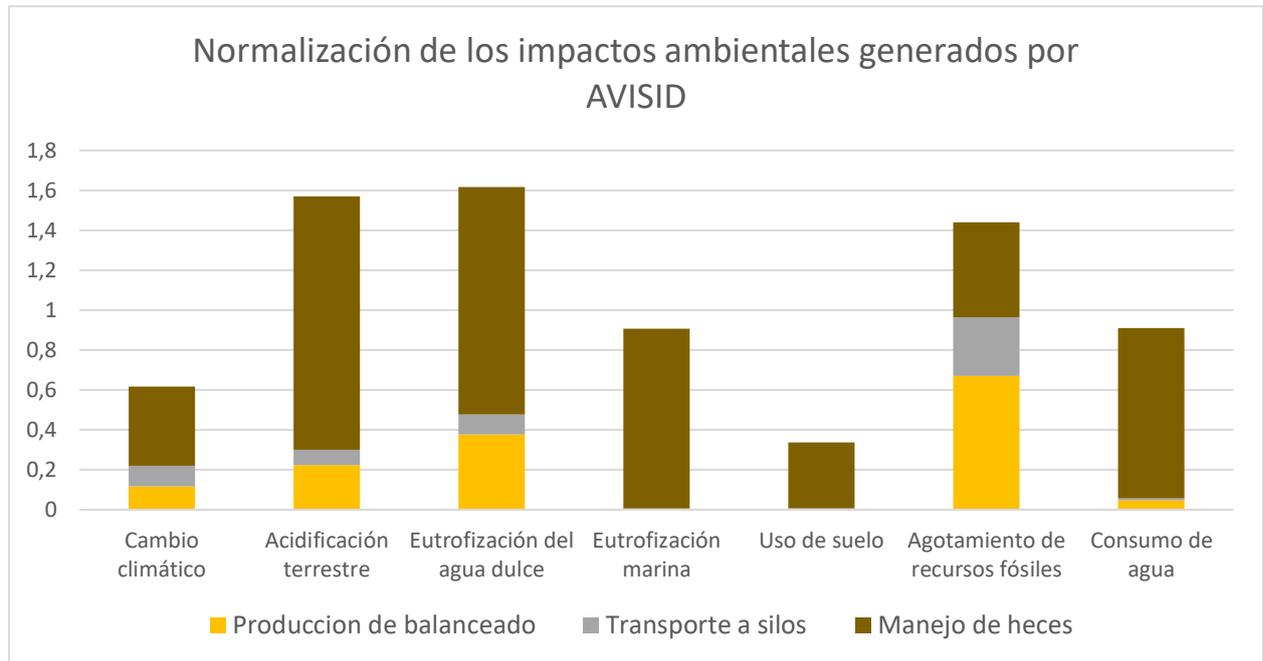


*Nota:* Se excluyó la etapa de adquisición de materia prima para evaluar los impactos ambientales de los procesos que maneja la empresa avícola, y así, identificando oportunidades de mejora.

El manejo de las heces de pollo, identificado como el *hotspot* más relevante del proceso de la empresa, contribuye a la acidificación terrestre, eutrofización de cuerpos de agua y consumo de agua, como es mostrado en la Figura 36. Por ende, se han formulado propuestas de mejora con el objetivo de reducir los impactos ambientales generados por esta etapa del proceso.

**Figura 35**

*Impactos ambientales generados por AVISID*



Nota: Se excluyó la categoría de agotamiento de recursos minerales ya que representó menos del 1% de los impactos ambientales generados

### **3.6.1 Reemplazo parcial de materias primas con larvas de mosca soldado negra**

La gran cantidad de materia prima que es comprada de forma nacional e internacional para la producción de balanceado es la mayor influyente en los impactos ambientales que se observaron en este estudio. Debido a esto, una de las propuestas de mitigación planteadas fue el reemplazo parcial de harina de soya con larvas de mosca soldado-negra (*Hermetia illucens*) debido a su alta cantidad de proteína y rico perfil de aminoácidos. Estas larvas pueden ser cultivadas comercialmente y pueden alimentarse de subproductos agrícolas, estiércol animal y residuos orgánicos domésticos. Estas larvas pueden cumplir con dos objetivos: reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de las heces como es demostrado por Matos *et al.* (2021) y servir como materia prima que sustituye parcialmente a la soya.

Hay numerosos estudios sobre el uso de larvas de BSF en la alimentación de aves de corral, especialmente pollos y gallinas, con diversos autores destacando los beneficios

económicos y nutritivos de estas larvas en la dieta avícola. Uno de estos estudios es el de Murawska (2021), quien evidenció que se puede reemplazar hasta el 50% de la harina de soya con la harina de larvas de *Hermetia illucens* con toda su grasa sin comprometer el desarrollo de los pollos. Así como Schiavone (2017) que demostró que se puede sustituir entre el 50% y 100% de aceite de soya por larvas de *H. illucens* a lo largo del ciclo de vida de los pollos ya que obtuvo un desempeño productivo y una calidad de carne satisfactoria.

Adicionalmente, Cullere (2019) menciona que el perfil de ácidos grasos de la carne de pollo mostró altos niveles de grasas saturadas al incorporar las larvas a la dieta por lo que se debe prestar atención a este parámetro. Cabe destacar que los residuos generados posterior a la producción de larvas se pueden utilizar para la producción de metano ya que según Bulak (2020) estos tienen un potencial de biometano similar a los sustratos comúnmente utilizados con estos fines.

### ***3.6.2 Mejora de la producción de biogás con pre-tratamientos de las heces de pollo utilizando hongos del género Pleurotus***

Al observar el modelo del ciclo de vida del proceso de producción de balanceado se notó que la producción de biogás reduce el impacto ambiental de las otras etapas del proceso al reutilizar una fracción de los desechos generados, por ello, se propone optimizar la producción de biogás al tratar a las heces de pollo con hongos del género *Pleurotus*.

Entre los estudios que exploran esta alternativa, Kainthola (2019) reportó que el pretratamiento de heces de vaca con paja de trigo inoculada por *Pleurotus ostreatus* tuvo una producción de metano 1.64 veces superior en comparación al tratamiento de las heces con paja de trigo sin inocular.

Sin embargo, Mayans (2023) evidenció que se puede incrementar la producción de biogás al tratar previamente las heces de vaca con enzimas de *Pleurotus eryngii* para aumentar la tasa de hidrólisis y la velocidad de la degradación de la lignina.

También existe la posibilidad de utilizar el digestato como suplemento nutritivo para el cultivo de setas comestibles tal como experimentó Zhou (2018). Pero hay que considerar que como demostró Hultberg (2023), hay que ajustar la proporción de digestato que se va a incorporar en el sustrato en el que se van a inocular los microorganismos para no obstaculizar el desarrollo del hongo.

En caso de implementar un estudio relativo a esto, se sugiere considerar la utilización de la prueba del potencial de biometano (*Biomechanical methane potential*), prueba que considera la composición química del sustrato, ya que según Holliger (2012) esta es una manera de predecir con alta precisión la producción de metano a escala real.

