



**Aprovechamiento de residuos de piscifactoría para la producción de alimentos en la industria avícola en la cooperativa Multiactiva la fortuna del municipio de Mutatá**

Jeferson Suárez Martínez

Ingeniero Bioquímico

Asesor

Yhoan Sebastián Gaviria Gaviria, Ingeniero de alimentos, candidato a doctor en ciencias farmacéuticas y alimentarias

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingenierías

Pregrado

Seccional Urabá

2023

<b>Cita</b>	(Suárez Martínez, 2023)
<b>Referencia</b>	Suárez Martínez, J., (2023). <i>Aprovechamiento de residuos de piscifactoría para la producción de alimento en la industria avícola en la cooperativa Multiactiva la fortuna del municipio de Mutatá, 2023</i> [Modalidad presencial]. Universidad de Antioquia, Urabá.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



Créditos a escenario de prácticas, personas, proyectos que aportaron al desarrollo de la práctica (interna y externamente: empresa y área de la empresa, grupo de investigación, proyecto, organización)



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Lina María Gonzáles Rodríguez

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de grado a Dios principalmente, a mi familia quien me apoyó incondicionalmente de muchas formas en toda esta trayectoria y recibe este título con la misma satisfacción y entusiasmo que yo, también destaco a todos mis compañeros, al cuerpo de docentes, y administrativos que hicieron que mi instancia o paso por la universidad se constituya en una de las mejores etapas de mi vida, por tanto, inolvidable ya que recibí lo mejor de ellos como persona para formarme como profesional, pero más importante aún, como ser humano.

## **Agradecimientos**

A mi asesor interno Yhoan Sebastián Gaviria Gaviria, ya que gracias a su conocimiento y su gran disposición me brindó un apoyo fundamental para desarrollar y llevar a feliz puerto este trabajo, también quiero destacar a la comunidad de San José del León por brindarme el espacio de trabajo y al proyecto “Elaboración de alimentos para aves a partir de ensilados de vísceras tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) en la cooperativa Multiactiva la fortuna del municipio de Mutatá” por darme la oportunidad de hacer parte de esta maravillosa experiencia.

## Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
1 Objetivos	12
1.1 Objetivo general	12
1.2 Objetivos específicos	12
2 Marco teórico	13
3 Metodología	18
4 Resultados	31
5 Análisis	36
6 Conclusiones	40
7 Recomendaciones	41
Referencias	42
Anexos	48

## Lista de tablas

<b>Tabla 1:</b> Formulacion del ensilado quimico de visceras de tilapia roja ( <i>Oreochromis Spp</i> ).....	20
<b>Tabla 2:</b> Formulacion de la dieta control Dco.....	23
<b>Tabla 3:</b> Caracterizacion fisicoquimica de la dieta control Dco .....	24
<b>Tabla 4:</b> Formulacion de la dieta ensilado De.....	24
<b>Tabla 5:</b> Caracterizacion fisicoquimica de la dieta ensilado De .....	24
<b>Tabla 6:</b> Variables de productividad en pollos Ross 308 .....	32
<b>Tabla 7:</b> Caracterizacion bromatologica de las visceras y del ensilado quimico .....	32
<b>Tabla 8:</b> Caracterizacion microbiologica del ensilado quimico .....	32
<b>Tabla 9:</b> Analisis de inventario en la elaboracion de ensilado quimico .....	33
<b>Tabla 10:</b> Analisis de inventario en la elaboracion de la dieta ensilado .....	34
<b>Tabla 11:</b> Analisis de inventario en la alimentacion de las aves .....	34

## Lista de figuras

<b>Figura 1:</b> Morfología y aspectos de la tilapia roja ( <i>Oreochromis Spp</i> ).....	13
<b>Figura 2:</b> Visceras frescas de tilapia roja ( <i>Oreochromis Spp</i> ).....	14
<b>Figura 3:</b> Ensilado químico a partir de visceras de tilapia roja ( <i>Oreochromis Spp</i> ) .....	16
<b>Figura 4:</b> Diagrama de entradas y salidas en la producción de pollos Ross 308 .....	27
<b>Figura 5:</b> Ganancia de peso en pollos Ross 308.....	31
<b>Figura 6:</b> Comportamiento de la talla en pollos Ross 308.....	31
<b>Figura 7:</b> Impacto ambiental generado en los diferentes subsistemas.....	35
<b>Figura 8:</b> Impacto ambiental detallado por componente .....	35

## **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>De</b>	Dieta ensilado
<b>Dco</b>	Dieta control
<b>IA</b>	Impacto ambiental
<b>BTH</b>	Butilhidroxitolueno
<b>Subs</b>	Subsistema
<b>IC</b>	Índice de conversión
<b>Ecn</b>	Ecuación

## Resumen

Con el objetivo de evaluar las variables productivas en pollos de engorde de la línea Ross 308 se implementó ensilado químico de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) como fuente proteica de una dieta alternativa y un alimento control estándar en dos poblaciones de aves (De y Dco) con 30 unidades cada una, adquiridas en edad temprana (cero días), el peso (De=1780,259 gr, Dco=2199,857 gr) y la talla (De=10,096 cm, Dco=14,929 cm) presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P>0,05$ ). Además, el consumo de alimento promedio (g/ave. d) y la mortalidad (%) también presentaron diferencias estadísticas significativa ( $P>0,05$ ), el índice de conversión IC (De=1,799 gr alimento/gr carne, Dco=1,642 gr alimento/gr carne) estuvo dentro del rango establecido para la línea Ross 308. Por otro lado, se realizó la caracterización bromatológica de las vísceras frescas y del ensilado químico a partir de estas, observando un aumento en el contenido proteico, también se evaluó el impacto ambiental (IA) en la alimentación de las aves bajo la estrategia de inclusión del ensilado químico como fuente de proteína en la dieta encontrando que la etapa o subsistema ensilaje tiene una contribución positiva en el ambiente (IA= -0,14417 ha/Tonelada) y el componente agua residual es quien más afectación ocasiona (IA=78,979%) durante el proceso.

**Palabras clave:** ensilado químico, vísceras, proteína, aves, dieta.



### **Abstract**

In order to evaluate the productive variables in broilers of the Ross 308 line, chemical silage of red tilapia (*Oreochromis Spp.*) was implemented as a protein source of an alternative diet and a standard control food in two bird populations (De and Dco) 30 units each, acquired at an early age (zero days), weight (De=1780,259 gr, Dco=2199,857 gr) and size (De=10,096 cm, Dco=14,929 cm) showed significant statistical differences ( $P>0,05$ ). In addition, the average food consumption (g/ave. d) and mortality (%) also showed significant statistical differences ( $P>0.05$ ), the CI conversion rate (De=1.799 gr food/gr meat, Dco=1.642 gr food/gr meat) was within range of the Ross 308 line. On the other hand, the bromatological characterization of the fresh viscera and the chemical silage from these was carried out, observing an increase in the protein content, also of the environmental impact (IA) in the feeding of birds under the strategy of including chemical silage as a source of protein in the diet finding that the stage or subsystem silage has a positive contribution in the environment (IA= -0,14417 ha/Ton) and the residual water component is the most affected (AI=78.979%) during the process.

**Keywords:** chemical silage, viscera, protein, poultry, diet.

---

## Introducción

Una de las actividades productivas que han presentado crecimiento sostenido durante las últimas décadas, lo representa la piscicultura, la cual llegó en 2016 a 171 millones ton en el mundo, mientras que en Colombia se estima que presentó un crecimiento del 9% en el 2018, siendo la tilapia roja (*Oreochromis Spp*) el 62% de la producción (FAO, 2018), en dicha industria se descarta alrededor del 65% en forma de residuos, los cuales en la mayoría de los casos son vertidos inadecuadamente, implicando un fuerte deterioro ambiental (Martínez - Álvarez et al., 2015).

La pesca y el sector acuícola juegan un papel importante y creciente en cuanto al suministro de alimentos, nutrición y generación de empleos globalmente, por consecuencia, es de mucha importancia el desarrollo del sector piscícola (FAO, 2002). Los residuos o desechos que se generan principalmente en la acuicultura están constituidos por las vísceras, las cuales llegan a alcanzar entre el 12-18% del peso total del animal, dichas vísceras a su vez representan una muy buena fuente de alto contenido de proteína (Villamil et al., 2017).

Partiendo de que la mayoría de estos residuos tienen un alto contenido en proteína, como es el caso de las vísceras (Suarez et al., 2018), nace la alternativa de emplearlos como fuente de proteína en la producción de insumos dirigidos a la industria de manutención animal. De este modo, el ensilaje de vísceras de pescado se ha puesto en práctica con éxito dándole valor agregado a estos desechos, prolongando el tiempo de conservación e incrementando su composición nutricional (Suarez et al., 2018).

Algunos métodos que se han expuesto para tratar desechos de piscifactoría señalan a grandes productores industriales, lo que ocasiona que gran cantidad de estos desechos sean descartados y vertidos inadecuadamente por las pequeñas y medianas cooperativas acuícolas (Mota et al., 2019). Por su parte, el ensilaje de pescado ha sido utilizado en las últimas décadas como una tecnología alternativa para el procesamiento de residuos piscícolas (Davies et al., 2020). Este proceso consiste en el uso de ácidos orgánicos o inorgánicos, así como de algunas bacterias ácidos lácticas, para disminuir el pH y activar las enzimas endógenas, con el objetivo de causar lisis en las proteínas para beneficiar la generación de aminoácidos y péptidos de interés, además, se causa un descenso en la flora microbiana (Olsen et al., 2017). La característica principal de este producto está en la cantidad de proteína y su elevada digestibilidad, lo cual ha hecho que incremente el

interés como materia prima proteica en la producción de alimentos para distintas especies de animales (Davies et al., 2020).

La avicultura industrial es reconocida a nivel mundial, como una cadena productiva eficiente de proteína animal de alta calidad y bajo costo (López et al., 2014). En el plano nacional, el subsector avícola aporta un porcentaje significativo al Producto Interno Bruto (BIP) nacional con cerca del 11%, constituyéndose en generador de empleo directo e indirecto, además, de actuar en cadena con otros renglones de la producción, pues en él se conjugan tanto la parte agrícola como la producción industrial (López et al., 2014).

Uno de los factores más importantes en la avicultura es la alimentación, pues representa entre el 60 - 70% de los costos totales de producción (Berenz, 2002).

Un detalle característico en ella es el suministro de proteínas con un alto valor biológico, por la escasa disponibilidad de insumos proteicos de excelente calidad y su alto valor económico (Berenz, 2002).