### ***3.6.1 Estimación de la captura de carbono de la cobertura vegetal nativa***

Los bosques son los ecosistemas que mayor capacidad poseen para capturar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y fijar el carbono, mediante procesos fotosintéticos, respiratorios y de descomposición de materia orgánica (Schlegel, 2001). Además, el suelo representa el depósito de carbono más significativo en los ecosistemas terrestres en general, y en los bosques en particular, siendo las capas superficiales del suelo donde se encuentra la mayor concentración de este elemento. Debido a estas razones, es de suma importancia preservar los bosques, porque así mismo como poseen la capacidad de almacenar el carbono, al talar árboles o degradar el ecosistema, el CO<sub>2</sub> será liberado hacia la atmósfera.

Los árboles almacenan carbono en su estructura, sobre todo en hojas, ramas, tallos y raíces, mientras que liberan oxígeno hacia la atmósfera. La cantidad de carbono almacenado depende grandemente de las especies presentes, su edad, la ubicación, condiciones edafoclimáticas, entre otras. El carbono se considera almacenado mientras forme parte de alguna estructura del árbol, y su liberación, ya sea por descomposición o quema de biomasa, permite que regrese al ciclo. Los bosques son considerados sumideros de carbono, contribuyendo al equilibrio de concentraciones de CO<sub>2</sub>, por lo que son parte importante de programas de captura de carbono, los cuales promueven la conservación y manejo adecuado de los ecosistemas

forestales, y la aplicación de estrategias que incrementan la superficie cubierta por bosques y la biomasa (Acosta-Mireles, Carrillo-Anzures, & Díaz Lavariega, 2009). Dichas estrategias incluyen actividades como forestación, reforestación, agroforestería, forestación urbana, enriquecimiento y extensión de rotaciones

Por tanto, es importante cuantificar la cantidad de carbono almacenado, mediante a la realización de mediciones de biomasa.

Existen 2 mecanismos principales para la estimación de la biomasa, el método directo, que es destructivo ya que se debe talar el árbol para pesar sus componentes. En el método directo, se deben extraer las siguientes variables (Quintero, 2014):

- Biomasa arriba del suelo: árboles, componente arbustivo, vegetación herbácea,
- Biomasa abajo del suelo: las raíces del ecosistema en estudio.
- Hojarasca y materia vegetal muerta: son los materiales que se encuentran en proceso de descomposición.

En el método indirecto se utilizan métodos de cubicación del árbol, se suman los volúmenes de madera, se toman muestras de ésta y se pesan en el laboratorio para calcular los factores de conversión de volumen a peso seco. Otra forma de estimar la biomasa es mediante ecuaciones o modelos basados en análisis de regresión, haciendo uso de variables colectadas en el campo, como la densidad de la plantación (número de árboles por hectárea), el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), la altura comercial (H) y total (ht), el crecimiento diamétrico, el Área Basal y la densidad específica de la madera (Jiménez, Fonseca, & Pazmiño, 2019). Esto consiste en hacer un modelo alométrico, que permite realizar el análisis de las relaciones entre diferentes dimensiones de la planta, de tal manera que a partir del conocimiento de una variable se puede estimar el comportamiento y tendencia de otra más compleja de medir (Rodríguez, 2013). Esto es extrapolable a situaciones de crecimiento similares.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1.1 Conclusiones

- Se logró realizar una esquematización representativa del ciclo de vida del proceso de elaboración de balanceado, utilizando un modelo *cradle to grave*, desde la obtención de las materias primas hasta el manejo de las heces. Esto proporcionó comprensión de las etapas del proceso que contribuyeron a impactos ambientales negativos, identificándose entradas y posibles salidas del proceso. Las entradas consistieron en materia prima, combustibles fósiles, biogás, energía eléctrica y agua y, como salidas, se tuvo la producción de distintas sustancias que ocasionaron impactos ambientales.
- El inventario del ciclo de vida, desarrollado a través de encuestas y la transformación de datos, permitió cuantificar las entradas y salidas del proceso. La transformación de datos consistió en aplicar relaciones matemáticas y conceptos de energía para llevarlos a la unidad funcional planteada (150.85 ton de balanceado en total). Además, se realizó la formulación base del balanceado para completar la información del inventario. Esto permitió establecer una base sólida para el análisis de impacto ambiental.
- Los resultados mostraron que el consumo de agua fue el impacto ambiental más significativo, con 22,355.37 m<sup>3</sup>, seguido de la acidificación terrestre, con 2,348.76 kg SO<sub>2</sub> equivalentes, eutrofización con 25.99 kg P equivalentes, uso de suelo, con 269,196.46 m<sup>2</sup>a cultivo equivalentes.
- Por otro lado, la huella de carbono resultó ser 337,744.37 kg de CO<sub>2</sub> equivalente. El cambio climático, vinculado de manera significativa a la emisión de gases de efecto invernadero, fue responsable del 81% de los años de vida saludable

perdidos. El uso de recursos como la soya (44%), el maíz (42%) y otros fueron los principales procesos contribuyentes a la disminución de años de vida saludable.

- Se identificó que de los diferentes procesos que intervienen en la línea de producción, excluyendo la adquisición de materia prima y el uso del producto, el manejo de los desechos de pollos genera la mayor cantidad de impactos ambientales por medio de la acidificación terrestre, eutrofización y consumo de agua. Las propuestas de mejora presentadas, como la cuantificación de carbono capturado por la superficie con cobertura vegetal, el pre-tratamiento de las heces con enzimas de hongos y la sustitución parcial de la soya por larvas de la mosca soldado, son potenciales opciones para reducir los impactos ambientales asociados con la etapa mencionada.

#### **4.1.2 Recomendaciones**

- Con el fin de afinar los resultados obtenidos, se recomienda medir el consumo energético por máquina en la planta de producción y calcular los impactos ambientales generados con los ingredientes de las formulaciones de balanceado reales considerando su respectivo origen.

- En este estudio no se abordó la energía utilizada en los galpones por el transporte del balanceado de los silos a los galpones y por los comederos automáticos, por lo que se recomienda medir estas cantidades. Esto es necesario para conocer los impactos ambientales asociados a la etapa de uso en el ciclo de vida del balanceado.

- Durante el proceso de descomposición de las heces de pollo se emiten gases de efecto invernadero (GEIs). Por lo que se recomienda comparar las emisiones generadas por las heces sin tratamiento con las emitidas por las heces tratadas, ya sea mediante la acción de larvas de *Hermetia illucens* o a través del tratamiento con hongos del género *Pleurotus*.

- Para estudiar la viabilidad de la incorporación de larvas de *Hermetia illucens* en la dieta de los pollos se requiere realizar un estudio considerando el contexto del caso. Entre los factores que pueden hacer que el perfil nutricional y de la microbiota de las larvas se contrasten con los resultados de fuentes bibliográficas están: alimentación de los pollos, composición química y microbiológica de las heces (sustrato) y método de ejecución de las larvas.

- Se sugiere comparar la producción de biogás utilizando la metodología actual de la empresa con la producción de biogás a partir de heces tratadas, ya sea mediante larvas de *Hermetia illucens* o mediante el tratamiento con enzimas de *Pleurotus ostreatus*.

- Se sugiere estimar la captura de carbono del bosque seco nativo que posee AVISID mediante un inventario forestal y la aplicación de ecuaciones alométricas con el fin de evaluar la contribución de la vegetación en la reducción de la huella de carbono.

## 5. REFERENCIAS

- Acosta-Mireles, M., Carrillo-Anzures, F., & Díaz Lavariega, M. (2009). Determinación del carbono total en bosques mixtos de *Pinus patula* Schl. et Cham. *Terra Latinoamericana*, 105-114.
- Aviagen. (2014). Ross 308 Broiler: Nutrition Specifications. Recuperado de <https://eliasnutri.files.wordpress.com/2012/04/ross308broilernutritionspecs2014-en.pdf>
- Backes, J., & Traverso, M. (2022). Life cycle sustainability assessment as a metrics towards SDGs agenda 2030. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 2236-2452.
- Bailey, C. A. (2020). Precision poultry nutrition and feed formulation. In *Animal Agriculture* (pp. 367-378). Academic Press.
- Boggia, A., Paolotti, L., & Castellini, C. (2010). Environmental impact evaluation of conventional, organic and organic-plus poultry production systems using life cycle assessment. *World's Poultry Science Journal*, 66(1), 95-114.
- Bulak, P., Proc, K., Pawłowska, M., Kasprzycka, A., Berus, W., & Bieganski, A. (2020). Biogas generation from insects breeding post production wastes. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118777.
- Castro-Fernández, M., Vilaragut-Llanes, M., & Oloroun-Shola Bissiriou, A. (2021). Certificación energética de un edificio de oficinas. *Tecnología en Marcha*, 70-82.
- Catacora-Vargas, G., Galeano, P., Agapito-Tenfen, S. Z., Aranda, D., Palau, T., & Nodari, R. O. (2012). Soybean production in the Southern Cone of the Americas: Update on land and pesticide use. *Cochabamba, GenØk/UFSC/REDES-AT/BASE-Is*, 3.
- Cherubini, E., Franco, D., Zanghelini, G., & Soares, S. (2018). Uncertainty in LCA case study due to allocation approaches and life cycle impact assessment methods. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2055–2070.

Cooperación Nacional de Avicultores del Ecuador. (2023). Estadísticas del Sector Avícola. Obtenido de CONAVE: <https://conave.org/informacion-sector-avicola-publico/>

Cortés, M. d. (2020). Estrategias del ciclo de vida de un producto. *Con-Ciencia Boletín Científico De La Escuela Preparatoria*, 44-46.

Cullere, M., Schiavone, A., Dabbou, S., Gasco, L., & Dalle Zotte, A. (2019). Meat quality and sensory traits of finisher broiler chickens fed with black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae fat as alternative fat source. *Animals*, 9(4), 140.

Dahham, R., Wei, H., & Pan, J. (2022). Improving Thermal Efficiency of Internal Combustion Engines: Recent Progress and Remaining Challenges. *Energies*, 15(17): 6222.

De Vries, M., & de Boer, I. J. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock science*, 128(1-3), 1-11.

Dyer, J. A., Vergé, X. P. C., Desjardins, R. L., & Worth, D. E. (2010). The protein-based GHG emission intensity for livestock products in Canada. *Journal of Sustainable Agriculture*, 34(6), 618-629.

Espíndola, C., & Valderrama, J. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Información Tecnológica*, 163-176.

Gerber, P., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., . . . Tempio, G. (2013). Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones. Roma: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO).

Gonçalves, A. J. (2004). El análisis de ciclo de vida y su aplicación a la arquitectura y al urbanismo. *ETSAM. Recuperado el, 19*.

Holliger, Christof; Fruteau de Laclos, Hélène; Hack, Gabrielle (2017). Methane Production of Full-Scale Anaerobic Digestion Plants Calculated from Substrate's

Biomethane Potentials Compares Well with the One Measured On-Site. *Frontiers in Energy Research*, 5(), 12–. doi:10.3389/fenrg.2017.00012

Hultberg, M., Asp, H., Bergstrand, K. J., & Golovko, O. (2023). Production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on sawdust supplemented with anaerobic digestate. *Waste Management*, 155, 1-7.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (Abril de 2022). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Obtenido de Ecuador en Cifras: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC\\_2021.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC_2021.pdf)

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Obtenido de IPCC: [https://archive.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html#table-2-14](https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html#table-2-14)

International Organization for Standardization. (2006). ISO 14064-1:2006. Gases de efecto invernadero — Part 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. Obtenido de ISO: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-1:v1:es>

Jiménez Ruíz, E. R., Fonseca González, W., & Pazmiño Pesantez, L. (2019). Sistemas silvopastoriles y cambio climático: estimación y predicción de biomasa arbórea. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 29(1), 45-55.

Joint Research Centre European Commission. (2011). Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context- based on existing environmental impact assessment models and factors. Italia: Luxemburg: Publication Office of the European Union.

Joint Research Centre European Commission. (2010). Framework and requirements for Life Cycle Impact Assessment models and indicators. Italia: Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Jurgens, M. H. (2002). *Animal feeding and nutrition*. Kendall Hunt.

Kainthola, J., Kalamdhad, A. S., Goud, V. V., & Goel, R. (2019). Fungal pretreatment and associated kinetics of rice straw hydrolysis to accelerate methane yield from anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 121368.  
doi:10.1016/j.biortech.2019.121368

Leclercq, B. (1998). Lysine: Specific effects of lysine on broiler production: comparison with threonine and valine. *Poultry Science*, 77(1), 118–123.  
doi:10.1093/ps/77.1.118

Matos, J. S., de Araújo, L. P., Allaman, I. B., Lôbo, I. P., de Oliva, S. T., Tavares, T. M., & de Almeida Neto, J. A. (2021). Evaluation of the reduction of methane emission in swine and bovine manure treated with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.). *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 1-17.

Mayans, B., Antón-Herrero, R., García-Delgado, C., Carreras, N., Delgado-Moreno, L., Escolástico, C., ... & Eymar, E. (2023). Enhancement of methane production from livestock manure with pre-treatments based in fungi of genus *Pleurotus*. *Biomass and Bioenergy*, 176, 106901.

McClelland, S. C., Arndt, C., Gordon, D. R., & Thoma, G. (2018). Type and number of environmental impact categories used in livestock life cycle assessment: A systematic review. *Livestock Science*, 209, 39-45.

Murawska, D., Daszkiewicz, T., Sobotka, W., Gesek, M., Witkowska, D., Matusievičius, P., & Bakuła, T. (2021). Partial and total replacement of soybean meal with full-fat black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in broiler chicken diets: impact on growth performance, carcass quality and meat quality. *Animals*, 11(9), 2715.

Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago: LC/G.2681-P/Rev.3.

Organización Internacional de Normalización. (2006). ISO 14044: Estudio de Ciclo de Vida.

Organización Internacional de Normalización. (2015). Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso. Obtenido de ISO 14001: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>

Pareja Fernández, P. A. (2007). Desarrollo de Índices de Desempeño del Consumo Energético y de Agua Sanitaria en Edificios de Oficinas de Santiago. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

Pelletier, N. (2008). Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. *Agricultural Systems*, 98(2), 67-73.