El avance que ha tenido el sector avicola en los últimos tiempos es más que evidente, al iniciar el siglo XX, se lograron grandes descubrimientos que beneficiaron positivamente la avicultura y su desarrollo. Se dio un incentivo mayor a la investigación en cuanto a la línea de nutrición animal y mejoramiento de genético, lo cual se ve reflejado en más alta innovación tecnológica en el sector para la producción de pollos de engorde (Rostagno et al., 2009).

Por este motivo, es necesario buscar alternativas de alimentación que permitan disminuir costos, logrando mayor eficiencia y sostenibilidad en el tiempo de los sistemas productivos. Es por ello, que, desde hace algunos años, se vienen realizando alrededor de todo el mundo, estudios en torno al aprovechamiento de residuos de pescado, como fuente de proteína para uso en raciones de animales (Berenz, 2002; VAN Den BERG & BRUIN, 1991).

## **1 Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Acompañar social y técnicamente la elaboración de una dieta para la industria avícola a partir de ensilado químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) en la Cooperativa Multiactiva la Fortuna de la comunidad de San José del León, municipio de Mutatá, Antioquia.

### **1.2 Objetivos específicos**

Comparar mediante parámetros productivos en pollos de engorde el alimento a base ensilado químico a partir de vísceras tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) De con una dieta estándar comercial Dco.

Caracterizar bromatológica y microbiológicamente las vísceras frescas de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) y el ensilado químico a partir de vísceras tilapia roja (*Oreochromis Spp.*).

Evaluar la huella ecológica en la alimentación de pollos de engorde Ross 308 en la Cooperativa Multiactiva la Fortuna de la comunidad de San José del León, del municipio de Mutatá, Antioquia

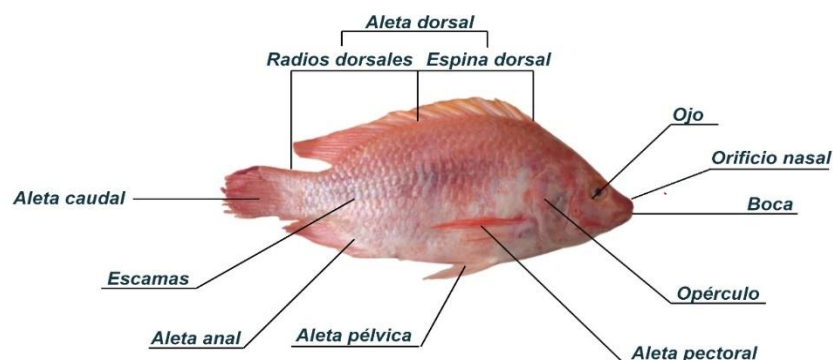
## 2 Marco teórico

### 2.1 Generalidades de la tilapia roja (*Oreochromis Spp.*)

El cuerpo es comprimido y comúnmente discoidal, escasamente de forma alargado. En los machos de esta especie se da un mayor crecimiento en comparación a la hembra (Rafael, 2001). La boca presenta características protractiles, la mayoría de los casos ancha y a menudo con labios gruesos. Poseen dientes cónicos y en algunas veces incisivos. Pueden o no presentar freno en el maxilar inferior en la parte media debajo del labio. Las membranas branquiales están unidas por 5 o 6 radios branquiostegos y se presentan branquiespinas en número variable según la especie. La parte anterior de las aletas dorsal y anal siempre es corta y consta de varias espinas y la parte terminal posee radios suaves los que en los machos están fuertemente pigmentados. La aleta caudal de esta especie es redondeada, trunca o escasamente escotada (Rafael, 2001). La línea lateral es cortada mostrándola en dos partes, la parte elevada va desde el opérculo hasta llegar a los últimos radios presentes en la aleta dorsal, por otro lado, en la parte inferior aparecen algunas por debajo de donde acaba la línea lateral superior y va hasta el final de la aleta caudal, tal como se muestra en la **Figura 1**. Muestran escamas de tipo cicloideo; la cantidad total de vértebras puede variar entre 8 a 40 (Rafael, 2001).

### Figura 1

*Morfología y aspecto de la tilapia roja (Oreochromis Spp.)*



## 2.2 Vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*)

Cuando se habla de las vísceras de pescado de agua dulce se tiene que estas constituyen entre el 5 y 11% del peso corporal. Su composición química promedio es 67% agua, 10% proteína, 14% extracto etéreo y 3% minerales (Ahmed & Mahendrakar, 1996; Vásquez, 2017). Las vísceras frescas son de naturaleza acuosa como se aprecia en la **Figura 2**. También es importante resaltar que las vísceras de pescado una fuente potencial de enzimas, tales como proteasas que pueden tener algunas propiedades únicas para aplicaciones industriales (Klomklao et al., 2011; Vásquez, 2017).

### Figura 2

*Vísceras frescas de tilapia roja (Oreochromis Spp.)*



*Nota.* Las vísceras fueron colectadas en la Cooperativa Multiactiva la Fortuna del Municipio de Mutatá.

## 2.3 Ensilaje químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*)

El aprovechamiento de los residuos generados en el sector piscícola en la etapa de esviscerado de los peces mediante el desarrollo de ensilado, para posteriormente ser incluido en dietas que servirán en la alimentación animal, constituye una alternativa nutricional de muy buena

calidad, que permite obtener un alimento bajo en costos pero alto en nutrientes con elevados índices productivos y eficiencia alimenticia, debido a que posee una apreciable composición nutricional, las proteínas son de alto valor biológico y con una alta digestibilidad, lo cual brinda un beneficio mayor en la alimentación animal (GARCÉS, 2015).

El ensilado químico de pescado es un proceso de conservación el cual consiste en adicionar ácidos minerales y/o orgánicos al pescado; entre los ácidos utilizados se encuentran el ácido fórmico, sulfúrico, clorhídrico, propiónico o mezclas de estos como por ejemplo acético y fórmico, fórmico y sulfúrico y propiónico y sulfúrico (Figuroa, 1997; Vásquez, 2017).

El ensilado químico de pescado es un producto pastoso semilíquido ver **Figura 3**, el cual puede ser obtenido de pescado entero o partes de este, en este intervienen las enzimas proteolíticas propias del pescado que al adicionar los ácidos aumentan su actividad, esta adición de ácidos también logra que el producto final sea estable incluso a temperatura ambiente (Fernández-Herero et al., 2013; Vásquez, 2017).

Durante el periodo de tiempo en el cual está almacenado el ensilaje las enzimas que están presentes en el musculo hidrolizan las proteínas, la acción de estas enzimas es beneficiada por los pH bajos encontrados en estos ensilajes (Borghesi et al., 2008; Vásquez, 2017), es entonces cuando el nitrógeno presente en ellas se vuelve más soluble.

Las proteínas se hidrolizan a péptidos de cadena larga y corta y aminoácidos libres, y la fuente de aminoácidos se vuelve más biodisponible (Vidotti et al., 2003; Vásquez, 2017).

Algunos reportes de literatura ponen en evidencia que muchos péptidos obtenidos de hidrolisis de proteínas están siendo empleados en mejorar funciones biológicas y son capaces de ejercer efectos específicos tales como: antimicrobiano, antiviral, antioxidante entre otras (Möller et al., 2008; Vásquez, 2017).

En la elaboración de ensilado químico artesanal se realiza un picado de las vísceras de pescado en una máquina picadora, para permitir un mejor contacto entre las partículas de vísceras y el ácido. Seguidamente, se incorpora los ácidos en cantidad suficiente hasta alcanzar un pH de 3,5 y se mezcla hasta homogenizar la pasta (Manca & Carrizo., 2002; Vásquez, 2017).

### Figura 3

*Ensilado químico a partir de vísceras de tilapia roja (Oreochromis Spp.)*



*Nota.* Ensilado químico procesado en la Cooperativa Multiactiva la Fortuna.

## 2.4 Etapa de alimentación en la avicultura

En Colombia la producción de pollo se ha trabajado a gran escala, casi que, por toda la geografía nacional sin importar el clima, debido a su elevada rentabilidad, facilidad de obtener pollos de buenas líneas genéticas y la gran aceptación en el mercado de la carne de pollo y sus derivados sin dejar de lado la importancia de otros eslabones en términos de manejo, alimentación e instalaciones, calidad de agua y plan sanitario (Rentería, 2007).

En la industria o sector avícola los gastos derivados de la etapa de alimentación pueden alcanzar hasta un 75 % de los gastos generales de la producción siendo la torta de soya y el maíz los insumos que más elevan el costo de la alimentación. A parte de esto, fuera de temporada de cosecha de estas materias primas dichos productos se vuelven escasos de conseguir y costosos para el avicultor (Luna-Jiménez et al., 2018). Con el objetivo de disminuir los costos asociados a la alimentación, están siendo implementadas dietas alternativas a las comerciales.

Para la alimentación de aves de corral se ha propuesto el potencial uso de harinas de hojas (Abou – Elezz et al., 2011), harina de plátano (Delgado et al., 2013), sorgo - soya (Gómez et al., 2011), y azúcar de caña (Cordeiro et al., 2007) entre otras más.

La implantación de nuevas fuentes alternativas de alimentación en la industria avícola conlleva a mejorar el margen de ganancias o beneficios mediante la disminución en el uso de las



fuentes de alimentación tradicionales. La poca oferta actual de proteína animal en ciertos países subdesarrollados soporta o justifica el estudio del uso potencial de ciertos recursos producidos a escala local para la alimentación animal (Abou – Elezz et al., 2011).

Por otro lado, la demanda de nutrientes en la alimentación de pollos de engorde es variable debido en gran parte a los estudios genéticos que se llevan a cabo constantemente las diferentes empresas genéticas, las cuales han alcanzado que las aves aumenten el peso estándar a razón de 50 g por año, lo que significa un día menos en su ciclo de crianza (Cuca, 1996).

La tasa de crecimiento en pollos de engorde es consecuencia, en parte, de una exhaustiva selección genética (Pesti, 2009); es por ello, que la alimentación es fundamental para alcanzar una elevada expresión productiva.

Las fases de alimentación en pollos de engorde son las distintas divisiones que se hacen con el fin de buscar la máxima asimilación de los alimentos y nutrientes. Dichas divisiones están fundamentadas en los procesos fisiológicos y metabólicos del animal; la meta, es proporcionar al ave la cantidad optima de nutrientes demandados a una edad determinada, para así evitar desperdicios o sobrealimentación (Roush et al., 2004).

Los pollos de engorde necesitan en la dieta, una cantidad determinada de aminoácidos esenciales y una cantidad necesaria de nitrógeno, para la síntesis de aminoácidos no esenciales, en vez de proteína cruda *per se* (Urdaneta-Rincón et al., 2005). Se puede utilizar una menor concentración de proteína en alimento usando aminoácidos cristalinos que se ofertan en el mercado, como metionina, lisina, treonina y triptófano, que favorecen al ambiente en donde se encuentren las aves, ya que se producen excretas bajas en nitrógeno y menor producción de amoníaco, lo que se traduce en un beneficio económico al disminuir el contenido de proteína en las dietas (Hussein et al., 2001).