PRé Sustainability. (2023, April). *SimaPro Tutorial* (Version 6.0)

Quintero, P. (2014). Estudio de compensación del CO2 generado por el campus UEES mediante una plantación de teca (*Tectona grandis*), en la provincia del Guayas. Samborondón: Universidad de Especialidades Espíritu Santo.

Ramírez, A. (2020). Manejo de Impactos Ambientales Generados por las Granjas de Pollo de Engorde en Colombia. Bogotá: Universidad Antonio Nariño.

Ravindran, V. (2013). Poultry feed availability and nutrition in developing countries. *Poultry development review*, 2, 60-63.

Rodríguez, N. (2013). Guía para la cuantificación de la biomasa y el carbono forestal, generación de modelos y uso de herramientas para su estimación. Bogotá: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

Rondoni, A., & Grasso, S. (2021). Consumers behaviour towards carbon footprint labels on food: A review of the literature and discussion of industry implications. *Journal of Cleaner Production*, 301, 127031.

Santana, F. (2012). *Determinación del Alimento de Peso en Pollos de Engorde (Gallus gallus) mediante la incorporación de diferentes fuentes proteicas a su alimentación*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Schiavone, A., Cullere, M., De Marco, M., Meneguz, M., Biasato, I., Bergagna, S., ... & Dalle Zotte, A. (2017). Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) fat in broiler diets: Effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality. *Italian Journal of Animal Science*, 16(1), 93-100.

Skunca, D., Tomasevic, Nastasijevic, I., Tomovic, V., & Djekic, I. (2018). Life cycle assessment of the chicken meat chain. *Journal of Cleaner Production*, 440-450.

Tetteh, H., Bala, A., Fullana-i-Palmer, P., Balcells, M., Aldaco, R., & Puig, R. (2022). Carbon Footprint: The Case of Four Chicken Meat Products Sold on the Spanish Market. *Foods*, 11(22).

Tyszler, H. B. M., Braconi, M. V. P. N., & van Rijn, N. D. J. (2022). *Agri-footprint 6 Methodology Report*.

Vellinga, T., Blonk, H., Marinussen, M., van Zeist, W., de Boer, I., & Starman, D. (2013). *Methodology used in FeedPrint: a tool quantifying greenhouse gas emissions of feed production and utilization*. Wageningen: Wageningen UR Livestock Research.

Zhou, J. L., Song, S., Huang, Z. X., Yang, L., Jiao, A. G., Liu, Y., & Wang, S. X. (2018). Cultivation of *Pleurotus ostreatus*, a potential candidate for biogas residues degradation. *BioResources*, 13(3), 5432-5449.

## APÉNDICE A

## Producción de pollos

- a) ¿En qué tiempo y en qué peso están listos los pollos de engorde para la faena?
- b) ¿Cuál es la capacidad de pollos y superficie de cada galpón de pollos de engorde?  
¿Son estas dimensiones estándares para todos los galpones o su elección depende de algo más?
- c) ¿Existen diferencias entre los galpones que son utilizados para pollos de engorde que en los galpones en los que albergan a los pollos con fines reproductivos?  
¿Cuáles son?
- d) ¿Cuál es la cantidad mensual de pollos o kg de carne de pollo que produce la empresa? ¿Cuántos son producidos en un galpón y en una granja?
- e) ¿Cuánto tiempo dura un ciclo de producción? ¿Cuántos ciclos de producción hay por mes o por año?
- f) ¿Cuántas aves tienen por ciclo de producción? ¿Cuántas tienen por unidad de producción (granja o galpón)?
- g) ¿Cuántos galpones están en uso y cómo se distribuyen en las diferentes fases del proceso de producción (limpieza, inicial, engorde, finalizador, faena)?
- h) ¿Cómo se transporta el alimento desde los bins hasta los comederos encontrados en cada galpón?
- i) En un ciclo de producción ¿sabe cuántos kg de heces se producen por galpón y cuántas limpiezas se realizan? ¿Cómo es el manejo de los desechos?
- j) ¿Podría proporcionar una estimación de la cantidad de balanceado necesaria para un ciclo de producción por galpón? ¿Producen todo el balanceado que es consumido en las granjas de pollos o es necesario realizar compras de balanceado?
- k) ¿Cuál es la tasa de conversión alimenticia en los pollos?
- l) ¿Cuál es la ingesta de alimento diaria promedio? ¿Cuál es el aumento de peso promedio por día (WG), kg día<sup>-1</sup>?

m) ¿Cuánto balanceado es desperdiciado dentro de la granja?

### **Producción de balanceado**

- a) ¿Las plantas de producción tienen la capacidad de producir la cantidad de balanceado necesaria para un ciclo de producción, o es necesario realizar compras adicionales de balanceado?
- b) ¿Cuántos m<sup>2</sup> poseen las plantas de producción de balanceado?
- c) ¿Cuántos kg posee cada saco de materia prima? ¿Cuántos son utilizados diariamente y qué hacen con los sacos usados?
- d) ¿Cuánto balanceado se produce diaria y mensualmente de cada tipo (pre inicial, inicial, engorde, finalizador, cerdo)?
- e) ¿Cuáles son los requerimientos nutricionales de los pollos de engorde en cada etapa fenológica? De esto depende la calidad de los resultados que se obtengan en un Análisis de Ciclo de Vida y de Huella de Carbono.
- f) ¿Cuál tipo de balanceado está destinado para la alimentación de los pollos de reproducción?
- g) Una vez producido el balanceado de cerdos, ¿cómo es el proceso de entrega al cliente? Describa el proceso.
- h) ¿Cuál es el tiempo de trabajo estimado de las plantas de producción en términos de horas laborales por día o por semana o por mes?
- i) ¿Cuál es el tipo de voltaje y fuente de electricidad usada?
- j) ¿Cuál es el tipo de combustible usado para el transporte entre la planta y las granjas?
- k) Modelo, marca, nombre, año de las maquinas empleadas durante el proceso (capacidad de cada máquina)
- l) ¿En qué procesos y/o partes de la planta de balanceado se consume agua?

m) ¿Cuál es el consumo de agua en la planta de balanceado? ¿Podría dar un estimado del porcentaje de consumo de agua por máquina o por área?

### **Logística**

- a) Proporción de materias primas que provienen de importación y proporción de origen nacional: Origen de materias primas (registros de últimos 3 meses)
- b) Mencione el/los transporte(s) de las materias primas desde su sitio de origen hasta la planta de producción:
  - Maíz
  - Soya
  - Aminoácidos

## **APÉNDICE B**

A continuación, se muestran las formulaciones realizadas en un Excel de autoría propia de los diferentes tipos de balanceado según los requerimientos nutricionales de Ross:

### Balanceado pre-inicial:

Ingredients information	Com	Com gluten free	Soy Protein Concentrate	Fish meal	Blood meal	Calcium carbonate	Meat & Bone meal	Sodium Formate	Salt	Eboly	MesaMINO	ThraMINO	Nutrient requirement	Diet specification
1 Items	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2 Cost \$/kg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3 Energy, kJ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Nutrient composition of feedstuff													1	1
5 ME, Mcal/kg	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	2.8	2.975
6 Protein, %	8.8	22.9	84.1	82.2	87.7	99.2	59.2	79	58.1	72.4	1	1	22	28
7 Calcium, %	0.02	0.32	5.01	0.22	38	10.3	0.5	0.5	0.95	1	1	1	0.95	1
8 As phosphorus	0.02	0.12	0.027	0.43	0.38	0.082	0.21	31.8	39	0.12	0.06	99	0.2	0.2
9 Sodium, %	0.04	0.22	0.0002	0.55	0.25	0.034	0.69	80	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
10 Chloride, %	0.3	0.8	5.5	4.7	7.6	2.8	62.4	62.4	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
11 Lysine, %	0.2	0.4	0.81	1.2	1.1	0.7	0.96	99	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
12 Methionine	0.3	0.8	1.3	2.3	2.3	1.3	0.1	99	1	1	1	1	1	1
13 Met-Cys %	0.3	0.8	1.3	2.3	2.3	1.3	0.1	99	1	1	1	1	1	1
14 Threonine	0.3	0.8	1.3	2.3	2.3	1.3	0.2	99.5	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
15 Tryptophan %	0.1	0.2	0.81	0.6	1	0.3	0.06	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
16														
17														
18														
19														
20 Ingredients constraints (%)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
21 Min (%)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
22 Max (%)														
23														
24														
25 Ingredients inclusion (%)	59.05%	22.97%	8.15%	2.88%	4.00%	2.00%	0.00%	0.22%	0.11%	0.19%	0.38%	0.03%	100.00%	
26														
27 Final formula														
28 Ingredients	Inclusion %													
29 Corn	59.05%													
30 Wheat	0.00%													
31 Wheat Middling	0.00%													
32 Corn gluten feed	22.97%													
33 Alfalfa meal	0.00%													
34 Soy Protein Concentrate	8.15%													
35 Fish meal	2.88%													
36 Blood meal	4.00%													
37 Calcium carbonate	2.00%													
38 Meat & Bone meal	0.00%													
39 Sodium Formate	0.22%													
40 Salt	0.11%													
41 Eboly	0.19%													
42 MesaMINO	0.38%													
43 ThraMINO	0.03%													
44 Vit premix	1.00%													
45 Mineral premix	0.00%													
46														
47														
48														

### Balanceado inicial:

Ingredients information	Com	Com gluten free	Soy Protein Concentrate	Soybean Meal	Fish meal	Blood meal	Calcium carbonate	Meat & Bone meal	Sodium bicarbonate	Salt	Eboly	MesaMINO	ThraMINO	Nutrient requirement	Diet specification
1 Items	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2 Cost \$/kg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3 Energy, kJ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Nutrient composition of feedstuff														1	1
5 ME, Mcal/kg	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	3.425	2.8	2.975
6 Protein, %	8.8	22.9	84.1	82.2	87.7	99.2	59.2	79	58.1	72.4	1	1	1	22	28
7 Calcium, %	0.02	0.32	5.01	0.22	38	10.3	0.5	0.5	0.95	1	1	1	1	0.95	1
8 As phosphorus	0.02	0.12	0.027	0.43	0.38	0.082	0.21	31.8	39	0.12	0.06	99	0.2	0.2	
9 Sodium, %	0.04	0.22	0.0002	0.04	0.48	0.38	0.034	0.7	28.09	39	0.12	0.06	99	0.2	0.2
10 Chloride, %	0.3	0.8	5.5	0.04	0.90	0.25	0.69	80	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	
11 Lysine, %	0.2	0.4	0.81	0.6	1.1	1.1	0.7	0.96	99	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	
12 Methionine	0.3	0.8	1.3	1.5	2.2	2.2	1.3	0.1	99	1	1	1	1	1	
13 Met-Cys %	0.3	0.8	1.3	1.5	2.2	2.2	1.3	0.1	99	1	1	1	1	1	
14 Threonine	0.3	0.8	1.3	1.5	2.2	2.2	1.3	0.2	99.5	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	
15 Tryptophan %	0.1	0.2	0.81	0.6	0.6	1	0.3	0.06	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	
16															
17															
18															
19															
20 Ingredients constraints (%)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
21 Min (%)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
22 Max (%)															
23															
24															
25 Ingredients inclusion (%)	63.77%	0.00%	1.00%	25.36%	3.48%	0.60%	1.00%	3.88%	0.38%	0.17%	1.00%	0.38%	0.02%	100.00%	
26															
27 Final formula															
28 Ingredients	Inclusion %														
29 Corn	63.77%														
30 Wheat	0.00%														
31 Wheat Middling	0.00%														
32 Corn gluten feed	1.04%														
33 Soy Protein Concentrate	8.15%														
34 Soybean Meal	25.36%														
35 Fish meal	3.48%														
36 Blood meal	0.60%														
37 Calcium carbonate	1.00%														
38 Meat & Bone meal	3.88%														
39 Sodium bicarbonate	0.38%														
40 Salt	0.17%														
41 Eboly	0.19%														
42 MesaMINO	0.38%														
43 ThraMINO	0.02%														
44 Vit premix	1.00%														
45 Mineral premix	0.00%														
46															
47															
48															

### Balanceado de crecimiento:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Ingredients information																					
2	Item	Com	Corn gluten feed	Soy Protein Conc	Soybean Meal	Fish meal	Blood meal	Calcium carbonate	Meat & Bone meal	Sodium bicarbonate	Salt	Biolys	MetAMINO	ThreAMINO	Min	Max	Min	Max	Nutrients constraint		Unit specification	
3	Cost \$/kg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Weight, kg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Nutrient composition of feedstuff																					
6	ME, Mcal/Kg	3.425	1.73	3.5	2.23	2.82	2.77			2.017					5.02	3.49	3	3.1	3.07179592			
7	Protein, %	8.8	22.9	84.1	49.7	82.2	87.7			50.2			79	58.1	72.4	30	21.8	20				
8	Calcium, %	0.02	0.32	0.02	0.3	3.01	0.32	88		10.1	0.01								0.87	0.8	0.87	
9	Avail phosphorus	0.28	0.75	0.8	0.68	2.87	0.2	0.02		5.1									0.45	0.45	0.566041	
10	Sodium, %	0.02	0.12	0.07	0.04	0.41	0.38	0.082	0.7	28.09	39									0.17	0.17	
11	Chloride, %	0.04	0.22	0.0002	0.04	0.55	0.35	0.054	0.89		80									0.17	0.17	
12	Lysine, %	0.3	0.6	5.5	2.8	4.7	7.6		2.8					62.4						1.29	1.6194797	
13	Methionine	0.2	0.4	0.81	0.6	1.7	1.1		0.7					0.06	99					0.91	0.7398885	
14	Met-Cys %	0.3	0.8	1.3	1.3	2.2	1.3		1.3					0.1	99					0.99	0.99	
15	Threonine	0.3	0.8	3.3	1.8	3.8	1.8		1.8											98.5	0.88	0.88
16	Tryptophan %	0.1	0.2	0.81	0.6	0.6	1		0.3											0.21	0.2217657	
17																						
18																						
19	Ingredients constraints (%)																					
20	Min (%)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
21	Max (%)	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.50%	1.00%	100.00%	100.00%						
22																						
23																						
24	Ingredients inclusion (%)																					
25		70.43%	0.00%	0.00%	21.58%	2.04%	0.00%	1.00%	0.00%	0.00%	0.18%	0.17%	1.00%	0.42%	0.18%	100.00%						
26	Final formula																					
27	Ingredients																					
28	Com	70.43%																				
29	Wheat	0.00%																				
30	BSF meal	0.00%																				
31	Corn gluten feed	0.00%																				
32	Soy Protein Concentrate	0.00%																				
33	Soybean Meal	21.58%																				
34	Fish meal	2.04%																				
35	Blood meal	0.00%																				
36	Calcium carbonate	1.00%																				
37	Meat & Bone meal	3.00%																				
38	Sodium bicarbonate	0.17%																				
39	Salt	0.17%																				
40	Biolys	1.00%																				
41	MetAMINO	0.18%																				
42	ThreAMINO	0.18%																				
43	Mineral premix	0.00%																				
44	Vit premix	0.00%																				
45	Mineral premix	0.00%																				
46																						