---

### **3 Metodología**

#### **3.1 Proceso para elaboración de ensilaje químico a partir de vísceras de tilapia roja *Oreochromis Spp.***

La primera estrategia metodológica se enfoca en la elaboración de ensilado químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*).

##### **3.1.1 Requerimientos de seguridad**

Se debe contar con indumentaria de seguridad, gafas, guantes, bata manga larga, zapatos cerrados y cabello recogido.

##### **3.1.2 Materiales y equipos**

- Caba de icopor
- Geles de congelación
- Termómetro
- Recipientes
- Instrumentos para agitar (cucharón o cuchara)
- Canecas con tapa
- Balanza
- Marmita o placa de calentamiento
- Congelador
- Procesador o licuadora
- PHmetro

### **3.1.3 Reactivos e insumos**

- Ácido fórmico 85%
- Ácido sulfúrico al 97%
- Sorbato de potasio
- BTH (Butilhidroxitolueno)
- Visceras de tilapia roja

### **3.1.4 Recepción de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp*)**

Se realiza el pedido de vísceras procedentes de la Cooperativa Multiactiva la Fortuna, ubicada en la comunidad de San José del León, municipio de Mutatá, Antioquia.

Para su recepción se requiere que la persona encargada del transporte cuente con los respectivos formatos, con las cabas, bolsas y geles de congelación para evitar que se deterioren las vísceras durante el transporte. Se debe registrar el peso de las vísceras para posteriormente calcular rendimientos.

### **3.1.5 Tratamiento para la extracción de grasa de las vísceras**

Inicialmente se hace un pretratamiento con calor para hacer una separación de la mayor cantidad de grasa posible por decantación, en una olla las vísceras son sometidas al calor en la marmita y/o placa de calentamiento controlando siempre la temperatura de manera que estas se mantengan a 67 °C durante 30 minutos, se recomienda homogenizar muy suavemente para que la temperatura sea más uniforme en la totalidad de las vísceras. Luego de pasados los 30 minutos se retira sin agitar las vísceras puede ser con un recipiente o cucharón, luego de este periodo se extrae el bloque de grasa que se encuentra en la superficie, es importante que la grasa se encuentre bien solidificada para garantizar que se extraiga la mayor cantidad de grasa.

### 3.1.6 Ensilado

Las vísceras procesadas son pesadas y con este valor se procede a calcular los pesos de las materias primas con la Ecn (1).

Luego de calcular los pesos de cada materia prima se procede a adicionar a las vísceras con precaución ya que se están manipulando ácidos concentrados, se homogenizan bien los ingredientes, la mezcla se almacena en baldes que permitan un cierre hermético, además, los baldes y utensilios deben estar previamente lavados y desinfectados, finalmente el ensilado se rotulado.

Cuando se cumplan 8 días de la elaboración del ensilado se deben realizar mediciones de pH, se monitorea pH hasta que el ensilado estabilice su pH en el orden  $\leq 4$ .

*Nota:* los baldes no deben quedar completamente llenos, estos deben tener un espacio de cabeza de aproximadamente 10 cm, la toma de muestras debe hacerse con la mayor asepsia posible para evitar que el ensilado se contamine.

**Tabla 1**

*Formulación del ensilado químico de vísceras de tilapia roja (Oreochromis Spp)*

Materia prima	Concentración %
Vísceras de tilapia desengrasadas	98,688
Ácido fórmico	1,16
Ácido sulfúrico	0,03
Antioxidante BTH	0,002
Sorbato de potasio	0,12

$$W_{mp} = \frac{W_v * \%mp}{98,688} \quad (1)$$

*Donde:*

$W_{mp}$  = *Peso de la materia prima*

$\%mp$  = *Porcentaje de la materia prima*

$W_v$  = *Peso de las viscera*

98,688 = *Visceras de tilapia desengrasadas*

### **3.1.7 Limpieza y desinfección**

Una vez estén los ensilados con el pH adecuado, estos deben ser limpiados y desinfectados cada 10 o 12 días máximo con el fin de garantizar su conservación en periodos de tiempo prologados ya que estos pueden llegar a presentar contaminación por hongos y generar el deterioro de estos, para ello se debe llevar un control de cada uno de los contenedores con ensilados y registrar cualquier notificación u observación que puedan presentar en el formato.

## **3.2 Proceso de elaboración de extruido para alimentación en pollos de engorde Ross 308.**

La segunda estrategia metodológica se enfoca en la formulación y elaboración del alimento a partir ensilado químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp*) y las materias primas auxiliares.

### **3.2.1 Requerimientos de seguridad**

Se debe utilizar bata con mangas largas, guantes, y tapabocas en el proceso de pesaje de materias primas y extrusión del alimento para evitar contaminaciones.

Los insumos o reactivos utilizados para la obtención de esta harina no presentan alto riesgo, a excepción del hidróxido de sodio al 50%.

### **3.2.2 Materiales y equipos**

- Recipientes plásticos
- Bolsa ziploc
- Balanza y/o bascula
- Horno convectivo
- Estufa de aire
- Extrusora
- Paneles solares directos efecto invernadero

### 3.2.3 Reactivos e insumos

- Hidróxido de Sodio al 50%
- Ensilado químico de vísceras de tilapia roja.
- Agua.
- Harina de yuca entera
- Harina de maíz entera
- Harina de pescado entera
- Aceite de girasol.
- Carbonatos
- Fosfatos
- Aminoácidos (específico para cada dieta. Ver formulación)
- Complementos, vitaminas y otros (específicos para cada dieta. Ver formulación)

### 3.2.4 Procedimientos

Formulación de alimento: Una vez se haya establecido la producción diaria se fijan los valores en gr de cada ingrediente o insumo como se muestra en la **Tabla 2** para la dieta control y en la **Tabla 4** para la dieta ensilado.

Pesaje de materias primas: Se pesan las materias primas o insumos correctamente de acuerdo a lo que demande cada formulación.

Neutralización de ensilado químico: Inicialmente el ensilado químico se encuentra ácido ( $\text{pH} < 4$ ), por lo cual se deber neutralizar, para esto, se utiliza hidróxido de sodio al 50% hasta lograr obtener un  $\text{pH } 7,0 \pm 0,1$  **Nota:** No aplica para la elaboración de la dieta control.

Homogenización y mezclado de materias primas: Se integran los insumos e ingredientes en un recipiente plástico, se someten a mezclado manual, en esta etapa lo que se busca es obtener una mezcla completamente homogénea en todos sus puntos, de acuerdo a la dieta que se esté elaborando se agrega ensilado químico, agua o algún tipo de aceite y se repite el proceso de mezclado.

Accionado y acondicionamiento de la extrusora: Se acciona la extrusora cuando se tiene la mezcla a procesar, se fijan los parámetros de interés, se establecen valores de temperaturas máximos que se requieren alcanzar durante la operación, también se fijan valores de velocidad angular en rpm con los que se quiere que resulte el producto.

Acondicionamiento de la mezcla para someterla a la extrusora: Se elaboran manualmente formas alargadas de la mezcla para posteriormente ser ingresadas en el equipo, esto para evitar obstrucciones durante la operación y facilitar el posterior lavado que se le debe hacer al equipo.

Secado de los pellets obtenidos: La máquina extrusora nos entrega el alimento en forma de pequeños pellets, estos pellets deben ser llevados inmediatamente a un proceso de secado, el cual debe realizarse a una temperatura promedio entre 60-65°C por 5 horas en un horno conectivo para obtener un alimento final con una humedad <10% dependiendo la dieta.

Enfriado del extruido: Luego del secado la temperatura de los pellets debe descender, este enfriamiento se da a temperatura ambiente para facilitar el envasado del alimento.

Caracterización fisicoquímica del alimento: Se caracteriza el alimento para saber su composición nutricional, **Tabla 3** para el alimento control y **Tabla 5** para el alimento ensilado.

Envasado: Se dispone el alimento en recipientes cerrados, previamente acondicionados y se ubican en lugares frescos y secos para favorecer la conservación.

**Tabla 2**

*Formulación de la dieta control Dco*

Materias primas	Dieta control %
Harina de maíz	33
Harina de arroz	26
Ensilado químico	0
Torta de soya	18
Harina de pescado	16
Aceite de pescado	3,5
Carbonato de calcio	1,0
Fosfato de calcio	1,0
Suplementos vitaminas	0,50
Lisina	0,25
Metionina	0,25
Triptófano	0,25
Treonina	0,25

**Tabla 3**

*Caracterización fisicoquímica de la dieta control Dco*

<b>Composición química</b>	<b>Cantidad</b>
Proteína (%)	20,50
Carbohidratos (%)	41,01
Grasa cruda (%)	9,0
Energía metabolizable (Kcal/kg)	3676
Calcio (%)	1,3
Fosforo (%)	0,70

**Tabla 4**

*Formulación de la dieta ensilado De*

<b>Materias primas</b>	<b>Dieta control %</b>
Harina de yuca	24,8
Harina de plátano	40,0
Ensilado químico	24,5
Harina de pescado	8
Aceite de pescado	0,0
Carbonato de calcio	1,0
Fosfato de calcio	0,3
Suplementos vitaminas	0,4
Lisina	0,25
Metionina	0,25
Tryptófano	0,25
Treonina	0,25

**Tabla 5**

*Caracterización fisicoquímica de la dieta ensilado De*

<b>Composición química</b>	<b>Cantidad</b>
Proteína (%)	19,8
Carbohidratos (%)	49,7
Grasa cruda (%)	5,5
Energía metabolizable (Kcal/kg)	3720
Calcio (%)	1,46
Fosforo (%)	0,5



### **3.3 Análisis microbiológico**

El análisis de mesófilos aerobios, hogos y levaduras fue realizado empleando el agar Plate count (OXOID LTD, Inglaterra) y agar OGYE base según ISO (Merck KGaA, Alemania), respectivamente. El número más probable (NMP) de coliformes totales y fecales fue determinado con la técnica de tubos múltiples con caldo LMX modificado según Manafi y Ossmer (Merck KGaA, Alemania).(Suarez et al., 2018).

### **3.4 Análisis bromatológico**

Todos los análisis fisicoquímicos fueron analizados por triplicado siguiendo los métodos establecidos por la AOAC (2000). La Humedad fue determinada en estufa de aire. El contenido de nitrógeno fue determinado por el método de kjeldahl (F= 6,25). El extracto etéreo fue determinado usando un montaje soxhlet. Las cenizas fueron analizadas por incineración y el pH fue medido con un potenciómetro (HORIBA, Japón).(Suarez et al., 2018).

### **3.5 Alimentación de las aves**

Los pollos de engorde de línea Ross 308 se adquirieron en edad temprana, es decir, de cero días de nacidos, en total se tuvieron 60 aves las cuales se alimentaron durante 43 días calendario, repartidas aleatoriamente en 2 grupos 30 aves cada uno, un grupo se denominó dieta control (Dco) y el otro grupo dieta ensilado (De). Al grupo De se le suministró durante toda la etapa de alimentación una dieta cuya fuente proteica fue el ensilado químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*), mientras que al grupo Dco se le brindó un alimento con fuentes proteicas tradicionales tales como torta de soya y harina de pescado. Ambos grupos fueron alimentados 2 veces al día en el horario de 7:00:00 AM a 1:30.00 PM con una ración por ave que aumentaba diariamente. Se les suministroo agua constante ad libitum.

### **3.6 Variables o parámetros productivos**

Los parámetros o variables productivas se registraron semanalmente del día 1 al día 43, el peso de las aves se tomó utilizando una balanza analítica con precisión 1 g, para la talla de las aves se empleó una cinta métrica midiendo el hueso tarso-metatarso, se determinó también el porcentaje de mortalidad de aves en las dietas De y Dco y por último se calculó el índice de conversión de alimento como la razón entre la cantidad de alimento consumido suministrado y la ganancia o incremento en el peso de cada ave.

### **3.7 Huella ecológica**

La estrategia de la huella ecológica es un método ideado para determinar el efecto que ocasionan las actividades antropogénicas, la huella de carbono, los productos forestales, la infraestructura y el agua (Ahmed et al., 2020). Hoy en día la huella ecológica se constituye en uno de los indicadores de sostenibilidad más empleados debido a que proporciona respuestas confiables, completas y comparables (Jóhannesson et al., 2018; Ahmed & Wang, 2019).

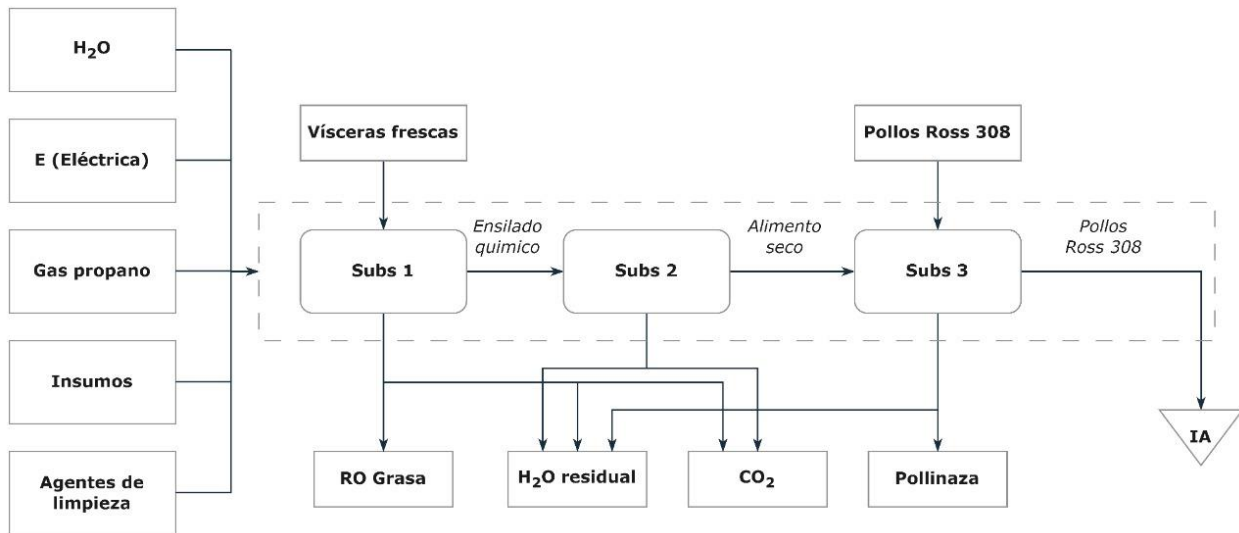
La metodología de la huella ecológica también determina los efectos que causan las actividades o tareas humanas en el medio ambiente, fijando la cantidad necesaria de hectáreas de agua y tierra a escala global que se necesitan para mitigar los desechos producidos durante el aprovechamiento o consumo de los recursos naturales (Ahmed & Wang, 2019).

Los índices económicos a nivel mundial de muchas naciones están asociados al consumo de los recursos naturales, por consecuencia se da un agotamiento de dichos recursos por la necesidad o demanda que tiene la sociedad sobre la energía, abastecimiento de agua, abastecimiento de alimentos, la necesidad de infraestructuras, todo esto obliga a que se genere un tipo de presión ecológica en el planeta. Esto acarrea a un sin número de factores que afectan el medio ambiente, por ejemplo, la generación de gases de efecto invernadero, la generación de residuos y claramente, el agotamiento de los recursos (Ahmed & Wang, 2019). Consecuencia de esto, el planeta ha enfrentado grandes retos encaminados en la búsqueda de la conservación de los recursos naturales a lo largo de las últimas décadas (Ibidhi et al., 2017).

Para determinar el IA en la elaboración o producción de alimentos para pollos de engorde Ross 308 de empleo la estrategia de huella ecológica siguiendo lo establecido por Gwehenberger y Narodoslawshy, 2007a, Gwehenberger y Narodoslawshy, 200b y Krotscheck y Narodoslawshy (1996), en la cual se trabajan modelos de cálculo para determinar el IA que se deriva de cada subsistema que se muestra en la **Figura 4**, donde se muestra una representación esquemática del sistema de interés previamente delimitado que incluye las etapas de ensilaje (Subs 1), elaboración del alimento (Subs 2) y por último la etapa de alimentación de los pollos de engorde Ross 308 (Subs 3), cabe resaltar que al interior de cada subsistema se dan una serie de actividades o subetapas, por ejemplo, desengrasado en el Subs 1 y secado en el Subs 2 que serán detalladas en el análisis de inventario ecológico para cuantificar el (IA) asociado a cada una de ellas.

**Figura 4**

*Diagrama de entradas y salidas en la producción de pollos Ross 308*



*Nota.* Subs 1: ensilaje, Subs 2: producción de dieta, Subs 3: alimentación.

Para desarrollar la estrategia partimos de una serie de limitaciones o supuestos con el fin de acotar el sistema y entender de manera sencilla que ocurre en términos de IA en el proceso de alimentación de pollos de engorde de la línea Ross 308, fijando como unidad fundamental 120 kg de alimento a producir.

- No se considera el impacto arquitectónico o de edificaciones circundantes al lugar donde se realizó el trabajo, debido a que estos inmuebles se les considero de larga vida útil.
- El proceso de elaboración de ensilado químico de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*), elaboración de la dieta y la posterior alimentación de las aves se llevó a cabo en la Cooperativa Multiactiva la Fortuna del municipio de Mutatá Antioquia, del mismo lugar provienen las vísceras frescas y las harinas utilizadas en la preparación de la dieta con el objetivo de eludir el IA desfavorable que causa el transporte.
- Con respecto a las máquinas u equipos utilizados a lo largo del proceso el IA que causan no se consideró debido a la complejidad en la obtención de datos o valores en los procesos de fabricación de los mismos. No obstante, se ha evidenciado que los equipos no afectan notablemente el IA, ya que estos tienen un tiempo de servicio de larga duración (Perez-Martinez et al., 2018).

Se utilizan modelos o ecuaciones para cuantificar el impacto ambiental que se origina por cada actividad de cada uno de los subsistemas que se muestran en la **Figura 4**. Los modelos están reportados en el informe del IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático) (Eggleston et al., 2006).

Para cuantificar el (IA) generado por los materiales orgánicos (MO) empleados o producidos a lo largo del proceso se utilizó la Ecn (2), de acuerdo a los lineamientos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), donde *AOR* representa la cantidad de desechos orgánicos, *CFM* corresponde al factor de corrección del gas metano, que depende íntimamente al proceso vinculado con la gestión de desechos sólidos en un determinado sector (Eggleston et al., 2006). *DCO* es la fracción de carbono orgánico que puede ser degradable en un residuo que puede descomponerse bioquímicamente (Eggleston et al., 2006),  $DCO_F$  es la fracción de *DCO* no asimilable o que tiene una degradación lenta (Eggleston et al., 2006), *F* y *R* representan la parte de  $CH_4$  en el gas de vertedero y la parte de  $CH_4$  que respectivamente se recupera.

El factor de fijación del  $CO_2$  corresponde a *FF* y para la región está determinado dentro de las evaluaciones ambientales (Yepes et al., 2011). Los coeficientes 12 y 16 son los pesos moleculares del carbono y el metano respectivamente. Se utilizó el potencial de calentamiento del

metano  $GWP$  para un transcurso de tiempo de 100 años (IPCC, 2014), el factor de oxidación del metano está representado por  $OX$ .

$$IA = \sum_{MO=1}^n AOR \left( \frac{16(CFM * DCO * DCO_F * (F - R) * (1 - OX) * GWP)}{12 * FF} \right) \quad (2)$$

La demanda de energía eléctrica en los subsistemas de cada actividad que así lo requiera también genera un impacto ambiental (IA) que se cuantifica mediante la Ecn (3).

$$IA = \sum_{e=1}^n EE_G * \frac{EEE}{FF} \quad (3)$$

Donde  $EE_G$  es el consumo de energía eléctrica en cada subsistema de proceso y  $EEE$  es el factor de emisividad de  $CO_2$  causado por cada kW-h de energía. El gas propano requerido en el Subs 1 y Subs 2 causa un (IA) que se cuantifica con la Ecn (4).

$$IA = RV_{C_3H_8} \left( \frac{EB_P * EEE + \left( \frac{D_R}{R_C * C} \right) * EC}{FF} \right) \quad (4)$$

En el Subs 1 y Subs 3 se demanda agua de lavado en las actividades de desengrasado de las vísceras y alimentación de las aves respectivamente, el (IA) asociado al agua de lavado se cuantifica con la Ecn (5). Donde  $W_L$  es el volumen en litros demandados en el proceso,  $a$  y  $EB_w$  es la energía suministrada para el abastecimiento de agua.

$$IA = \sum_{a=1}^n W_L \left( \frac{EB_w * EEE}{FF} \right) \quad (5)$$

El (IA) asociado al agua residual como consecuencia de los efluentes que genera el agua de lavado en los Subs 1 y Subs 3 se cuantifica con la Ecn (6), donde  $RW_L$  es la cantidad en volumen de agua residual generada,  $CO_{DBO5}$  representa la demanda bioquímica de oxígeno de la fracción degradable de las aguas de desecho (Eggleston et al., 2006), y  $MPC_{CH4}$  es la máxima capacidad de generación de metano de la fracción degradable de las aguas residuales.