## Balanceado de retro

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Ingredients information																					
2	Item	Wheat	Corn gluten feed	Soy Protein Conc	Soybean Meal	Fish meal	Blood meal	Calcium carbonate	Meat & Bone meal	Sodium bicarbonate	Salt	Biolys	MetAMINO	ThreAMINO	Min	Max	Min	Max	Nutrients constraint		Unit specification	
3	Cost \$/kg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Weight, kg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Nutrient composition of feedstuff																					
6	ME, Mcal/Kg	3.12	1.73	3.5	2.23	2.82	2.77			2.017					5.02	3.49	3	3.1	3.07179592			
7	Protein, %	13.5	22.9	84.1	49.7	82.2	87.7			50.2			79	58.1	72.4	30	21.8	20				
8	Calcium, %	0.05	0.32	0.02	0.3	3.01	0.32	88		10.1	0.01									0.65	0.8	0.65
9	Avail phosphorus	0.1	0.75	0.8	0.68	2.87	0.2	0.02		5.1										0.96	0.96	0.45589172
10	Sodium, %	0.06	0.12	0.07	0.04	0.41	0.38	0.082	0.7	28.09	39										0.2	0.2
11	Chloride, %	0.05	0.22	0.0002	0.04	0.55	0.35	0.054	0.89		80										0.18	0.18
12	Lysine, %	0.31	0.6	5.5	2.8	4.7	7.6		2.8					62.4							1.08	1.47854024
13	Methionine	0.35	0.4	0.81	0.6	1.7	1.1		0.7					0.06	99						0.48	0.6292072
14	Met-Cys %	0.37	0.8	1.3	1.3	2.2	1.3		1.3					0.1	99						0.86	0.86
15	Threonine	0.32	0.8	3.3	1.8	3.8	1.8		1.8												98.5	0.72
16	Tryptophan %	0.12	0.2	0.81	0.6	0.6	1		0.3												0.17	0.20470954
17																						
18																						
19	Ingredients constraints (%)																					
20	Min (%)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
21	Max (%)	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.50%	1.00%	100.00%	100.00%						
22																						
23																						
24	Ingredients inclusion (%)																					
25		0.00%	0.00%	0.00%	30.68%	0.00%	0.00%	1.00%	1.87%	0.28%	0.21%	1.00%	0.31%	0.00%	100.00%							
26	Final formula																					
27	Ingredients																					
28	Wheat	0.00%																				
29	Corn	0.00%																				
30	Corn gluten feed	0.00%																				
31	Soy Protein Concentrate	0.00%																				
32	Alfalfa meal	0.00%																				
33	Soybean Meal	74.53%																				
34	Fish meal	20.66%																				
35	Blood meal	1.00%																				
36	Calcium carbonate	1.87%																				
37	Meat & Bone meal	0.28%																				
38	Sodium bicarbonate	0.21%																				
39	Salt	0.21%																				
40	Biolys	1.00%																				
41	MetAMINO	0.31%																				
42	ThreAMINO	0.09%																				
43	Mineral premix	0.00%																				
44	Vit premix	0.00%																				
45	Mineral premix	0.00%																				
46																						

A continuación, se muestra la página del catálogo de las camionetas de la serie F de las que se obtuvo la información de la camioneta que se consideró que transporta la materia prima.

**NUEVA**  
**SERIE F**  
EURO 3

**ESPECIFICACIONES  
PRINCIPALES**

GENERAL	FRR 1121	FTR 1624	FVR 1730 CORTO	FVR 1730 LARGO	FVZ 2630 CORTO	FVZ 2630 LARGO
Procedencia	Japón	Japón	Japón	Japón	Japón	Japón
Aplicación: Particular o Comercial	Carga Pesada					
Garantía	2 años / 100.000 Km					
Tipo (Ley de Pesos y Dimensiones)	2DB	2DB	V2DS	2DB	3-A	V3A

**PESOS Y CAPACIDADES**

Peso bruto vehicular PBV (kg)	11.000	15.000	17.000	17.000	26.000	26.000
Peso vacío (kg)	3.155	4.890	5.220	5.420	8.940	7.155
Capacidad de carga homologada (kg)	7.845	10.310	11.780	11.580	19.060	18.845
Capacidad de carga por ejes (kg)	8.145	10.810	14.080	13.880	20.360	20.145
Capacidad de eje (kg)						
Delantero	3.600	6.300	6.300	6.300	6.300	6.300
Trasero	7.700	9.200	13.000	13.000	21.000	21.000

**MOTOR**

Marca / Código	ISUZU 4HK1-TCS	ISUZU 6HK1-TCN	ISUZU 6HK1-TCS	ISUZU 6HK1-TCS	ISUZU 6HK1-TCS	ISUZU 6HK1-TCS
Tipo	Turbocompresor - Intercooler					
Posición	Frontal / Longitudinal					
Tamaño	5.193	7.790	7.790	7.790	7.790	7.790
Nro. de cilindros	4	6	6	6	6	6
Potencia (HP @ RPM)	207HP @ 2600	237HP @ 2400	296HP @ 2400	296HP @ 2400	296HP @ 2400	296HP @ 2400
Torque (Kg'm @ RPM)	61.7 @ 1600	72 @ 1450	100 @ 1450	100 @ 1450	100 @ 1450	100 @ 1450
(N.m @ RPM)	635 @ 1600	706 @ 1450	980 @ 1450	980 @ 1450	980 @ 1450	980 @ 1450
Relación compresión	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
Diámetro x carrera (mm)	115X125	115X125	115X125	115X125	115X125	115X125
Alimentación	CRDI Inyección directa					
Combustible	Diésel					
Emisiones	EURO 3					