$$IA = \sum_{a=1}^n RW_L \left( \frac{CO_{DBO5} * MPC_{CH4} * CFM_{CH4} * PCG}{FF} \right) \quad (6)$$

El (IA) vinculado a los insumos o materias primas y a los ingredientes utilizados a lo largo del Subs 1, Subs 2 y Subs 3 se cuantifica mediante la Ecn (7), donde la cantidad de un ingrediente o insumo  $p_i$  está representada por  $RQ_I$ , la energía demandada en la fabricación de un insumo o ingrediente corresponde al término  $EB_{PI}$ .

$$IA = RQ_I \left( \frac{EB_{PI} * EEE + \left( \frac{D_R}{R_C} \right) * EC}{FF} \right) \quad (7)$$

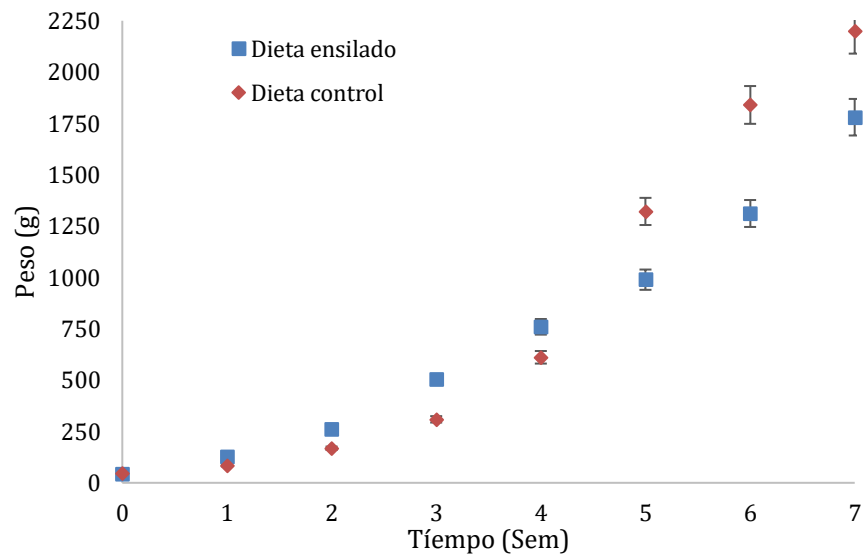
Con los modelos matemáticos descritos anteriormente y teniendo en cuenta las suposiciones o limitaciones para acotar el sistema se propone un análisis de inventario ecológico detallado por cada Subsistema que compone el proceso, teniendo en cuenta cada actividad que se da al interior de cada Subs y lo que demanda y genera, para ser más precisos a la hora de cuantificar, en este proceso en particular no se consideró el impacto ambiental que genera el CO<sub>2</sub> utilizado en los Subs 1 y Subs 2 en las etapas de desengrasado de las vísceras y el secado del alimento respectivamente por ser mínimo efecto que negativo que genera.

## 4 Resultados

### 4.1 Determinación de las variables productivas

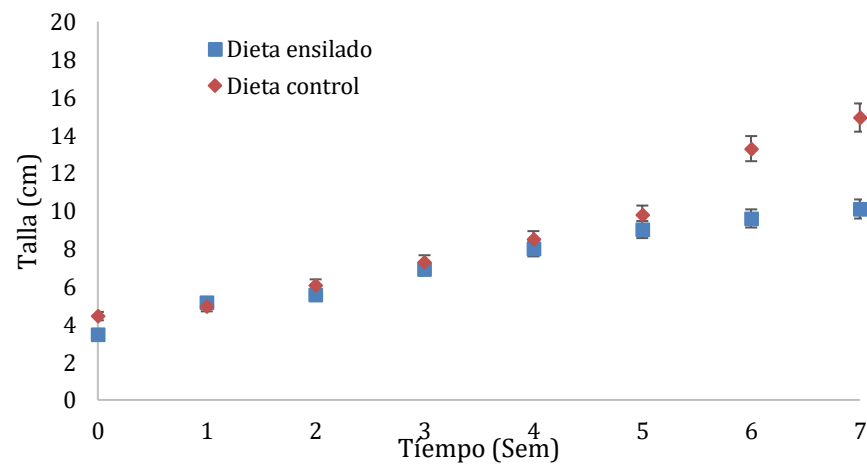
**Figura 5**

*Ganancia de peso en pollos Ross 308*



**Figura 6**

*Comportamiento de la talla en pollos Ross 308*



**Tabla 6**

*Variables de productividad en pollos Ross 308*

Semana	Dieta ensilado (De)			Dieta control (Dco)		
	Consumo (g/ave.d)	Mortalidad (%)	IC (gr ali/gr car)	Consumo (g/ave.d)	Mortalidad (%)	IC (gr ali/gr car)
0 - 1	15,986	0,0	1,345	18,295	0,0	3,435
1 - 2	27,748	6,667	1,423	37,348	0,0	3,123
2 - 3	62,619	0,0	1,822	64,905	0,0	3,225
3 - 4	83,054	3,333	2,263	95,952	0,0	2,223
4 - 5	106,065	0,0	3,236	126,957	0,0	1,251
5 - 6	131,088	0,0	2,846	140,357	0,0	1,895
6 - 7	139,864	0,0	2,089	147,600	0,0	2,871
Total	3125,793	10	1,799	3534,300	0,0	1,642

#### 4.2 Análisis bromatológico y microbiológico

**Tabla 7**

*Caracterización bromatológica de las vísceras y del ensilado químico*

Componente	Vísceras frescas %	Ensilado químico %
Humedad	63,36 ± 0,29	85,73 ± 0,10
Proteína	8,45 ± 0,10	51,49 ± 0,51
Carbohidratos	3,56 ± 0,09	0,88 ± 0,04
Grasa	84,24 ± 0,04	35,78 ± 0,13
Cenizas	1,75 ± 0,04	2,85 ± 0,02

**Tabla 8**

*Caracterización microbiológica del ensilado químico*

Análisis	Concentración ufc/ml	Requisitos de concentración ufc/ml
Mesófilos aerobios	3*10 <sup>3</sup>	10*10 <sup>5</sup>
Coliformes totales	1,5*10 <sup>2</sup>	10*10 <sup>4</sup>
Coliformes fecales	No presenta	No presenta
Espora <i>Clostridium</i> sulfito	No presenta	20*10 <sup>1</sup>
Mohos y levaduras	4,2*10 <sup>2</sup>	10*10 <sup>4</sup>



### 4.3 Impacto ambiental mediante la estrategia de la huella ecológica

**Tabla 9**

*Análisis de inventario en la elaboración de ensilado químico*

Subs 1		
DESENGRASADO		
Entradas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
Vísceras frescas (kg)	113,81	-0,175267
Gas propano (Kwh)	0,0672	0,000005
H <sub>2</sub> O lavado (L)	50	0,002739
Jabón (L)	5,5	0,000649
Salidas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
H <sub>2</sub> O Residual (L)	55,5	0,02775
RO Grasa (kg)	34,143	0,05258
Vísceras desengrasadas (kg)	79,667	No se considera
ENSILAJE		
Entradas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
Vísceras desengrasadas (kg)	79,667	No se considera
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (kg)	0,0242	0,000004
Ácido fórmico (kg)	0,9364	
Sorbato (kg)	0,0969	
BTH (kg)	0,0016	
Salidas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
Pre – ensilado químico (kg)	80,726	No se considera
HIDROLISIS		
Entradas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
Pre – ensilado químico (kg)	80,726	No se considera
Salidas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
Ensilado químico (kg)	80,726	-0,14417

**Tabla 10**

*Análisis de inventario en la elaboración de la dieta ensilado*

Subs 2		
FORMULACION DEL ALIMENTO		
Entradas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
Ensilado químico (kg)	76,5	-0,14417
ROCA CARBCAL (kg)	3,65	0,05549
ROCA FOSFMONC (kg)	3,65	
Vita mix Broiller (kg)	1,8	
Metionina (kg)	0,91	
Lisina (kg)	0,91	
Triptófano (kg)	0,91	
Treonina (kg)	0,91	
H2O Potable (L)	60	0,00328
Jabón (L)	7	0,000650
Salidas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
H <sub>2</sub> O Residual (L)	67	0,335
Alimento húmedo (kg)	351,56	No se considera
EXTRUCCION DEL ALIMENTO		
Entradas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
Energía eléctrica (Kwh)	3,16	0,000072
Alimento húmedo (kg)	351,56	No se considera
Salidas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
Alimento extruido húmedo (kg)	351,56	No se considera
SECADO DEL ALIMENTO		
Entradas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
Alimento extruido húmedo (kg)	351,56	No se considera
Gas propano (Kwh)	2,98	0,000036
Salidas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
Alimento extruido seco (kg)	121,4	0,05435

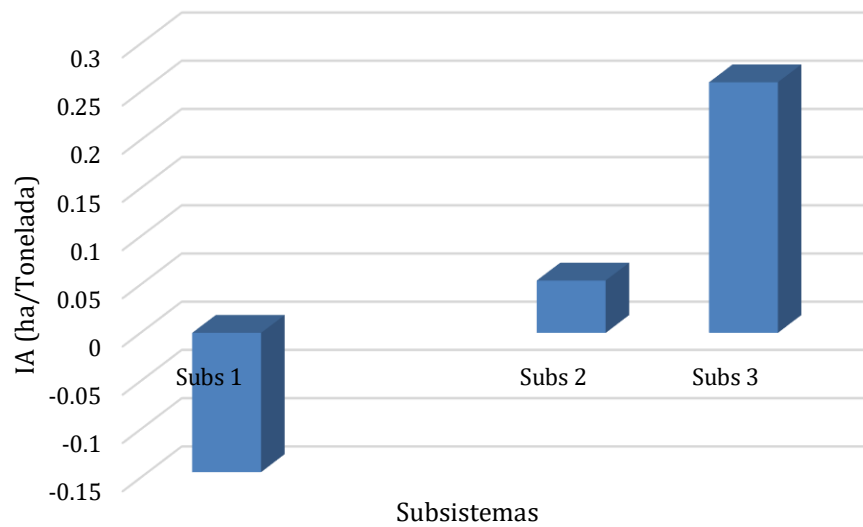
**Tabla 11**

*Análisis de inventario en la alimentación de las aves*

Subs 3		
ALIMENTACION		
Entradas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
Alimento extruido seco (kg)	121,4	0,05435
Pollos de engorde Ross 308 (U)	30	0,007318
H <sub>2</sub> O Potable (L)	450	0,024657
H <sub>2</sub> O Lavado (L)	200	0,0109586
Energía eléctrica (Kwh)	50,4	0,00098
Salidas	Cantidad	IA(ha/tonelada)
Pollinaza (kg)	38,40	0,05913
H <sub>2</sub> O Residual (L)	204	0,102
Pollos Ross 308 (kg)	51	0,260055

**Figura 7**

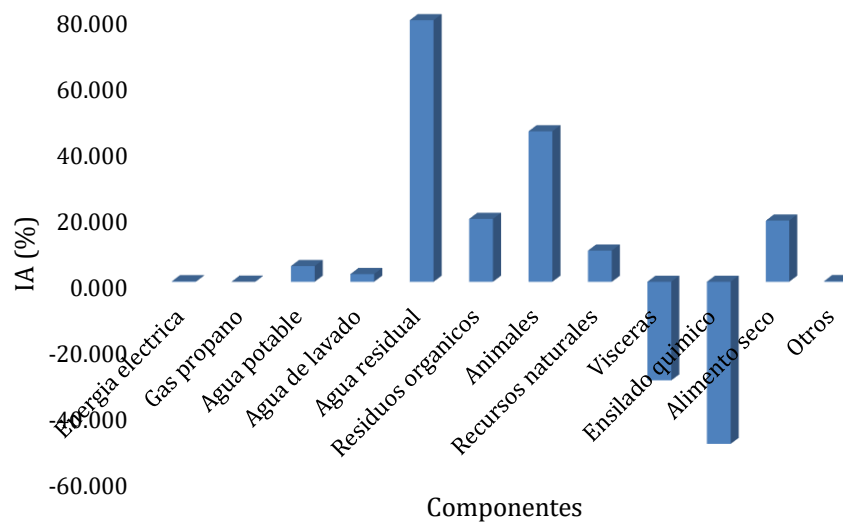
*Impacto ambiental generado en los diferentes subsistemas*



*Nota.* Subs 1: ensilaje, Subs 2: producción de alimento, Subs 3: alimentación de aves.

**Figura 8**

*Impacto ambiental detallado por componentes*



## 5 Análisis

En la **Figura 4** se presentan los resultados encontrados para la variable peso en los grupos De y Dco a lo largo del tiempo que duro el desarrollo del trabajo, que en este caso puntual fueron 43 días, en la primera semana no hay diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ) entre el grupo De y Dco. A partir de la semana uno el grupo De presenta una mayor ganancia de peso hasta la semana cuatro, sin embargo, desde la semana cuatro hasta la última semana el grupo Dco presento un mayor incremento en la ganancia de peso. No obstante, el peso obtenido 1780,259 gr grupo De está en la línea de pesos que normalmente se obtienen en pollos de engorde Ross 308 (Rosero et al., 2012). En un estudio que evaluaba la inclusión de ensilado químico en dietas para pollos de engorde sobre los parámetros productivos y sanguíneos Gaviria et al., (2021) reportaron pesos de 1684 gr. Por otro lado, Betancourt et al., (2005) reportaron pesos de 2250 gr en pollos de engorde incluyendo concentraciones de 0%, 10%, 20% ensilado de vísceras de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la dieta, siendo 20% el mejor tratamiento.

La talla de las aves en ambas dietas como se observa en la **Figura 5**, muestra un comportamiento parecido (sin presentar diferencias estadísticas significativas,  $P < 0,05$ ) desde la semana uno hasta la cuatro. Después de la cuarta semana el comportamiento del tarso-metatarso presenta mayor crecimiento en grupo Dco. El promedio final talla en los grupos De y Dco fue 10,096 cm y 14,929 cm respectivamente. Resultados similares de talla en gallinas (*Gallus gallus domesticus*) fueron encontrados por Lázaro et al., (2012) y Andrade-Yucailla et al., (2015), obteniendo datos que van desde 10,47 cm a 14,14 cm para aves con pesos de 1603 – 1920 gr.

La mortalidad si presento diferencias estadísticas significativas ( $P > 0,05$ ) como se ve en la **Tabla 5** en función de la dieta, el grupo De registro dos muertes la semana uno y otra la semana tres para un porcentaje total en la mortalidad igual al 10%, mientras que en el grupo Dco el porcentaje de decesos fue 0%. La mortalidad en la dieta ensilado es superior al encontrado por Shabani et al., (2019) quienes evaluaron la inserción de ensilado biológico a partir de desechos piscícolas para la alimentación de pollos hallando porcentajes de decesos en un intervalo de 2,08-2,96%. No obstante, la mortalidad en el grupo dieta ensilado es menor con relación a la reportada por Venturoso et al., (2016) los cuales hallaron porcentajes de mortalidad en el rango de 60-90% implementando una alimentación a base de ensilado acido de desechos acuícolas para pollos de engorde.

Por su parte el índice de conversión de alimento IC en los grupos De y Dco fue 1,799 gr. alimento/gr.carne y 1,642 gr.alimento/gr.carne respectivamente, conociendo que la eficiencia es inversamente proporcional al IC, esto es, cuanto menor sea el índice de conversión se requiere menos cantidad de alimento para alcanzar la misma cantidad de peso en carne. El IC presentó diferencias estadísticamente significativas ( $P>0,05$ ) de acuerdo a la dieta, sin embargo, el IC en ambos grupos está en el rango de valores que comúnmente se reportan para aves de línea Ross 308 (Rosero et al., 2012).

El consumo de alimento en los grupos De y Dco fue 3125,793 gr/ave.d y 3534,300 gr/ave.d respectivamente como se muestra en la **Tabla 5**, en un estudio que consistía en determinar el efecto que acarrea la inclusión distintos niveles de ensilado a base de sardinas en alimento para pollos en el cual la variable consumo se vio favorecida a medida que incrementaba la inclusión de ensilado Al-Marzooqi et al., (2010) reportaron valores parecidos a los mencionados anteriormente, sin embargo, en este caso si hubo diferencias estadísticas significativas ( $P>0,05$ ) del consumo en los grupos De y Dco.

La caracterización bromatológica para las vísceras frescas y el ensilado químico se muestra en la **Tabla 3**, en esta se observa que inicialmente los componentes que se encuentran en mayor concentración en las vísceras frescas son el contenido de humedad y la grasa como era de esperarse con  $63,36 \% \pm 0,29$  y  $84,24 \% \pm 0,04$  respectivamente debido a la naturaleza o al aspecto acuoso y grasoso que tienen las vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*), mientras que en el ensilado químico los principales componentes fueron la humedad con  $85,73 \% \pm 0,10$  y la proteína que aporta el  $51,49 \% \pm 0,51$ . La caracterización fisicoquímica de las vísceras es parecida a la descrita por Arias et al., (2017) para la especie (*Oreochromis Spp.*).

En lo concerniente al ensilado químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) se obtuvieron los aspectos comunes un color pardo grisáceo, una consistencia pastosa de alta viscosidad y un olor propio del pescado o partes de este (Botello et al., 2010).

El aumento en la cantidad de proteína es más del 100% entre las vísceras frescas de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) y el ensilado químico de las mismas como se aprecia en la **Tabla 3**, como consecuencia de la etapa de desengrasado que disminuyó el contenido de grasa en el ensilado en 42,474% con relación a las vísceras, una tendencia similar fue descrita por Spanopoulos-Hernandez et al., (2010) en la elaboración de ensilado biológico a base de tilapia en filetes.

Los principales componentes del ensilado químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) que son lípidos y proteína se han implementados en la dieta de distintas especies animales de naturaleza omnívora y herbívora con resultados prometedores, debido a su buena digestibilidad y alto contenido de proteína, siendo empleados dichos componentes como reemplazos parciales al pescado en harina el cual es considerado o calificado como la fuente más empleada de proteína de origen animal (Gaviria et al., 2020).

De acuerdo a la **Tabla 8** donde se muestran los resultados de la caracterización microbiológica del ensilado químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) está dentro de los límites que establece la norma colombiana para insumos de dietas para animales, se observa ausencia de coliformes fecales y Espora *Clostridium* sulfito como consecuencia de la acidificación del ensilado, siendo los mesófilos aerobios y los mohos y levaduras los microorganismos en mayor concentración  $3 \cdot 10^3$  y  $4,2 \cdot 10^2$  ufc/ml respectivamente. Por lo tanto, se puede realizar la dieta ensilado formulada en la **Tabla 4**.

Con respecto a los indicadores ambientales en la alimentación de pollos de engorde Ross 308 bajo el concepto de una dieta cuya fuente proteína es el ensilado químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) analizados bajo la metodología de huella ecológica se observa en la **Figura 7** que el Subs 1 (etapa de ensilaje) tiene efectos ambientales positivo (IA= -0,14417 ha/Tonelada), ya que en esta etapa se aprovechan las vísceras frescas para evitar la disposición de las mismas a cielo abierto o el vertido a cuerpos de agua. En un estudio que evaluaba el impacto ambiental del ensilado químico seco obtenido a partir de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) utilizando la metodología de la huella ecológica Gaviria et al., (2021) reportaron que se disminuyen las emisiones de CO<sub>2</sub> en aproximadamente un 30% en comparación a las generan cuando se vierten las vísceras en vertederos de poca profundidad.

El Subs 2 y el Subs 3 que representan las etapas de elaboración de la dieta y alimentación de las aves tienen un impacto negativo sobre el ambiente como se ve en la **Figura 7**, siendo el Subs 3 la actividad que tiene una mayor incidencia negativa registra (IA= 0,260055 ha/Tonelada), debido al agua potable y al agua de lavado que se demanda, a la cantidad agua residual que se genera, además, la energía eléctrica que se requiere en el mantenimiento de las aves y la cantidad de residuos orgánicos como pollinaza que estas generan también contribuyen a dicha afectación negativa sobre el ambiente.

Los componentes agua residual y animal (aves) como se ve en la **Figura 8** contribuyen negativamente al ambiente, estos componentes representan un impacto ambiental (IA) negativo de 78,979 % y 45,437 % respectivamente, en el caso del primer componente se compone de trazas de agua potable y agua de lavado que posteriormente se transforman en aguas residuales aumentando la generación de aguas residuales dentro del sistema, en el caso del componente animal (aves) estas requieren componentes que originan el agua residual, además, de energía eléctrica en su mantenimiento y producen grandes cantidades de residuos orgánicos, en este caso puntual pollinaza.

De la **Figura 8** se observa también que los componentes vísceras y ensilado químico tienen un efecto ambiental positivo (IA= -29,785 %, IA= - 49,000 %) respectivamente, las vísceras están íntimamente ligadas al ensilado químico ya que son la materia prima para obtener dicho ensilado, esta transformación implica darle un manejo adecuado a desechos o residuos piscícolas que normalmente son vísceras crudas, de esta manera se evita que vayan a ser puestas al aire libre, vertederos o cuerpos de agua.

Las vísceras que se tratan en el desengrasado del Subs 1 ver **Tabla 9** ocasionan un impacto ambiental de -0,175267 ha/Tonelada; el valor negativo se explica ya que al ser las vísceras desechos de piscifactoría que de no ser aprovechados ocasionarían una afectación igual a esta magnitud. Al emplear las vísceras de tilapia roja en la elaboración de ensilado químico, se elude esta afectación en el ambiente. Comportamientos parecidos fueron reportados por Malakahmad et al., (2017).

## 6 Conclusiones

De los resultados obtenidos y del posterior análisis y discusión de los mismos, se derivan las siguientes conclusiones, con relación a la inclusión de ensilado químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) en dietas para pollos de engorde Ross 308: 1) La formulación y elaboración utilizando ensilado químico como fuente de proteína es atractivo, debido a que sumista los nutrientes demandados en la etapa de alimentación de pollos de engorde sin detectarse efectos negativos en la salud de las aves. 2) Las variables productivas peso (gr), talla (cm), mortalidad (%) y consumo (gr/ave. d) en las dietas ensilado (De) y control (Dco) presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0,05$ ), sin embargo, el índice de conversión IC en la dieta ensilado y control está dentro de los valores que normalmente se reportan para la línea de pollos de engorde Ross 308. 3) De acuerdo a la caracterización fisicoquímica del ensilado químico a partir de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) se cumplen los estándares en términos de contenido de proteína, por tal razón, el ensilado químico puede utilizarse en dietas para pollos de engorde como fuente de proteína alternativa a la harina de pescado y a la torta de soya.

El desarrollo de la huella ecológica como estrategia de cuantificación del impacto ambiental en las etapas de ensilaje con vísceras de tilapia roja, elaboración de la dieta y alimentación de las aves permitió determinar el impacto real positivo del aprovechamiento de estos residuos piscícolas en el ambiente, por su parte las etapas elaboración de dieta y alimentación constituyen un impacto negativo debido alta demanda de agua, generación de efluentes, consumo de energía y generación de residuos orgánicos como la pollinaza.

El componente agua residual representa la mayor afectación negativa sobre el ambiente (IA= 78,979 %), debido a los grandes volúmenes generados a lo largo de cada etapa, en segundo lugar, en impacto negativo está constituido por los animales (aves) (IA= 45,437 %) debido a todo lo que demandan en su mantenimiento y los desechos que generan, por su parte, las vísceras frescas y el ensilado químico representan impactos ambientales (IA) positivos, -29,785 %, - 49,000 % respectivamente.



## 7 Recomendaciones

Con el fin mejorar el consumo de alimento en pollos de engorde empleando ensilado químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) como fuente de proteína resultaría interesante tener en cuenta la palatabilidad del alimento, ya que esta característica alude a la cualidad de un alimento o bebida que resulta agradable al paladar en personas y animales, una alternativa sería la inclusión de melaza de caña de azúcar o miel negra en la formulación del alimento, esto podría mejorar la palatabilidad y aumentaría en términos energéticos el alimento debido al contenido de carbohidratos que presenta la melaza.

El color es otro aspecto a tener en cuenta, ya que puede ser un motivo de rechazo de alimento en pollos de engorde, en la elaboración de la dieta con ensilado químico como fuente de proteína y harinas enteras de plátano y yuca el color final del alimento de torna café pardo, lo cual se podría mejorar incluyendo en la formulación colorantes sintéticos o naturales empleados en alimentos para animales que le proporcionen a la dieta el color amarillo maíz característico de los concentrados para pollos de engorde.

En términos de productividad en pollos de engorde y disminución en costos de producción, más específicamente en la alimentación, se podría implementar una combinación 50/50 de dietas, es decir, suministrar una dieta compuesta por un alimento estándar y un alimento que tenga como fuente proteica el ensilado químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp.*) acompañado de harinas de plátano y yuca como base energética, sin dejar de lado los macro y micro compuestos necesarios.

---

## Referencias

- Abou-Elezz, F. M. K., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R., & Solorio-Sanchez, F. (2011). Efectos nutricionales de la inclusión dietética de harina de hojas de *Leucaena leucocephala* y *Moringa oleifera* en el comportamiento de gallinas Rhode Island Red. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 163-170.
- Ahmed, J., & Mahendrakar, N. S. (1996). Acceleration of fish viscera silage by prefermented starter culture. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 171–177.
- Ahmed, Z., & Wang, Z. (2019). Investigating the impact of human capital on the ecological footprint in India: an empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(26), 26782-26796.
- Ahmed, Z., Asghar, M. M., Malik, M. N., & Nawaz, K. (2020). Moving towards a sustainable environment: the dynamic linkage between natural resources, human capital, urbanization, economic growth, and ecological footprint in China. *Resources Policy*, 67, 101677.
- Almada, M., Stella, M., Machaín-Singer, M., y Pulfer, J. (2005). Guía de uso de secadores para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes.
- Al-Marzooqi, W., Al-Farsi, M. A., Kadim, I. T., Mahgoub, O., & Goddard, J. S. (2010). The effect of feeding different levels of sardine fish silage on broiler performance, meat quality and sensory characteristics under closed and open-sided housing systems. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(12), 1614-1625.
- Andrade-Yucailla, V., Vargas-Burgos, JC, Lima-Orozco, R., Andino, M., Quinteros, R., & Torres, A. (2015). Arosemena Tola, Ecuador. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal AICA* , 6 , 42-48.
- Arias, L., Gómez, L. J., & Zapata, J. E. (2017). Efecto de temperatura-tiempo sobre los lípidos extraídos de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) utilizando un proceso de calentamiento-congelación. *Información tecnológica*, 28(5), 131-142.
- BERENZ, Z. Utilización de residuos de pescado en pollos. Callao (Perú): Instituto Tecnológico Pesquero del Perú, 2002, p. 32–34.
- Betancourt, L., Díaz, G. J., Aguilar, X., & Ríos, J. (2005). Efecto del ensilaje de vísceras de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) sobre el comportamiento productivo y el contenido de ácidos omega-3 en hígado, muslos y pechuga, de pollos de engorde. *Livest Res Rural Develop*, 17(9).

- 
- Boitai, S. S., Babu, L. K., Pati, P. K., Pradhan, C. R., Tanuja, S., Kumar, A., & Panda, A. K. (2018). Effect of dietary incorporation of fish silage on growth performance, serum biochemical parameters and carcass characteristics of broiler chicken. *Indian Journal of Animal Research*, 52(7), 1005-1009.
- Borghesi, R., Arruda, lia F. de, & Oetterer, M. (2008). A silagem de pescado na alimentação de organismos aquáticos. *Boletim do Centro de Pesquisa de Procesamiento de Alimentos*, 25(2). <http://doi.org/10.5380/cep.v25i2.10643>
- Botello, A., Toledo, J., García, T., Llanes, J., & De La Vega, J. (2010). Conservación in vitro de tres ensilajes de pescado (*Opisthonema oglinum*), Caracterización físico-química. *Revista Electrónica Granma Ciencia*, 14(1), 1-10.
- Cordeiro, M. D., da TRN Soares, R., Fonseca, J. B., de Souza, C. L. M., & Nery, V. H. (2008). Azúcar de caña (*Saccharum officinarum*) en substitución de maíz como fuente de energía para pollos asaderos en fase de terminación. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 16(1), 1-6.
- Cuca, M., Avila, E., & Pro, A. (1996). *Alimentación de las aves*. Universidad Autonoma de Chapingo (Mexico)..
- Davies, S. J., Guroy, D., Hassaan, M. S., El-Ajnaf, S. M., & El-Haroun, E. (2020). Evaluation of co-fermented apple-pomace, molasses and formic acid generated sardine based fish silages as fishmeal substitutes in diets for juvenile European sea bass (*Dicentrachus labrax*) production. *Aquaculture*, 521, 735087.
- Delgado, E., Orozco, Y., & Uribe, P. (2013). Comportamiento productivo de pollos alimentados a base de harina de plátano considerando la relación beneficio costo. *Zootecnia Tropical*, 31(4), 279-290.
- Eggleston, H., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (2006). Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Japón: IPPCC.
- FAO. (2002). El estado mundial de la pesca y la acuicultura, 2002. Food & Agriculture Org..
- FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos dedesarrollo sostenible. <https://doi.org/CC BY-NC-SA 3.0 IGO>
- Fernández-Herrero, A., Tabera, A., Agüeria, D., & Manca, E. M. I. L. I. O. (2013). Obtención, caracterización microbiológica y físicoquímica de ensilado biológico de anchoíta (*Engraulis anchoíta*). *REDVET-Revista electrónica de Veterinaria*, 14(2).

- Figueroa, V. (1997). Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal: Memorias de un taller regional organizado por el Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP) y la FAO, en La Habana, Cuba, del 5 al 8 de septiembre d (Vol. 134). Food & Agriculture Org.
- GARCÉS, Y. (2015). Evaluación del crecimiento y aprovechamiento nutritivo in vivo e in vitro de ensilados de subproductos piscícolas en pollos de engorde [Tesis Maestría en Ciencias Agrarias]. *Palmira (Colombia): Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Escuela de Posgrado.*
- Gaviria, G. Y., Londoño, F. L., & Zapata, M. J. (2020). Effects of chemical silage of red tilapia viscera (*Oreochromis spp.*) as a source of protein on the productive and hematological parameters in isabrown laying hens (*Gallus gallus domesticus*). *Heliyon*, 6(12).
- Gaviria, Y. S. G., Echavarría, J. A. C., & Montoya, J. E. Z. (2021). Evaluation of the environmental impact of dry chemical silage obtained from the viscera of red tilapia (*Oreochromis spp.*) using ecological footprint methodology. *Heliyon*, 7(6), e07337.
- Gaviria, Y. S., Figueroa, O. A., & Zapata, J. E. (2021). Efecto de la inclusión de ensilado químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en dietas para pollos de engorde sobre los parámetros productivos y sanguíneos. *Información tecnológica*, 32(3), 79-88.
- Gómez, R. S., Cortés Cuevas, A., López Coello, C., & Ávila González, E. (2011). Evaluación de tres programas de alimentación para pollos de engorda con base en dietas sorgo-soya con distintos porcentajes de proteína. *Veterinaria México*, 42(4), 299-309.
- Gwehenberger, G., & Narodslawsky, M. (2007). The ecological impact of the sugar sector-Aspects of the change of a key industrial sector in Europe. In *Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 24, pp. 1029-1034). Elsevier.
- Gwehenberger, G., & Narodslawsky, M. (2007). The Sustainable Process Index SPI as an engineer's tool for environmental impact assessment of processes: the sugar industry as a case study. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 102.
- Hussein, A. S., Cantor, A. H., Pescatore, A. J., Gates, R. S., Burnham, D., Ford, M. J., & Paton, N. D. (2001). Effect of low protein diets with amino acid supplementation on broiler growth. *Journal of Applied Poultry Research*, 10(4), 354-362.

- 
- Ibidhi, R., Hoekstra, A. Y., Gerbens-Leenes, P. W., & Chouchane, H. (2017). Water, land and carbon footprints of sheep and chicken meat produced in Tunisia under different farming systems. *Ecological indicators*, 77, 304-313.
- IPCC, G. (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 157.
- Jóhannesson, S. E., Davíðsdóttir, B., & Heinonen, J. T. (2018). Standard ecological footprint method for small, highly specialized economies. *Ecological Economics*, 146, 370-380.
- Klomkloa, S., Benjakul, S., Kishimura, H., & Chaijan, M. (2011). 24 kDa Trypsin: A predominant protease purified from the viscera of hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* ?? *Clarias gariepinus*). *Food Chemistry*, 129(3), 739–746. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.014>
- Krotscheck, C., & Narodoslawsky, M. (1996). The Sustainable Process Index a new dimension in ecological evaluation. *Ecological engineering*, 6(4), 241-258.
- Lázaro, G. C., Hernández, Z. J. S., Vargas, L. S., Martínez, L. A., & Pérez, A. R. (2012). Uso de caracteres morfométricos en la clasificación de gallinas locales. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 2(1), 109-114.
- López, F., Gomez, G., Ortiz, M., & Perea, C. (2014). Evaluación del ensilaje de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis spp*) en alimentación de pollos de engorde. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 106–114.
- Luna-Jiménez, A. L., González-Cortés, N., & Jiménez-Vera, R. (2018). AVICULTURA SUSTENTABLE: FOMENTANDO LA CADENA DE VALOR DE LA CAÑA DE AZÚCAR. *Revista Agrollania de Ciencia y Tecnología*, 16.
- Malakahmad, A., Abualqumboz, M. S., Kutty, S. R. M., & Abunama, T. J. (2017). Assessment of carbon footprint emissions and environmental concerns of solid waste treatment and disposal techniques; case study of Malaysia. *Waste Management*, 70, 282-292.
- Manca, E., & Carrizo, J. C. (2002). Informe final de producción y utilización de ensilados en la formulación de dietas. Proyecto DNA/INIDEP, 4961(8).
- Martínez-Alvarez, O., Chamorro, S., y Brenes, A., Protein hydrolysates from animal processing by-products as a Source of bioactive molecules with interest in Animal Möller, Mota, F.A.S., Costa, J.T., y Barreto, G.A., The Nile tilapia viscera oil extraction for biodiesel production in Brazil: An

- 
- economic analysis, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.035>, *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 108(March), 1–10 (2019)
- Olsen, R.L., Toppe, J., y Karunasagar, I., Fish silage hydrolysates not only a feed nutrient, but also a useful feed additive, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.003>, *Trends. Food. Sci. Tech*, 66, 93–97 (2017)
- Perez-Martinez, M. M., Noguerol, R., Casales, B. I., Lois, R., & Soto, B. (2018). Evaluation of environmental impact of two ready-to-eat canned meat products using Life Cycle Assessment. *Journal of Food Engineering*, 237, 118-127.
- Pesti, G. M. (2009). Impact of dietary amino acid and crude protein levels in broiler feeds on biological performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 18(3), 477-486.
- Rafael, L. S. (2001). Caracterización biológica y productiva de cinco líneas de tilapia del genero *Oreochromis* spp (pisces: cichlidae), que se cultivan en México.
- Rentería, O. (2007). Manual práctico del pollo de engorde. *Avicultura*, 19. <https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=viewpdf&id=1102>
- ROSERO, J. P., GUZMAN, E. F., & LOPEZ, F. J. (2012). Evaluación del comportamiento productivo de las líneas de pollos de engorde Cobb 500 y Ross 308. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 8-15.
- Rostagno, H. S., Páes, L. E., Rodrigo, B., Toledo, S., & Albino, L. F. T. (2009). Dietas vegetales para pollos de engorde de alta productividad.
- Roush, W. B., Boykin, D., & Branton, S. L. (2004). Optimization of phase feeding of starter, grower, and finisher diets for male broilers by mixture experimental design: forty-eight-day production period. *Poultry science*, 83(8), 1264-1275.
- Shabani, A., Jazi, V., Ashayerizadeh, A., & Barekatian, R. (2019). Inclusion of fish waste silage in broiler diets affects gut microflora, cecal short-chain fatty acids, digestive enzyme activity, nutrient digestibility, and excreta gas emission. *Poultry science*, 98(10), 4909-4918.
- Spanopoulos-Hernandez, M., Ponce-Palafox, J. T., Barba-Quintero, G., Ruelas-Inzunza, J. R., Tiznado-Contreras, M. R., Hernández-González, C., & Shirai, K. (2010). Production of biological silage from fish waste, the smoked yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and fillet of tilapia (*Oreochromis* sp), for feeding aquaculture species. *Revista mexicana de ingeniería química*, 9(2), 167-178.

- 
- Suarez, L. M., Montes, J. R., & Zapata, J. E. (2018). Optimización del Contenido de Ácidos en Ensilados de Vísceras de Tilapia Roja (*Oreochromis spp.*) con Análisis del Ciclo de Vida de los Alimentos Derivados. *Información Tecnológica*, 29(6), 83–94. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000600083>
- Urdaneta-Rincon, M., De Lange, K., Peña-Ortega, L., & Leeson, S. (2005). Lysine requirements of young broiler chickens are affected by level of dietary crude protein. *Canadian Journal of Animal Science*, 85(2), 195-204.
- VAN Den BERG, C. and BRUIN, S. Water activity and its estimation in food systems. In: L.B. Rockland, F. & Stewart. (Eds.), *Water Activity: Influence on Food Quality*. New York (USA): Academic Press, New York, 1991, p. 147–177.
- Vásquez Zuluaga, S. A. (2017). Estudio del proceso de ensilaje de vísceras de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*) utilizando el método químico y el biológico con melaza y suero lácteo como sustrato.
- Venturoso, O. J., Reinicke, F., Silva, C. C. D., Vieira, E. O., Porto, M. O., Cavali, J., & Ferreira, E. (2016). Silagem ácida de resíduos de peixes para frangos de corte. *Acta Veterinaria Brasilica*, 10(3), 284-289.
- Vidotti, R. M., Viegas, E. M. M., & Carneiro, D. J. (2003). Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology*, 105(1-4), 199–204. [http://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00056-7](http://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00056-7)
- Villamil, O., Váquiro, H., & Solanilla, J. F. (2017). Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties. *Food chemistry*, 224, 160-171.
- Yepes, A., Navarrete, D. A., Phillips, J. F., Duque, A. J., Cabrera, E., Galindo, G., ... & Ordoñez, M. F. (2011). Estimación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por deforestación durante el periodo 2005-2010. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá DC, Colombia, 3.

**Anexos**

**ANEXO 1. Datos promedio registrados de peso y talla en la dieta ensilado De**

Semana	Peso (gr)	DESVEST.M	Ganancia de peso (gr)	Talla (cm)	DESVEST.M
0	42,6	3,3795	-----	3,46	0,107
1	125,8	13,441	83,200	5,15	0,205
2	262,3	38,257	136,500	5,57	0,290
3	502,833	71,157	240,533	6,923	0,752
4	759,7	100,764	256,867	7,987	0,584
5	989,138	125,672	229,438	9,007	0,515
6	1311,519	165,140	322,381	9,596	0,358
7	1780,259	201,481	468,740	10,096	0,294

**ANEXO 2. Datos promedio registrados de peso y talla en la dieta control Dco**

Semana	Peso (gr)	DESVEST.M	Ganancia de peso (gr)	Talla (cm)	DESVEST.M
0	47,286	3,402	-----	4,43	0,345
1	84,571	11,370	37,285	4,929	0,189
2	168,286	36,646	83,715	6,071	0,189
3	309,143	56,561	140,857	7,286	0,267
4	611,286	70,825	302,143	8,5	0,5
5	1321,429	150,342	710,143	9,786	0,809
6	1840	106,771	518,571	13,286	0,699
7	2199,857	129,743	359,857	14,929	0,535

**ANEXO 3. Desengrasado de las vísceras de tilapia roja (*Oreochromis Spp*)**

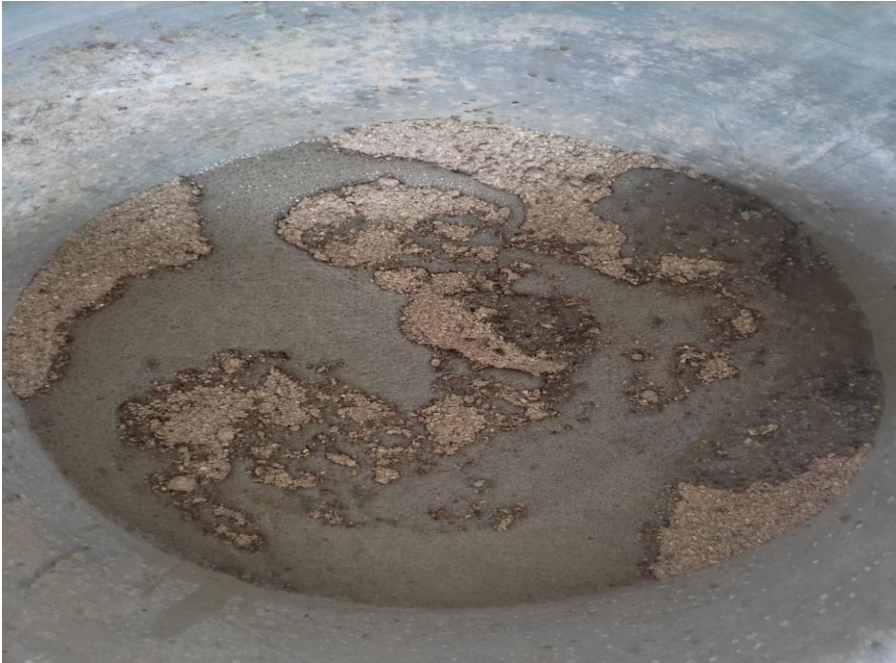




**ANEXO 4.** Pollos de engorde Ross 308 al inicio



**ANEXO 5.** Elaboración de la dieta ensilado



**ANEXO 6.** Dieta ensilado para la alimentación en pollos de engorde Ross 308



**ANEXO 7.** Paralelo entre la dieta control Dco y dieta ensilado De



**ANEXO 8.** Etapa de secado de la dieta ensilado De



**ANEXO 9.** Toma de peso en pollos de engorde Ross 308