**TRANSMISIÓN**

Marca / Código	ISUZU MZW6P 0/D	ISUZU MZW6P 0/D	EATON ES1109 DD	EATON ES1109 DD	EATON ES1109 D/D	EATON ES1109 D/D
Tipo	T/M 6 Vel.	T/M 6 Vel.	T/M 9 Vel.	T/M 9 Vel.	T/M 9 Vel.	T/M 9 Vel.
Relaciones						
1ª	6.615	6.615	12.64	12.64	12.64	12.64
2ª	4.095	4.095	8.81	8.81	8.81	8.81
3ª	2.359	2.359	6.55	6.55	6.55	6.55
4ª	1.532	1.532	4.77	4.77	4.77	4.77
5ª	1.000	1.000	3.55	3.55	3.55	3.55

## APÉNDICE D

A continuación, se muestran los pasos a seguir para modelar el ciclo de vida:

### Creación de ensamblajes:

C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Profesional\SaniSidro - [Edit assembly '01 Balanceado Pre-Inicial']

File Edit Calculate Tools Window Help

Input/output Parameters

Name: 01 Balanceado Pre-Inicial Status: None Comment: 7.638 Ton

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Maize grain [AR] maize grain production   APOS, S	4.610	ton	Undefined				
Maize grain [AR] maize grain production   APOS, S	1.627	ton	Undefined				
AVISID Soybean [BR] production   APOS, S	0.994	ton	Undefined				
Fishmeal, 63-65% protein, from anchovy [GLO] market for fishmeal, 63-	0.163	ton	Undefined				
Sodium formate [RoW] market for sodium formate   APOS, S	0.018	ton	Undefined				
Calcium carbonate, precipitated [RoW] market for calcium carbonate, p	0.153	ton	Undefined				
Sodium chloride, powder [GLO] market for   APOS, S	0.01	ton	Undefined				
Liquefied petroleum gas [RoW] market for   APOS, S	16.12	kg	Undefined				
Tap water [GLO] market group for   APOS, S	480	kg	Undefined				
Biols	0.024	ton	Undefined				
MetAMINO	0.033	ton	Undefined				
ThreAMINO	0.003	ton	Undefined				

Add

Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Electricity, low voltage [EC] market for electricity, low voltage   APOS, S	101.47	kWh	Undefined				
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	2396.058	tkm	Undefined				Soya de Bolivia a AVISID 3846 km
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	889.63	tkm	Undefined				Maiz de Mocache, Los Rios a AVISID 142km
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	1066.271	tkm	Undefined				Aminoacidos EVONIK BR Araucaria 5891 km
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	22.494	tkm	Undefined				Fish meal Manta 138 km Produpe
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	0.204	tkm	Undefined				Minerales 3.4 km

Add

Image



C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Profesional\SaniSidro - [Edit assembly '02 Balanceado Inicial']

File Edit Calculate Tools Window Help

Input/output Parameters

Name: 02 Balanceado Inicial Status: None Comment: 38.19 Ton

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Maize grain [AR] maize grain production   APOS, S	24.333	ton	Undefined				
AVISID Soybean [BR] production   APOS, S	0.398	ton	Undefined				
AVISID Soybean [BR] production   APOS, S	9.915	ton	Undefined				
Fishmeal, 63-65% protein, from anchovy [GLO] market for fishmeal, 63-	1.297	ton	Undefined				
Protein feed, 100% crude [RoW] meat and bone meal to generic marki	1.146	ton	Undefined				
Sodium bicarbonate [GLO] market for sodium bicarbonate   APOS, S	0.099	ton	Undefined				
Calcium carbonate, precipitated [RoW] market for calcium carbonate, p	0.382	ton	Undefined				
Sodium chloride, powder [GLO] market for   APOS, S	0.066	ton	Undefined				
Liquefied petroleum gas [RoW] market for   APOS, S	80.62	kg	Undefined				
Tap water [GLO] market group for   APOS, S	2380	kg	Undefined				
Biols	0.382	ton	Undefined				
MetAMINO	0.132	ton	Undefined				
ThreAMINO	0.020	ton	Undefined				

Add

Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Electricity, low voltage [EC] market for electricity, low voltage   APOS, S	504.802	kWh	Undefined				
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	39663.798	tkm	Undefined				Soya de Bolivia a AVISID 3846 km
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	3458.126	tkm	Undefined				Maiz de Mocache, Los Rios a AVISID 142km
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	3145.94	tkm	Undefined				Aminoacidos EVONIK BR Araucaria 5891 km
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	4.666058548	tkm	Undefined				Fish meal Manta 138 km
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	1.8598	tkm	Undefined				Minerales 3.4 km

Add

Image



C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Profesional; Sanisidro - [Edit assembly '03 Balanceado Crecimiento']

File Edit Calculate Tools Window Help

Input/output Parameters

Name: 03 Balanceado Crecimiento Status: None Comment: 70.652 Ton

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Maize grain [AR] maize grain production   APOS, S	49.757	ton	Undefined				
AVISID Soybean [BR] production   APOS, S	15.25	ton	Undefined				
Fishmeal, 63-65% protein, from anchovy [GLO] market for fishmeal, 63-	1.44	ton	Undefined				
Calcium carbonate, precipitated [RoW] market for calcium carbonate, p	0.707	ton	Undefined				
Protein feed, 100% crude [RoW] meat and bone meal to generic marb	2.12	ton	Undefined				
Sodium bicarbonate [GLO] market for sodium bicarbonate   APOS, S	0.13	ton	Undefined				
Sodium chloride, powder [GLO] market for   APOS, S	0.119	ton	Undefined				
Tap water [GLO] market group for   APOS, S	3910	kg	Undefined				
Diesel [GLO] market group for   APOS, S	44.67096618	kg	Undefined				
Biols	0.707	ton	Undefined				
MetAMINO	0.295	ton	Undefined				
ThreAMINO	0.129	ton	Undefined				
Liquefied petroleum gas [RoW] market for   APOS, S	131.64	kg	Undefined				
Add							
Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Electricity, low voltage [EC] market for electricity, low voltage   APOS, S	649.78	kWh	Undefined				Energia consumida por la maquinaria de la planta de produccion Dato calculado para la produccion de 70.3 ton de balanceado
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	7065.494	tkm	Undefined				Maiz de Mocache, Los Rios a AVISID 142km
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	58651.5	tkm	Undefined				Soya de Bolivia a AVISID 3846 km
Biogas [RoW] anaerobic digestion of manure   APOS, S	34.50336215	m3	Undefined				
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	6662.721	tkm	Undefined				Aminoacidos EVONIK BR Araucaria 5891 km
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	198.72	tkm	Undefined				Fish meal Manta 138 km
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	3.2504	tkm	Undefined				Minerales 3.4 km
Add							

Image 

ESPOL 01 9.0.0.49 PHD

C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Profesional; Sanisidro - [Edit assembly '04 Balanceado Retiro']

File Edit Calculate Tools Window Help

Input/output Parameters

Name: 04 Balanceado Retiro Status: None Comment: 34.371 Ton

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Maize grain [AR] maize grain production   APOS, S	25.617	ton	Undefined				
AVISID Soybean [BR] production   APOS, S	7.101	ton	Undefined				
Calcium carbonate, precipitated [RoW] market for calcium carbonate, p	0.344	ton	Undefined				
Protein feed, 100% crude [RoW] meat and bone meal to generic marb	0.644	ton	Undefined				
Sodium bicarbonate [GLO] market for sodium bicarbonate   APOS, S	0.097	ton	Undefined				
Sodium chloride, powder [GLO] market for   APOS, S	0.074	ton	Undefined				
Tap water [GLO] market group for   APOS, S	1900	kg	Undefined				
Diesel [GLO] market group for   APOS, S	21.73182138	kg	Undefined				
Biols	0.344	ton	Undefined				
MetAMINO	0.119	ton	Undefined				
ThreAMINO	0.032	ton	Undefined				
Liquefied petroleum gas [RoW] market for   APOS, S	64.04	kg	Undefined				
Add							
Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Biogas [RoW] anaerobic digestion of manure   APOS, S	16.78541942	m3	Undefined				
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	3637.614	tkm	Undefined				Maiz de Mocache, Los Rios a AVISID 142km
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	27310.446	tkm	Undefined				Soya de Bolivia a AVISID 3846 km
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	2916.045	tkm	Undefined				Aminoacidos EVONIK BR Araucaria 5891 km
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 [RoW] market for tran	1.751	tkm	Undefined				Minerales 3.4 km
Electricity, low voltage [EC] market for electricity, low voltage   APOS, S	316.13	kWh	Undefined				
Add							

Image 

ESPOL 01 9.0.0.49 PHD

C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Profesional; Sanisidro - [Edit assembly 'Plantas de producción de balanceado']

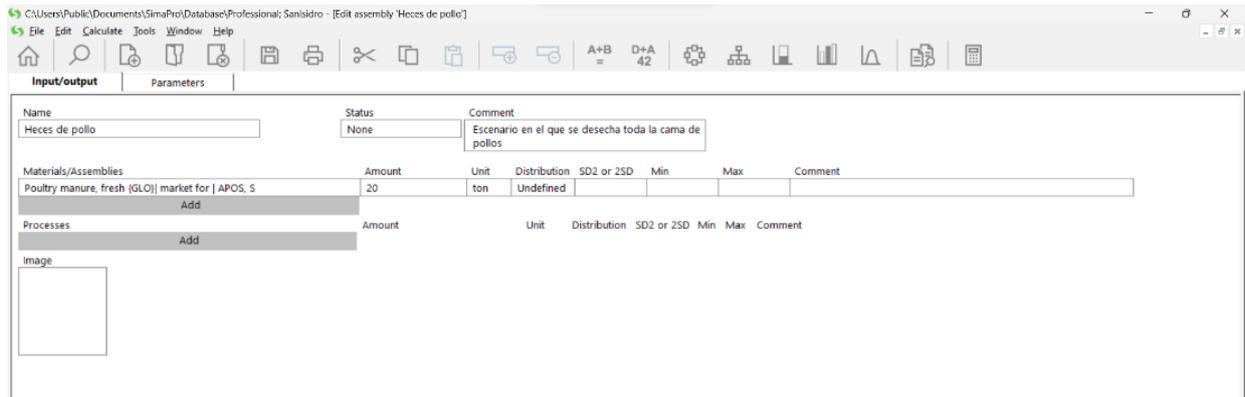
File Edit Calculate Tools Window Help

Input/output Parameters

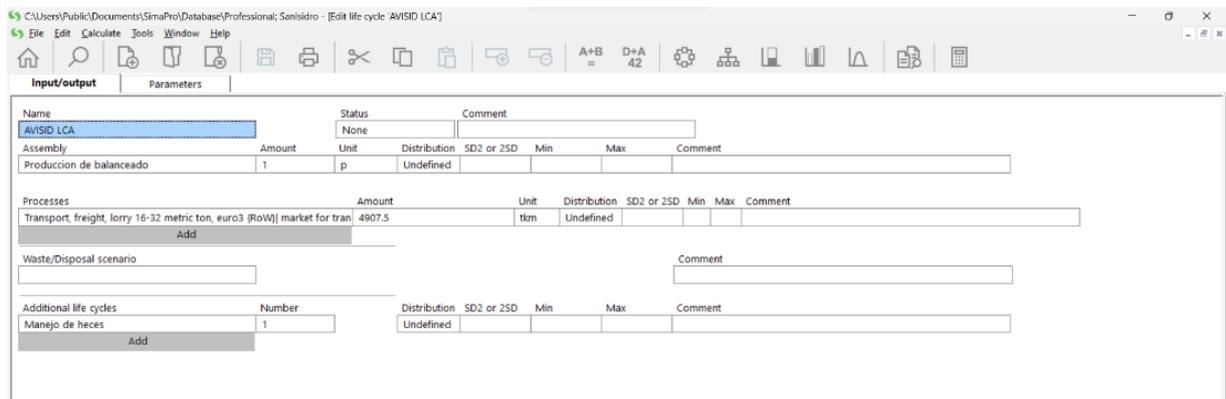
Name: Plantas de producción de balanceado Status: None Comment:

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
01 Balanceado Pre-Inicial	1	p	Undefined				
02 Balanceado Inicial	1	p	Undefined				
03 Balanceado Crecimiento	1	p	Undefined				
04 Balanceado Retiro	1	p	Undefined				
Diesel [GLO] market group for   APOS, S	35.3*9.213 = 113	kg					
Add							
Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add							

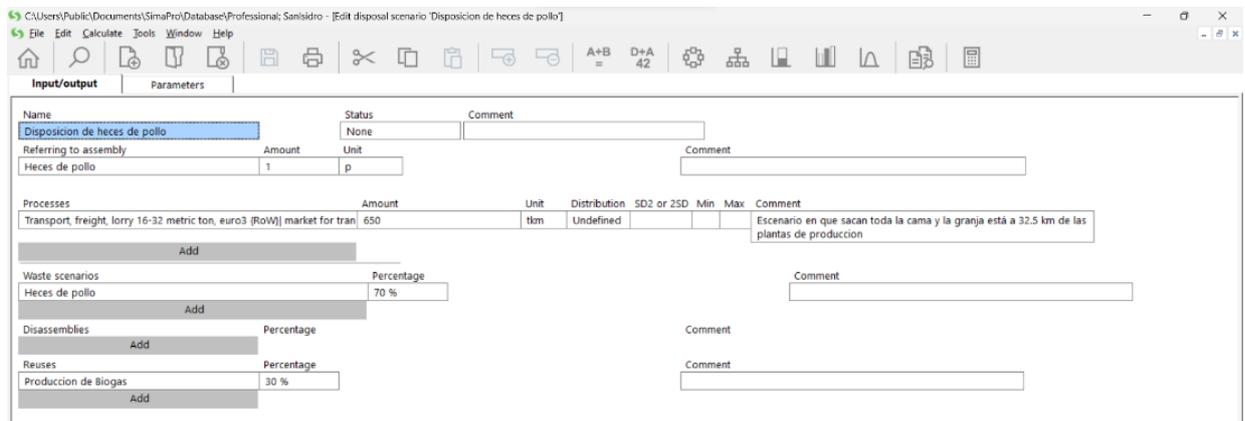
Image 



### Creación del ciclo de vida:



### Creación del escenario de disposición:



### Creación del escenario de reutilización:

