



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA
AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA**

**TEMA: ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE UN
ALIMENTO CONCENTRADO A BASE DE MAÍZ – SOYA, CON
INCLUSIÓN DEL FRUCTOOLIGOSACÁRIDO 1-KESTOSA Y
NANOPARTÍCULAS DE PLATA, PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO
PRODUCTIVO DE AVES DE ENGORDE**

AUTOR: RUIZ MARÍN, PAULO ANDRES

DIRECTOR: TRUJILLO TOLEDO, LUIS ENRIQUE PhD.

SANGOLQUÍ

2018



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el proyecto de titulación, *“ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE UN ALIMENTO CONCENTRADO A BASE DE MAÍZ – SOYA, CON INCLUSIÓN DEL FRUCTOOLIGOSACÁRIDO 1-KESTOSA Y NANOPARTÍCULAS DE PLATA, PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE AVES DE ENGORDE”*, fue realizado por el señor *Ruiz Marín, Paulo Andres* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 27 de noviembre del 2018

**Dr. Luis Enrique Trujillo Toledo Ph.D
DIRECTOR**

C.C.: 175585027-6



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Ruiz Marín, Paulo Andres*, declaro que el contenido, ideas y criterios del proyecto de titulación: *Elaboración y caracterización nutricional de un alimento concentrado a base de maíz – soya, con inclusión del fructooligosacárido 1-kestosa y nanopartículas de plata, para mejorar el desempeño productivo de aves de engorde* es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 27 de noviembre del 2018

Ruiz Marín Paulo Andres

C.C.: 171718358-4



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Ruiz Marín, Paulo Andres** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el presente proyecto de titulación: *Elaboración y caracterización nutricional de un alimento concentrado a base de maíz – soya, con inclusión del fructooligosacárido 1-kestosa y nanopartículas de plata, para mejorar el desempeño productivo de aves de engorde* en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 27 de noviembre del 2018

Ruiz Marín Paulo Andres
C.C.: 171718358-4

DEDICATORIA

A mis padres Jakeline Marín y Patricio Ruiz:

Siempre me dieron los mejores consejos y el apoyo necesario para cumplir mis metas, han sido un ejemplo a seguir. A lo largo de estos años me han dado su cariño y comprensión, han sido guía para ser cada vez mejor ser humano y ser capaz de afrontar cada reto que se me presente en la vida. En cada caída y en todos los momentos difíciles de mi vida, siempre me brindaron todo su amor. Es un orgullo y privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

A mis hermanos María Alejandra y Patricio:

Por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento, mil gracias.

A mis familiares:

A mis abuelitos Oswaldito, Teresita e Ildita; que aunque no estén presentes estoy seguro que cuidan de mí en cada momento y fueron pilar fundamental para este logro. A todas mis tías, que con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona. A mis primos y primas, que sin sus palabras de aliento y apoyo incondicional no hubiese conseguido este logro.

A mis amigos:

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Javier Jiménez Tirira, Alejandro Paz, Diego Campaña, Juan Carlos Echeverría, David Vega, Andrea Zurita, y Gabriel Tello. A Kathy Chávez y Karen Mishel, quienes no solo

son mis mejores amigas sino también mis hermanas, gracias por reír y llorar conmigo, me supieron escuchar, dar su apoyo y cariño incondicional, las quiero con todo mi corazón.

A mis profesores:

Que marcaron cada etapa de mi camino universitario, en especial a la Ing. Lucia Jiménez Tacuri, que con su apoyo y sobre todo su cariño, me guió por el camino correcto. Muchas gracias mami Lucy.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Luis E. Trujillo, quien supo darme la confianza y apoyo para realizar el presente proyecto de investigación. Pero sobre todo agradecerle por brindarme sus conocimientos y amistad durante este tiempo.

Al personal del Laboratorio del Centro de Nanociencia y Nanotecnología (CENCINAT), en especial al Dr. Luis Cumbal, Dr. Alexis Debut y Dra. Yolanda Angulo, quienes me brindaron la oportunidad de formar parte de un gran equipo.

A la Ing. Carina Stael e Ing. Ambar Oñate, que compartimos muchos momentos en el laboratorio y cada momento aprendí de sus conocimientos, por darme ánimos y apoyarme en los momentos en los quería renunciar. Pero sobre todo agradecerles por todo su cariño y su amistad. Son una parte importante de mi vida.

Al Ing. Mario Ortiz, Docente de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias – IASA 1, y Dr. Víctor Hugo Abril, Director del Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura, gracias por el apoyo incondicional y los conocimientos impartidos durante la realización de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. JUSTIFICACIÓN O IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER	4
1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	8
1.3.1. Objetivo General	8
1.3.2. Objetivos Específicos	8
1.4. HIPOTESIS	8
CAPITULO II.....	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. MERCADO DE LOS BALANCEADOS.	9
2.2. ALIMENTOS CONCENTRADOS O BALANCEADOS	10
2.2.1. Clasificación de alimentos balanceados	10
2.2.2. Tipo de mezcla para alimentos balanceados	11
2.2.3. Proceso de manufactura del alimento balanceado.....	12
2.3. MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DEL BALANCEADO.....	14
2.3.1. Descripción de las materias primas	15
2.3.1.1. Maíz amarillo	16
2.3.1.2. Torta de soya.....	16

2.3.1.3. Aceite de palma.....	16
2.3.1.4. Melaza.....	16
2.3.1.5. Sal.....	16
2.3.2. Materias primas a considerar.....	17
2.3.2.1. Aditivos.....	17
Fructooligosacárido 1-Kestosa.....	18
2.3.2.2. Suplementos.....	19
Nanopartículas de plata (nano-Ag).....	19
2.4. NUTRICIÓN ANIMAL.....	20
2.4.1. Requerimientos nutricionales de las aves de engorde.....	22
CAPITULO III.....	23
3. MATERIALES Y METODOS.....	23
3.1. PARTICIPANTES.....	23
3.1.1. Instituciones.....	23
3.1.2. Colaboradores Científicos.....	23
3.2. PERIODO DE INVESTIGACIÓN.....	23
3.3. ADQUISICIÓN DEL FRUCTOOLIGOSACÁRIDO Y NANOPARTÍCULAS.....	24
3.3.1. Fructooligosacárido 1-Kestosa.....	24
3.3.2. Nanopartículas de Plata.....	24
3.4. FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DEL ALIMENTO BALANCEADO.....	25
3.4.1. Formulación del alimento balanceado.....	25
3.4.2. Elaboración del alimento balanceado.....	27
3.5. PELETIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ALIMENTO BALANCEADO.....	28
3.5.1. Peletización del alimento balanceado.....	28
3.5.2. Caracterización del alimento balanceado.....	28
CAPITULO IV.....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. ADQUISICIÓN DEL FOS Y NANOPARTÍCULAS DE PLATA.....	31
4.1.1. Fructooligosacárido 1-Kestosa.....	31
4.1.2. Nanopartículas de Plata.....	32
4.2. FORMULACIÓN DEL ALIMENTO.....	33

4.3. PELETIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ALIMENTO	34
4.3.1. Peletización del alimento balanceado.....	34
4.3.2. Caracterización del alimento balanceado	35
4.3.2.1. Caracterización realizada por NUTRION 5.0.....	35
4.3.2.2. Caracterización realizada por DRX y EDS.....	37
CAPITULO V	41
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
5.1. CONCLUSIONES.....	41
5.2. RECOMENDACIONES	42
CAPITULO VI	43
6. BIBLIOGRAFÍA.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Diferentes materias primas para la elaboración del alimento balanceado*.....15

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Flujograma de la elaboración del alimento balanceado.....	14
<i>Figura 2.</i> Materias primas	15
<i>Figura 3.</i> Estructura de la 1-Kestosa	19
<i>Figura 4.</i> Constituyentes de alimentos	21
<i>Figura 5.</i> Requerimientos nutricionales de pollos de engorde	22
<i>Figura 6.</i> Reacción enzimática entre la sacarosa (GF2) y la enzima 1-SST.....	24
<i>Figura 7.</i> Nanopartículas de plata.....	25
<i>Figura 8.</i> Formulación del alimento balanceado.....	26
<i>Figura 9.</i> Elaboración del alimento balanceado	27
<i>Figura 10.</i> Proceso de peletización del alimento balanceado.....	28
<i>Figura 11.</i> Equipo PANalytical Empyrean para realizar la técnica de Difracción de Rayos X....	29
<i>Figura 12.</i> Microscopio electrónico de barrido utilizado para la realización del EDS	30
<i>Figura 13.</i> Producción de 1-Kestosa	31
<i>Figura 14.</i> Producción de fructooligosacárido 1-Kestosa a partir de sacarosa	32
<i>Figura 15.</i> Forma y tamaño de las nanopartículas de plata.....	32
<i>Figura 16.</i> Formula presentada por el software NUTRION 5.0.....	33
<i>Figura 17.</i> Alimento balanceado en forma de pellet	34
<i>Figura 18.</i> Contenido nutricional del alimento balanceado	35
<i>Figura 19.</i> Aporte nutricional por ingrediente.....	36
<i>Figura 20.</i> Difractogramas del alimento balanceado.....	38
<i>Figura 21.</i> Composición química del alimento balanceado	39

RESUMEN

Por primera vez, se elaboró y caracterizó un alimento balanceado para pollos de engorde con la inclusión del fructooligosacárido 1-Kestosa y las nanopartículas de plata, conocidas como alternativas a los antibióticos promotores del crecimiento. Los antibióticos son aditivos que se usan comúnmente en los alimentos, pero fueron prohibidos por la Unión Europea en 2006 debido a problemas como: resistencia de las bacterias y residuos antimicrobianos que se encuentran en la carne de pollo. Desde su prohibición, la Unión Europea ha recomendado alternativas al uso de antibióticos tales como: prebióticos, probióticos, entre otros. Para el proceso de elaboración del nuevo alimento balanceado, se utilizó el software NUTRION 5.0, que nos permitió obtener fórmulas de alimentos que satisfacen el perfil nutricional del ave de engorde. Se utilizaron diferentes técnicas para la caracterización del alimento balanceado que nos permitió recopilar información importante sobre los alimentos. Entre ellos utilizamos: Microscopía electrónica de transmisión, con la que se obtuvo un tamaño de nanopartículas que oscila entre 50 nm y 61 nm. Este hecho es importante por el efecto antimicrobiano de las nanopartículas, 2) Difracción de rayos X, que permitió identificar plata elemental, proveniente de las nanopartículas de plata, en la posición 36.5° y 37.5°, 3) La espectroscopia energía dispersiva, mediante el uso del microscopio electrónico de barrido, permitió identificar elementos que cumplen funciones importantes en el ave de engorde, como el calcio, el fósforo y la plata.

PALABRAS CLAVES

- **PREBIÓTICO**
- **NANOPARTÍCULAS DE PLATA**
- **ALIMENTO BALANCEADO**

ABSTRACT

For the first, a balanced feed for broilers was elaborated and characterized with the inclusion of fructooligosaccharide 1-Kestosa and silver nanoparticles, known as alternatives to growth promoters antibiotics. Antibiotics are additives commonly used in food but the European Union banned them in 2006 due to certain problems such as: resistance of bacteria to the antibiotics and antimicrobial residues found in chicken meat. Since its ban, the European Union has recommended alternatives to the antibiotics use such as: prebiotics, probiotics, among others. For the elaboration process of the new balanced feed, the NUTRION 5.0 software was used, which allowed us to obtain food formulas that satisfy the nutritional profile of the fattening bird. Different techniques were used for the characterization of the balanced feed that allowed us to gather important food information. Among them, we used Transmission Electron Microscopy, with which a size of nanoparticles ranging between 50nm and 61nm was obtained. This fact is important for the antimicrobial effect of the nanoparticles, 2) X-ray diffraction, which allowed to identify elemental silver, coming from the silver nanoparticles, in position 36.5° and 37.5° , 3) Dispersive Energy X-ray Spectroscopy, through the use of the scanning electron microscope was able to identify elements that fulfill important functions in the fattening bird such as calcium, phosphorus and silver.

KEYWORDS

- **PREBIOTIC**
- **SILVER NANOPARTICLES**
- **BALANCED FEED**

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector avícola se ha vuelto cada vez más competitivo dentro mercado llevando así al productor a buscar alternitas y mejoras si desea permanecer dentro del mismo. Se tiene como datos de costos de producción que la elaboración del alimento balanceado lleva el 72 %, mientras que la adquisición de pollitos de engorde solo lleva el 18% del total del costo. En vista a estos datos es necesario buscar alternativas que logren disminuir los costos de producción y aumenten los índices de producción (Chiriboga, 2015).

La producción de carne de pollo, debido a su demanda, ha tenido una tendencia creciente en los últimos años. Según Gutierrez (2018), el consumo per cápita de la carne de pollo creció en aproximadamente 10 kilogramos en siete años. Así en el 2010 el consumo per cápita de carne de pollo era de 22,9 kilogramos, alcanzando a los 32 kilogramos por habitante en 2017.

Debido a este aumento en el consumo de la carne de pollos, en la actualidad se están buscando alternativas para mejorar los índices de producción, entre los cuales podemos mencionar: adquisición de pollos de engorde genéticamente adecuados y mejoramiento del alimento balanceado. Es en el mejoramiento de alimentos balanceado destinados para pollos de engorde en el que actualmente se están centrando la mayoría de investigaciones, con el fin de obtener aves con un mayor peso y baja mortalidad (Chiriboga, 2015).

Dentro de estos mejoramientos al alimento balanceado destinado a aves de engorde se pueden mencionar: 1) Utilización de programas lineales: los cuales permiten calcular fórmulas al menor costo posible y que cubran los requerimientos nutricionales del ave de engorde; y 2)

Incorporación de aditivos: destinados a mejorar los indicadores de salud y productivos de los animales, como por ejemplo: extractos de plantas, aceites esenciales, antibióticos, suplementos, probióticos, prebióticos, entre otros (Rivas, 2014).

1.1. ANTECEDENTES

La utilización de antibióticos para estimular el crecimiento animal se ha utilizado por varias décadas a nivel mundial, ya que mejoraban los índices productivos al controlar la microbiota. Sin embargo la utilización de dichos antibióticos, para estimular el crecimiento, traía consigo una serie de resultados negativos como: generar resistencia a patógenos, efectos perjudiciales sobre la salud y bienestar animal, así como la seguridad alimentaria. Por esta razón la Unión Europea, debido a estos efectos negativos, prohibió el uso de antibióticos como aditivos alimenticios el 1 de enero del 2006 (Velasco *et al.*, 2010).

Debido a esta prohibición hecha por la Unión Europea surgió la necesidad de encontrar otros compuestos que, al momento de ser ingeridos, no presenten efectos negativos sobre el organismo. Gracias a diferentes investigaciones realizadas a lo largo de los últimos años, se han encontrado diferentes alternativas para sustituir el uso de antibióticos como por ejemplo: los probióticos y prebióticos (Cepero, 2013).

Un prebiótico se define como un ingrediente no digerible que produce efectos beneficiosos sobre el huésped, estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de un tipo o de un número limitado de bacterias en el colon (Oliveira & Gonzales, 2008).

Según García (2012), los prebióticos deben cumplir ciertas características como: no ser absorbidos en la parte superior del tracto gastrointestinal; ser un sustrato selectivo para un número limitado de bacterias intestinales beneficiosas, como *Lactobacillus* spp. y *Bifidobacterium* spp., y tener la capacidad de modificar la microbiota intestinal en una población más beneficiosa. Al adicionar estos prebióticos a la dieta, no solo se mejora la microflora intestinal si no también proporciona beneficios a la salud.

Gracias a diferentes investigaciones realizadas por el profesor Gibson y sus colaboradores de la Universidad de Reading - Reino Unido, se llegó a determinar que existen diferentes sustancias que poseen características de prebiótico. Entre esas sustancias se encuentran los fructanos (inulina y fructooligosacáridos), los galactooligosacáridos y la lactulosa. Sin embargo, los más utilizados y comercializados son: los fructooligosacáridos (FOS), mananooligosacáridos (MOS), galactooligosacáridos (GOS), transgalactooligosacáridos (TOS) y la inulina (Gibson *et al.*, 2004).

Velasco (2010) menciona en su investigación, resultados alentadores al usar los fructanos del tipo inulina en la alimentación de las aves, como por ejemplo: estimulación del desarrollo y la actividad de la microbiota beneficiosa del tracto intestinal y la prevención de la colonización de bacterias patógenas.

Así mismo Cao y Karasawa (2005) señalan en su investigación, que al administrar fructooligosacáridos en la alimentación de las aves, estos también poseen efectos positivos sobre las aves, principalmente aumentando la microbiota intestinal (especialmente de *Bifidobacterium* spp.) y disminuyendo la mortalidad de los pollos.

Los prebióticos se pueden obtener de diferentes fuentes naturales como: brotes de bambú, la madera blanda, dura y la paja de cereales como el arroz, trigo, cebada y centeno. En el caso de los fructooligosacáridos (FOS), estos se hallan naturalmente en la achicoria, ajo, puerro, cebolla, espárragos, entre otros (Castañeda & Monte, 2015).

A parte de los compuestos anteriormente mencionados, como los prebióticos y probióticos, actualmente se están utilizando diferentes suplementos alimenticios como agentes antibacterianos, entre las cuales destaca las nanopartículas de plata (nano-Ag). Debido a sus propiedades antibacterianas, las nanopartículas de plata pueden afectar las poblaciones microbianas sin inducir resistencia y pueden aumentar la actividad anabólica que puede conducir a la estimulación del desarrollo y crecimiento de los pollos (Mahmoud, 2012).

1.2. JUSTIFICACIÓN O IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER

Como ya se mencionó anteriormente, a partir del 2006, los científicos han realizado diferentes investigaciones con el objetivo de encontrar alternativas naturales a los antibióticos promotores del crecimiento (APC) debido a los efectos perjudiciales que causaban estos al ser agregados en la alimentación animal.

Según estudios realizados por la Federación Europea para la Salud Animal, los APC han sido los aditivos más utilizados en la alimentación animal. La Unión Europea estimó que en los últimos años se consumieron 4.700 toneladas de antibióticos de los cuales, 786 toneladas (un 6 % del total) se utilizaron como aditivos promotores del crecimiento. Sin embargo, la cantidad de APC empezó a disminuir a partir de su año de prohibición (~ 50 %), año en el que se solo se consumió 1.600 toneladas (Dolores & Ranilla, 2002).

Los APC tienen muchos efectos sobre el organismo como por ejemplo: modificar los procesos digestivos y metabólicos de los animales que garantiza un aumento significativo en la ganancia de peso corporal, modifica la excreción de nitrógeno, aumenta la eficiencia de las reacciones de fosforilación en las células y la síntesis proteica, aumenta la absorción de algunos nutrientes, modifica la composición de la flora digestiva, entre otros (Dolores & Ranilla, 2002).

Sin embargo el Profesor Swan, en conjunto con un comité científico, elaboró un informe en donde recomendó abandonar el uso de antibióticos promotores del crecimiento debido a los diferentes problemas que causaban estos como: generar bacterias resistentes a los antibióticos las cuales transmitían genes de resistencia a otras generaciones (Cepero, 2013).

Si bien la prohibición total de los APC puede traer muchas consecuencias negativas para las grandes y pequeñas industrias avícolas como: empeoramiento de las producciones y del índice de conversión, aumento de las patologías digestivas y de la tasa de mortalidad y por tanto un aumento del coste de producción, Cepero (2013) menciona que estas consecuencias para el sector avícola son transitorias hasta cierto punto y tienden a disminuir con el tiempo principalmente al usar una amplia gama de aditivos alternativos.

Este uso de aditivos alternativos debe estar enfocado a cumplir tres puntos importantes: 1) optimizar la nutrición de los animales, de forma que se mejore su estado inmunológico y se eviten cambios bruscos en las condiciones alimenticias; 2) erradicar en la medida de lo posible algunas enfermedades; y 3) mejorar los niveles productivos de los animales (Dolores & Ranilla, 2002).

Dolores y Ranilla (2002) mencionan, que existen muchos aditivos alternativos que tienen efectos similares o mejores a los APC, entre los cuales podemos mencionar: los prebióticos y probióticos, los ácidos orgánicos, las enzimas y los aceites esenciales.

Los ácidos orgánicos son aditivos que, al reducir el pH del tracto digestivo, pueden inhibir el crecimiento de determinados microorganismos digestivos patógenos como *E. coli*, *Salmonella* spp., *C. perfringens*, *Listeria monocytogenes* y *Campylobacter* spp. (Gauthier *et al.*, 2011).

Gauthier y sus colaboradores (2011) mencionan que en los aceites esenciales, a diferencia de los ácidos orgánicos, se han realizado más investigaciones debido a que han sido más utilizados en las aves como promotores de crecimiento y en prevención de las enfermedades.

Los aceites esenciales también poseen otras propiedades que le hacen un candidato óptimo como aditivo alternativo a los APC como: disminuyen la oxidación de los aminoácidos, ejercen una acción antimicrobiana sobre algunos microorganismos intestinales y favorecen la absorción intestinal, estimulan la secreción de enzimas digestivas, aumentan la palatabilidad de los alimentos y estimulan su ingestión, y mejoran el estado inmunológico del animal (Dolores & Ranilla, 2002).

Los probióticos, que también son considerados como una alternativa de producción y de remplazo a los antibióticos, son definidos como un cultivo de microorganismos vivos que al ser consumidos en cantidades adecuadas mejora el equilibrio de su microbiota intestinal, mejora la capacidad de digestión y por ende incrementa el estado de salud del animal. Entre los principales organismos que son considerados como probióticos se encuentran: *Lactobacillus*,

Bifidobacterium, *Enterococcus*, *Bacillus*, *Streptococcus*, y algunas levaduras como *Saccharomyces* (Gutiérrez *et al.*, 2013).

Los prebióticos son una serie de compuestos indigestibles por el animal que, al ser utilizados en la alimentación, impiden la adhesión de microorganismos patógenos y estimulan el crecimiento y/o la actividad de determinados microorganismos beneficiosos del tracto digestivo, mejorando su estado sanitario. Entre las sustancias más utilizadas como prebiótico se encuentran los oligosacáridos (fructooligosacáridos, mananoligosacáridos, galactooligosacáridos, transgalactooligosacáridos) (Dolores & Ranilla, 2002).

Las nanopartículas de plata, utilizadas como suplemento en el alimento balanceado para aves de engorde, han ganado mucha atención en los últimos años debido a su efecto antimicrobiano. Estas nanopartículas de plata se utilizan en la producción avícola como una alternativa a los APC, principalmente actuando sobre bacterias patógenas como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* (Vadalasetty *et al.*, 2018).

Teniendo en consideración todos los efectos positivos que causan la utilización de aditivos naturales y alternos a los APC, como los mencionados anteriormente, se plantea el presente proyecto con el objetivo de elaborar y caracterizar el valor nutricional de un alimento concentrado a base de maíz - soya, con inclusión del fructooligosacárido 1-kestosa y nanopartículas de plata, para mejorar el desempeño productivo de aves de engorde.

1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1. Objetivo General

Elaborar y caracterizar el valor nutricional de un alimento concentrado a base de maíz - soya, con inclusión del fructooligosacárido 1-kestosa y nanopartículas de plata, para mejorar el desempeño productivo de aves de engorde.

1.3.2. Objetivos Específicos

Determinar el valor nutricional de las materias primas empleadas en la elaboración del alimento concentrado.

Diseñar una dieta concentrada para la elaboración de un alimento concentrado, con inclusión del fructooligosacárido 1-kestosa y nanopartículas de plata.

Caracterizar el valor nutricional de un alimento concentrado a base de maíz – soya.

Determinar el valor y factibilidad económica de la producción del alimento concentrado, que contenga el fructooligosacárido 1-kestosa y nanopartículas de plata.

1.4. HIPOTESIS

H1: La inclusión del fructooligosacárido 1-kestosa y de las nanopartículas de plata, si influyen en el aumento de la composición nutricional de un alimento concentrado para aves de engorde.

H2: La inclusión del fructooligosacárido 1-Kestosa y de las nanopartículas de plata, no influyen en el aumento de la composición nutricional de un alimento concentrado para aves de engorde.

CAPITULO II

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. MERCADO DE LOS BALANCEADOS.

Hoy en día las industrias avícolas disponen de diferentes programas de alimentación que están destinados al mejoramiento continuo de los animales. Estos programas principalmente están destinados a suministrar las cantidades necesarias de nutrientes, con el objetivo de desarrollar un buen nivel de desempeño productivo así como mejorar la salud y bienestar de los pollos (Mendoza, 2016).

Las industrias avícolas constantemente mejoran sus parámetros productivos y su rentabilidad, es decir; tienen que optimizar la utilización del alimento debido a que este representa el 60 - 70% del total de costo de producción. Por este motivo, la utilización de alimentos balanceados en la industria avícola, así como su respectivo peletizado, ha tomado mucha importancia en las últimas décadas, pues los estudios indican que llevan a una mejor eficiencia alimentaria (Mendoza, 2016).

Además, la producción de alimento balanceado juega un rol muy importante en el sector agropecuario, debido a que fomenta y fortalece el sector de donde se obtiene los ingredientes que se utilizarán en la elaboración del alimento, es decir el sector agrícola (Rivas, 2014).

Según Proecuador (2018), en el Ecuador existe alrededor de 351 empresas productoras de alimento balanceado, siendo la Asociación Ecuatoriana de Fabricantes de Alimentos Balanceados para Animales (AFABA) y la Asociación de Productores de Alimentos Balanceado (APROBAL)

las más grandes dentro de este sector, las cuales se encuentran en varios sectores de las provincias de Pichincha, Guayas y el Oro.

Según una encuesta realizada en el 2017, el Ecuador produjo una cantidad aproximada de 2.5 millones de toneladas de alimento balanceado, el cual estaba principalmente destinado para aves de engorde, acuicultura y gallinas ponedoras, los cuales concentran el 80% de la producción nacional de estos productos (Proecuador, 2018).

2.2. ALIMENTOS CONCENTRADOS O BALANCEADOS

Según Valverde (2016) un alimento balanceado, o también llamado alimento concentrado, se define como una mezcla de alimentos naturales que contienen todas las propiedades nutricionales que cada especie necesita para cumplir todas sus actividades fisiológicas.

En cambio la norma ecuatoriana NTE INEN 1829:2014 define a un alimento balanceado como aquel alimento que va a ser suministrado durante la o las fases de un programa de alimentación para aves de producción zootécnica. Dentro de las aves de producción zootécnica se encuentran las aves de engorde, definiendo a las aves de engorde como aquellos animales cuyo fin de producción es la obtención de carne y de otros productos (INEN, 2014).

2.2.1. Clasificación de alimentos balanceados

Según su composición, los alimentos balanceados se clasifican en (Rivas, 2014):

- *Semi-purificados*: este tipo de alimento está compuesto por ingredientes naturales en su forma más pura. Se utiliza para determinar la eficiencia de los componentes alimenticios en términos de conversión alimenticia, ganancia de talla y peso.

- Purificados: son aquellos alimentos que se prepara con aminoácidos sintéticos, ácidos grasos, vitaminas y minerales químicamente puros. La preparación de este tipo de alimento es altamente costoso y normalmente se los elabora con fines de investigación.
- Prácticos: la elaboración de este tipo de alimento se lo realiza con ingredientes que estén accesibles y disponibles en ese mismo momento. Tiene como objetivo cubrir las necesidades nutricionales a un costo mínimo.

Los alimentos balanceados también se pueden clasificar de acuerdo a la edad de los pollos, como por ejemplo (Valverde, 2016):

- Balanceado Inicial: es aquel alimento balanceado que se suministra a pollitos bebes de 0 (recepción) a 7 días de edad.
- Balanceado Crecimiento: alimento balanceado que se suministra a pollos que se encuentran en edades de 8 a 35 días.
- Balanceado Finalizador: es aquel alimento balanceado que se suministra a pollos de 36 a 42 días de edad.

2.2.2. Tipo de mezcla para alimentos balanceados

Según Rivas (2014) la industria alimenticia elabora tres tipos de mezclas que van a variar dependiendo de su uso o consumo. Estos tres tipos de mezclas para alimentos balanceados son:

- Peletizado: el peletizado consiste en adicionar vapor de agua, a temperaturas específicas, al material molido y mezclado con el objetivo de formar estructuras cilíndricas conocidas como pellets.

- Seco o Polvo: consiste en la obtención de una mezcla de componentes o sustancias sin interacción entre ellas. Esta mezcla puede variar dependiendo de la forma en que se prepara, puede ser una mezcla homogénea o heterogénea.
- Extrusión: proceso por el cual una sustancia o una mezcla de sustancias pasan por un troquel, creando así distintas formas de sección uniforme utilizadas en la industria alimenticia.

2.2.3. Proceso de manufactura del alimento balanceado

El proceso de manufactura consiste en un conjunto de operaciones o actividades ordenadas que permite modificar la materia prima, con el objetivo de elaborar y obtener el alimento balanceado (en forma de pellet) de una manera adecuada. Las operaciones involucradas en este proceso se pueden observar en la Figura 1, los cuales son descritos a continuación:

- Recepción de la materia prima: en esta etapa se acepta o se rechaza las materias primas para la elaboración del balanceado. Estas materias primas pueden presentarse en forma sólida (cereales, granos, harinas y aditivos) o presentarse en forma líquida (melazas, aceites, aditivos y grasas) (Rivas, 2014).
- Almacenamiento: se refiere al resguardo adecuado de las materias primas, para así proteger la integridad física y la calidad nutricional de los mismos (Rivas, 2014).
- Formulación: para formular raciones alimenticias adecuadas es necesario conocer dos aspectos importantes: el valor nutricional de cada uno de los ingredientes involucrados y conocer los requerimientos nutricionales de la edad de los animales a la que se destina el alimento. Una vez conocidos estos dos aspectos, la formulación se lo puede realizar aplicando métodos de prueba y error o utilizar programas lineales (Valverde, 2016).

- Pesaje: para el pesaje de materias primas como maíz y soya se puede utilizar una balanza romana, mientras que para pesar materias primas como sal, vitaminas y melaza se puede utilizar una balanza digital de mostrador (Valverde, 2016)
- Molienda: las materias primas que requieren ser trituradas serán llevadas al área de molienda, que mediante una acción mecánica se reducirá el tamaño del ingrediente o mezcla de ingredientes que conforman una formulación completa (Rivas, 2014).
- Mezclado: es el proceso por el cual diversas sustancias o ingredientes se combinan física o químicamente entre sí. Cada ingrediente que conforma una mezcla se le llama componente, los cuales al estar separados o juntos conservan sus propiedades características (Valverde, 2016).
- Pelletización: es el proceso por el cual una mezcla, acondicionada a humedad y temperatura adecuada, pasa a través de una matriz con orificios que le otorga la forma cilíndrica llamada pellet (Rivas, 2014).
- Recubrimiento: en este proceso generalmente se agrega melaza a la mezcla, con el objetivo de aumentar la palatabilidad (cualidad de un alimento para ser grato al paladar) del alimento balanceado (Rivas, 2014).
- Empacado y Almacenado: una vez obtenido el producto final, este se descargara por gravedad directamente a sacos de polipropileno. Una vez empaquetados, estos sacos serán ubicados en un lugar adecuado para evitar contaminación (Valverde, 2016).

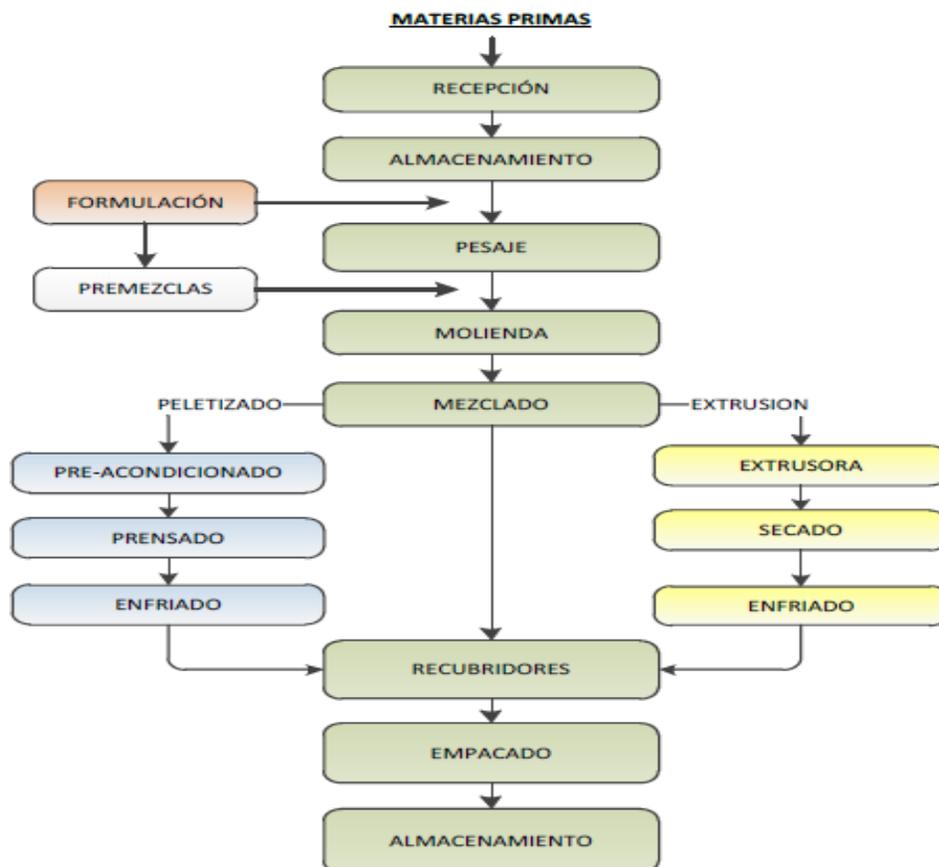


Figura 1. Flujograma de la elaboración del alimento balanceado

Fuente: (Rivas, 2014)

2.3. MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DEL BALANCEADO

Como se observa en la Figura 1, la adquisición de la materia prima es el punto inicial para la elaboración del balanceado. Las materias primas deben ser adquiridas directamente de los productores (sin intermediarios), para así garantizar la calidad de los mismos así como garantizar la calidad del producto final. Cabe recalcar que una vez adquiridas las materias primas, estas deben ser inspeccionadas antes de ingresar al proceso de producción.

Dentro de las materias primas necesarias para la elaboración del balanceado, Rivas (2014) menciona que el maíz, trigo, torta de soya y sorgo son las materias primas que tienen mayor demanda por sus características nutricionales (Figura 2).

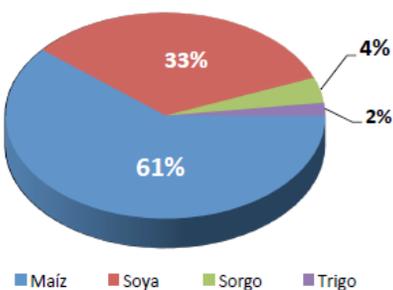


Figura 2. Materias primas
Fuente: (Rivas, 2014)

Sin embargo, a parte de las materias primas mencionada anteriormente, se tiene otras materias primas (Tabla 1) que son de suma importancia en el proceso de elaboración del balanceado para aves de engorde.

Tabla 1

Diferentes materias primas para la elaboración del alimento balanceado

MATERIAS PRIMAS	
Maíz Amarillo	Sal
Pasta de soya	Vitamina
Aceite de palma africana	Enzimas
Melaza	Aditivos
Caliza	Suplementos

Fuente: (Valverde, 2016)

2.3.1. Descripción de las materias primas

Dentro de las materias primas anteriormente mencionadas, varios autores como Valverde (2016) y Rivas (2014) en sus respectivas investigaciones sobre la elaboración de un alimento

balanceado para pollos de engorde, describen algunas de las materias de más importancia, de entre las cuales podemos mencionar:

- 2.3.1.1. Maíz amarillo: es el principal insumo para la elaboración de alimentos balanceados en el país, principalmente debido a su costo y aporte nutricional (aporta carotenos). Valverde (2016) también menciona que es recomendado utilizar un maíz con el 13% máximo de humedad y 2% máximo de impurezas.
- 2.3.1.2. Torta de soya: al igual que el maíz, la torta de soya es uno de los insumos que mayor demanda tiene durante la elaboración del alimento balanceado. La torta de soya es un subproducto de la soya, la cual es finamente triturada y posee un alto contenido proteico (48%).
- 2.3.1.3. Aceite de palma: es muy utilizado debido a su alto contenido energético. También posee una gran cantidad de beta-carotenos, principal fuente de vitamina A, esencial para el crecimiento y desarrollo.
- 2.3.1.4. Melaza: la melaza es utilizada principalmente como saborizante. Rivas (2014) menciona que no se debe utilizar cantidades excesivas de melaza debido a su efecto laxante.
- 2.3.1.5. Sal: Valverde (2016) menciona que la sal a utilizar en la elaboración del balanceado es la sal refinada de consumo humano y se utiliza principalmente como fuente de sodio.

2.3.2. Materias primas a considerar

2.3.2.1. Aditivos

Una de las materias primas en tomar mucha consideración durante el proceso de elaboración del balanceado son los aditivos. Mendoza (2016) los define como sustancias, microorganismos o preparados distintos de las materias primas y pre-mezclas, que se añaden intencionadamente al alimento o al agua para influir favorablemente en: las características de los piensos o de los productos de origen animal, las consecuencias ambientales de la producción animal, los rendimientos productivos, el bienestar, la salud, mediante su influencia en el perfil de la flora microbiana intestinal o la digestibilidad de los alimentos.

Dentro de los aditivos más usados que cumplen con las características anteriormente mencionadas tenemos: Antibióticos, Sustancias antioxidantes, Sustancias aromáticas y saborizantes, Microorganismos, Vitaminas y Provitaminas, Enzimas, entre otros (Dolores & Ranilla, 2002).

Sin embargo, el uso de antibióticos en la producción animal ha sido rechazado por la comunidad científica debido a ciertos problemas que provocan el uso de los mismos como: resistencia de bacterias a los antibióticos y residuos antimicrobianos encontrados en la carne de pollo. Debido a estos problemas, el uso de los antibióticos fue prohibido por la Unión europea a partir del año 2006. A partir de esta prohibición, diferentes investigadores han centrado sus esfuerzos en buscar alternativas al uso de los antibióticos. Dentro de estas alternativas tenemos a los prebióticos y probióticos, los ácidos orgánicos, las enzimas y los aceites esenciales (Gauthier *et al.*, 2011).

Entre las alternativas anteriormente mencionadas y los más utilizados tenemos a los prebióticos. Los prebióticos son compuestos indigestibles que, al ser utilizados en la alimentación, estimulan el crecimiento de determinados microorganismos beneficiosos del tracto digestivo (impidiendo la adhesión de microorganismos patógenos), confiriendo bienestar y salud al hospedero (Mariño *et al.*, 2016).

A su vez, Dolores y Ranilla (2002) mencionan que, las sustancias más utilizadas como prebióticos son los oligosacáridos que, al alcanzar el tracto posterior de intestino y al no ser digeridos, son fermentados por las bacterias intestinales. Dentro de los oligosacáridos más utilizados como alternativa a los APC son los fructooligosacáridos, los cuales favorecen el crecimiento de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* en el ciego de las aves aumentando así su ritmo de crecimiento. Un ejemplo de un compuesto fructooligosacárido es la llamada 1-Kestosa.

Fructooligosacárido 1-Kestosa

Los fructooligosacáridos (FOS) son oligosacáridos de lineales formados por 10 y 20 monómeros de fructosa, unidos principalmente por enlaces β . Una de las principales características de los FOS es que son considerados como prebióticos, debido a que pueden estimular el crecimiento de diferentes microorganismos en el tracto gastrointestinal (Guerra, 2017).

La 1-Kestosa, fructooligosacárido con propiedades prebióticas, es un polímero de d-fructosa unido por enlaces β ($2 \rightarrow 1$) y terminado con una molécula de d-glucosa unida a la fructosa por un enlace α ($1 \rightarrow 2$) (Figura 3) (SCBT, 2017).

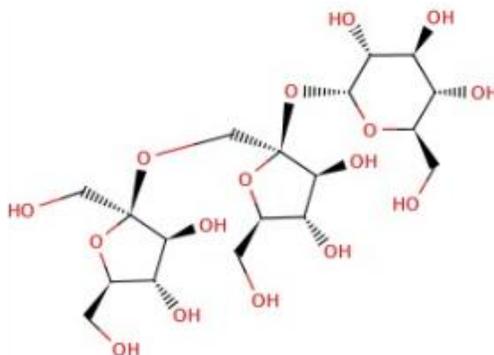


Figura 3. Estructura de la 1-Kestosa

Fuente: (SCBT, 2017)

Naturalmente los FOS se encuentran en diversos organismos como cianobacterias, algas verdes y una amplia variedad de plantas. En la naturaleza los FOS se pueden encontrar en la achicoria, ajo, puerro, cebolla, espárragos de cebada, centeno, tomate, entre otros (Botero, 2014).

2.3.2.2. Suplementos

A parte de los compuestos anteriormente mencionados (prebiótico), actualmente se están utilizando diferentes suplementos alimenticios como agentes antibacterianos, entre las cuales destaca las nanopartículas de plata (nano-Ag).

Nanopartículas de plata (nano-Ag)

En los últimos años la nanotecnología ha estado involucrada en el desarrollo de algunas tecnologías alimentarias como por ejemplo: crear diferentes materiales, cambiar la estructura y textura de los alimentos a nivel molecular, así como mejorar la calidad de los mismos. Esta tecnología tiene un gran impacto en la producción, el procesamiento, transporte, almacenamiento, trazabilidad, y seguridad de los alimentos (Mahmoud, 2012).

Las infecciones bacterianas, causadas principalmente por *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, causan hoy en día una pérdida significativa en las industrias involucradas en la producción de aves de engorde. Debido a esta problemática, surgió la necesidad de buscar alternativas para contrarrestar este tipo de problema, entre las que se menciona la utilización de nanopartículas de plata (Mohamed *et al.*, 2017).

Las nanopartículas de plata (nano-Ag), que son grupos de partículas con un tamaño que va desde 1 a 100 nm, han sido confirmadas para ser un antimicrobiano eficaz contra agentes bacterianos, virus y otros, principalmente porque son resistentes a la desactivación por ácidos gástricos y tienen una baja tasa de absorción a través de la mucosa intestinal (Mohamed *et al.*, 2017).

Los nano-Ag pueden obtenerse por diferentes técnicas tales como física, química o biológicas. Los métodos biológicos utilizan microorganismos, enzimas y extracto de plantas, y al mismo tiempo es seguro y ecológico, ya que no se utilizan productos químicos nocivos para la obtención de nanopartículas en comparación con otros métodos (Mohamed *et al.*, 2017).

2.4. NUTRICIÓN ANIMAL

La capacidad productiva de los pollos se determina básicamente por su potencial genético y por su alimentación. La nutrición animal se define como aquella ciencia que se encarga del estudio de las reacciones bioquímicas y procesos fisiológicos que sufre el alimento en el organismo para transformarse en leche, carne, trabajo, etc. (CIAP, 2016)

Cuando los alimentos suministrados a los animales no satisfacen sus necesidades nutricionales, éstos no podrán expresar al máximo su potencial productivo. Para ello es

importante conocer los términos involucrado en el proceso de nutrición animal: nutrición y nutrientes (CIAP, 2016).

- **Nutrición:** se define como la suma de los procesos mediante los cuales un animal ingiere y utiliza todas las sustancias requeridas (nutrientes) para su mantenimiento, crecimiento, producción o reproducción (CIAP, 2016).
- **Nutriente:** se define como nutriente a cualquier sustancia química que se encuentra en el alimento que son utilizados, y son necesarios, para el mantenimiento, crecimiento, producción y salud del animal (Tandalla, 2010).

Rivas (2014) menciona, que entre los nutrientes necesarios para una alimentación adecuada del animal se tiene: proteínas, carbohidratos, fibra, grasas, vitaminas, minerales (Figura 4).

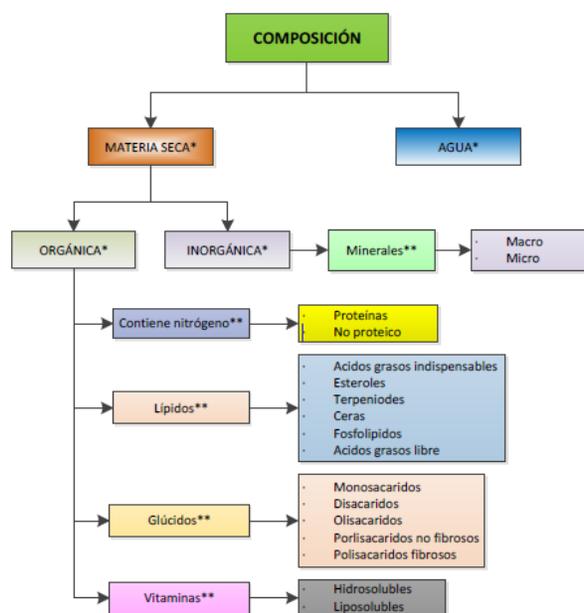


Figura 4. Constituyentes de alimentos

Fuente: (Rivas, 2014)

2.4.1. Requerimientos nutricionales de las aves de engorde

La producción del pollos de engorde, con fines en la obtención de carne, ha tenido un desarrollo importante debió a su buena aceptación en el mercado, alta rentabilidad y obtención de alimentos de alta calidad. Los pollos tienen características fisiológicas que hacen que sus requerimientos nutricionales sean muy exigentes.

El alimento destinado para pollos de engorde debe ser rico en proteínas, vitaminas y minerales, la cuales van a variar en su concentración dependiendo de la edad en la que se encuentra el animal (Figura 5). Entre los principales sistemas de alimentación más utilizados se mencionan (Tandalla, 2010).

- En un solo periodo: suministro de una sola clase de ración rica en energía, proteína y nutriente.
- En dos periodos: suministro en dos dietas: la primera de las 0 a 4 semanas y la segunda de la semana 4 hasta el sacrificio.
- En tres periodos: una dieta de iniciación hasta la 4 semana, luego una de levante hasta la semana sexta y por ultimo una dieta de engorde hasta el sacrificio.

ESTADO FISIOLÓGICO	INICIACIÓN		CRECIMIENTO	FINALIZACIÓN
Semanas de vida	0-2	03-05	06-08	09-12
Peso Vivo (kg)	0,31	1,08	1,93	2,76
Materia Seca (%)	90	90	90	90
Concentración Energética (Kcal. EM/kg)				
- Intervalo de variación	2 900-3 085	3 000-3 200	3 000-3 200	3 000-3 200
- Concentración media	3 000	3 100	3 100	3 100
Proteína Bruta (%alimento)				
- Contenido máximo	23,00	21,00	20,00	18,00
- Contenido mínimo	21,00	20,00	18,00	17,00
Fibra bruta (%alimento)				
- Contenido máximo	4,0	4,0	4,5	4,5
- Contenido mínimo	3,0	3,0	3,5	3,5

Figura 5. Requerimientos nutricionales de pollos de engorde

Fuente: (Rivas, 2014).

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. PARTICIPANTES

3.1.1. Instituciones

Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura, Carrera de Ingeniería en Biotecnología y Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias; Centro de Nanociencia y Nanotecnología (CENCINAT).

3.1.2. Colaboradores Científicos

- Dr. Luis Enrique Trujillo Ph.D (Director del Proyecto de Titulación).
- Ing. Mario Ortiz Manzano (Docente de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias – IASA 1).
- Dra. Yolanda Angulo Ph.D (Investigadora en Nanomateriales orgánicos e híbridos, CENCINAT).
- Dr. Alexis Debut Ph.D (Director del laboratorio de Caracterización de Nanomateriales, CENCINAT).

3.2. PERIODO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue desarrollada en un periodo de 5 meses, desde abril 2018 hasta agosto de 2018.

3.3. ADQUISICIÓN DEL FRUCTOOLIGOSACÁRIDO Y NANOPARTÍCULAS

Para la realización del presente proyecto de titulación, el fructooligosacárido 1-Kestosa y las nanopartículas de plata fueron proporcionados por el Dr. Luis Enrique Trujillo y la Dra. Yolanda Angulo, respectivamente. Sin embargo, se conoció el método de obtención de dichas ingredientes.

3.3.1. Fructooligosacárido 1-Kestosa

Para la obtención del fructooligosacárido 1-Kestosa se realizó una reacción enzimática en la que interviene dos moléculas de sacarosa (GF2) y la enzima sacarosa-sacarosa-1-fructosiltransferasa (1-SST) (Figura 6).



Figura 6. Reacción enzimática entre la sacarosa (GF2) y la enzima 1-SST

3.3.2. Nanopartículas de Plata

Las nanopartículas de plata, que fueron proporcionadas por la Dra. Yolanda Angulo y sus colaboradores, fueron obtenidas por una reacción entre un extracto de geranio (agente reductor-protector) y nitrato de plata - AgNO₃ (fuente de plata), bajo condiciones ya establecidas de pH, concentración y temperatura (Figura 7).

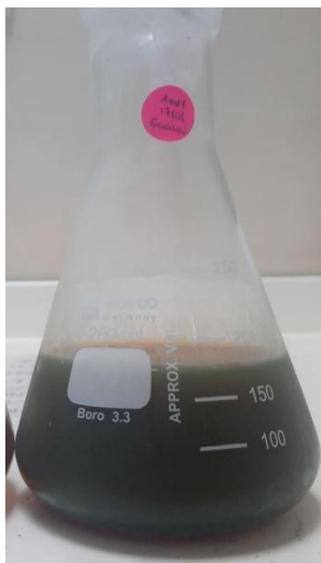


Figura 7. Nanopartículas de plata

Para la obtención de la forma y determinación del tamaño de las nanopartículas de plata se usó un Microscopio Electrónico de Transmisión (TEM) en conjunto con la herramienta de software matemático MATLAB.

3.4. FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DEL ALIMENTO BALANCEADO

3.4.1. Formulación del alimento balanceado

Una vez adquiridas las materias primas (incluyendo la 1-Kestosa y las nanopartículas de plata), se procedió a formular el alimento balanceado utilizando el software NUTRION 5.0. Dicho programa permitió realizar diferentes formulaciones acorde a la edad y requerimiento de las aves de engorde, de acuerdo a los siguientes pasos (Nutrion, 2018):

- Paso 1: En una primera matriz se colocó el perfil nutricional perteneciente a cada una de las edades de las aves, así como sus requerimientos mínimos y máximos. Dichos requerimientos

fueron obtenidos de las Tablas Brasileñas para Aves y Cerdo establecida por Rostagno y sus colaboradores (2017) (Figura 8A).

- Paso 2: En una segunda matriz se colocó los ingredientes a utilizar (incluyendo la 1-Kestosa y las nanopartículas de plata) y sus restricciones tanto mínimas como máximas. El valor utilizado de 1-Kestosa fue establecido por Yang y su colaboradores (2016), el cual fue de 1.5 g/Kg de alimento balanceado. Mientras que el valor utilizado de nanopartículas de plata fue establecido por Mahmoud (2012), el cual fue de 20 mg (o 60 ml en solución)/Kg de alimento balanceado (Figura 8B).
- Paso 3: Una vez se planteó los dos puntos anteriores, NUTRION 5.0 presentó la fórmula que satisface el perfil nutricional establecido con los ingredientes ofrecidos (Figura 8C).

A 10-requerimientos nutricionales				
Cod	Nutriente	Unidad	Min	Max
001	EM AVES	MC/Kg	2,975	
021	PROTEINA T	%	24,000	24,500
064	LIS.DIG.AVES	%	1,307	
065	METIO.DIG.AVE	%	0,536	
066	M+C DIG.AVES	%	0,967	
067	TRIP.DIG.AVE	%	0,235	
068	TREON.DIG.AVE	%	0,863	
063	ARGIN.DIG.AVE	%	1,398	
045	CALCIO	%	0,971	1,000
044	FOSFORO ASIM	%	0,407	
109	SODIO	%	0,225	0,230
094	AC.LINOLEICO	%	1,090	
075	VALI.DIG.AVE	%	1,006	
070	ISOLE.DIG.AVE	%	0,876	
071	LEUC.DIG.AVE	%	1,398	
069	HIST.DIG.AVE	%	0,484	
072	FENI.DIG.AVE	%	0,823	

B 10-ingredientes utilizables				
Cod	Ingrediente	Precio	Min	Max
523	ACEITE DE PALMA	0,92 €		
420	FOSFATO 21/17	0,80 €		
500	METIONINA 99 %	6,50 €		
460	SAL	0,21 €		
468	VIT-FIN-AVES	2,50 €	1,500	1,500
525	ATRAPANTE	1,20 €	1,000	1,000
524	ACIDO	1,40 €	1,000	1,000
445	TREONINA	4,20 €		
526	COCCIDIOSTATO	5,00 €	0,500	0,500
527	PROMOTOR	4,80 €	0,500	
502	C. DE COLINA	1,32 €		0,500
271	SOYA 47 %	0,60 €		
503	LISINA HCL	3,18 €		
356	PESCADO 47 %	0,00 €	60,000	80,000
454	CALCIO 37 %	0,06 €		
441	FITASA	6,60 €	0,100	0,100
002	MAIZ IMPORTADO	0,41 €		
056	1-KESTOSA	54,00 €	1,500	
528	NANO-AG	10,00 €	0,020	

C 10-ingredientes seleccionados ***			
Cod	Ingrediente	Precio	Kg
002	MAIZ IMPORTADO	0,41 €	521,872
271	SOYA 47 %	0,60 €	334,229
356	PESCADO 47 %	0,00 €	80,000
523	ACEITE DE PALMA	0,92 €	32,290
454	CALCIO 37 %	0,06 €	16,817
460	SAL	0,21 €	3,876
500	METIONINA 99 %	6,50 €	2,991
056	1-KESTOSA	54,00 €	1,500
468	VIT-FIN-AVES	2,50 €	1,500
525	ATRAPANTE	1,20 €	1,000
524	ACIDO	1,40 €	1,000
503	LISINA HCL	3,18 €	0,977
445	TREONINA	4,20 €	0,605
526	COCCIDIOSTATO	5,00 €	0,500
527	PROMOTOR	4,80 €	0,500
420	FOSFATO 21/17	0,80 €	0,222
441	FITASA	6,60 €	0,100
528	NANO-AG	10,00 €	0,020

Figura 8. Formulación del alimento balanceado.

Fuente: (Nutrion, 2018)

3.4.2. Elaboración del alimento balanceado

Una vez realizado el proceso de formulación, se pesó cada uno de los ingredientes a utilizar. Para dicho proceso se utilizó una balanza de precisión de 0,01 g (para pesar macro ingredientes) y una balanza de precisión de 0,001 g (para pesar micro ingredientes).

Para la elaboración del alimento balanceado (1 kg en total), se realizó la mezcla de ingredientes (tanto solidas como liquidas) utilizando una Batidora Oster modelo 2372 con base soporte, recipiente de vidrio, aspas redondas (amasadores) y con una velocidad de mezclado adecuada para mezclar ingredientes secos con líquidos (segunda velocidad). El tiempo de mezclado fue recomendado por el Ing. Mario Ortiz, Docente de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias – IASA 1 (Figura 9).

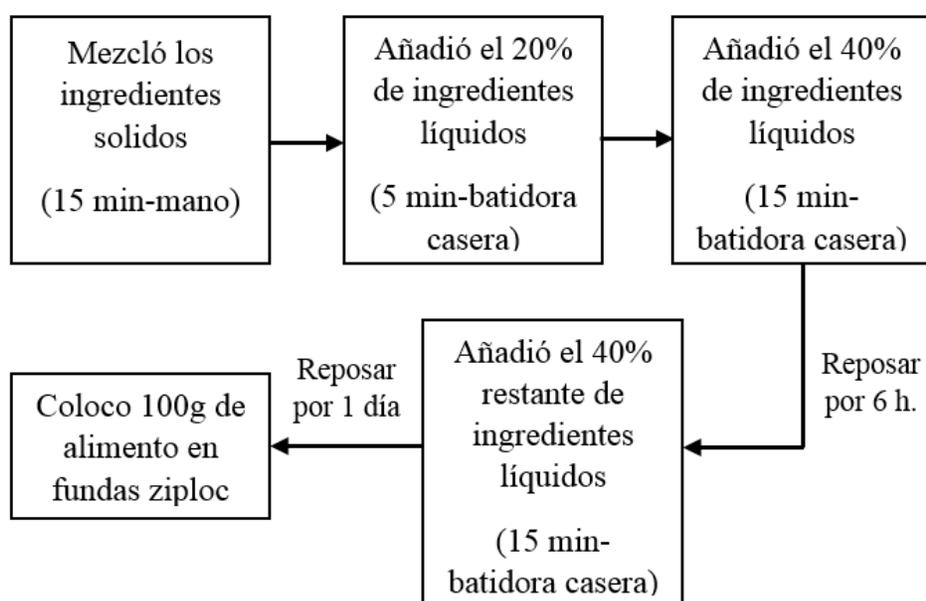


Figura 9. Elaboración del alimento balanceado

3.5. PELETIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ALIMENTO BALANCEADO

3.5.1. Peletización del alimento balanceado

Para el proceso de peletización del alimento balanceado se utilizó una prensa de peletizado proporcionada por la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias – IASA. Dicha prensa posee diferentes moldes con orificios de diámetros variados, el cual no permitirá obtener pellets con un diámetro específico (Figura 10).



Figura 10. Proceso de peletización del alimento balanceado

3.5.2. Caracterización del alimento balanceado

La caracterización del alimento balanceado fue realizada en por dos métodos. El primer método utilizado para la caracterización fue proporcionado por el programa NUTRION 5.0. Dicho programa desplegó en una nueva matriz el contenido nutricional del alimento balanceado.

El segundo método utilizado para la caracterización del alimento balanceado, fue la aplicación de técnicas microscópicas como son: La técnica de Difracción de Rayos X (DRX) y la técnica de Espectroscopia de Rayos X de Energía Dispersiva (EDS).

Sánchez (2017) menciona que la técnica de DRX permite identificar y caracterizar estructuras de naturaleza cristalina. Dicha técnica se utilizó principalmente para identificar la plata elemental (proveniente de las nanopartículas) presente en el alimento balanceado.

Para realizar el DRX de las muestras (alimento balanceado) se utilizó el equipo PANalytical Empyrean (Figura 11). Con este fin, se depositó la muestra en el porta muestras del equipo y con el software HighScore Plus se obtuvieron los difractogramas generados.

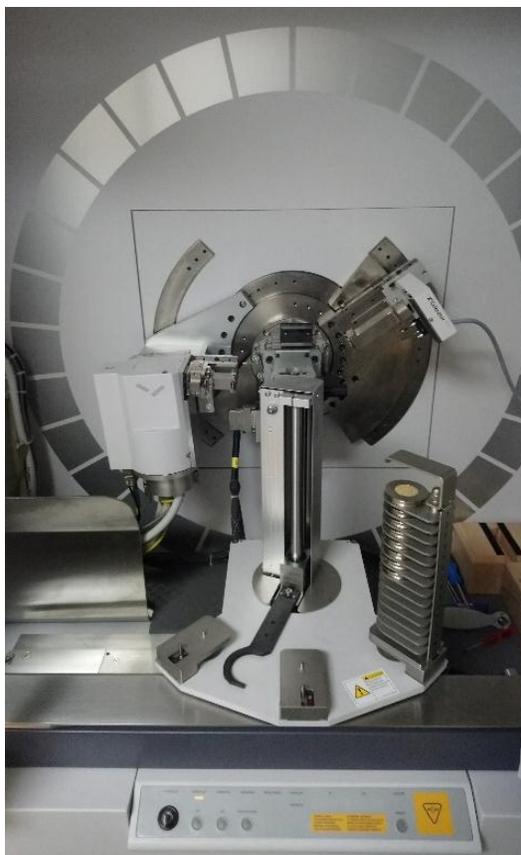


Figura 11. Equipo PANalytical Empyrean para realizar la técnica de Difracción de Rayos X

La técnica de EDS permite analizar la composición química e imágenes de distribución de elementos presentes en una determinada muestra. Para el presente proyecto se utilizó la técnica de EDS para identificar elementos químicos, de suma importancia para las aves de engorde, presentes en alimento balanceado (Caputo *et al.*, 2017).

Para realizar el EDS del alimento balanceado se utilizó un microscopio electrónico de barrido (Figura 12). Con este fin, se depositó una pequeña cantidad del alimento balanceado en una platina para así obtener la caracterización química de la muestra en cuestión.

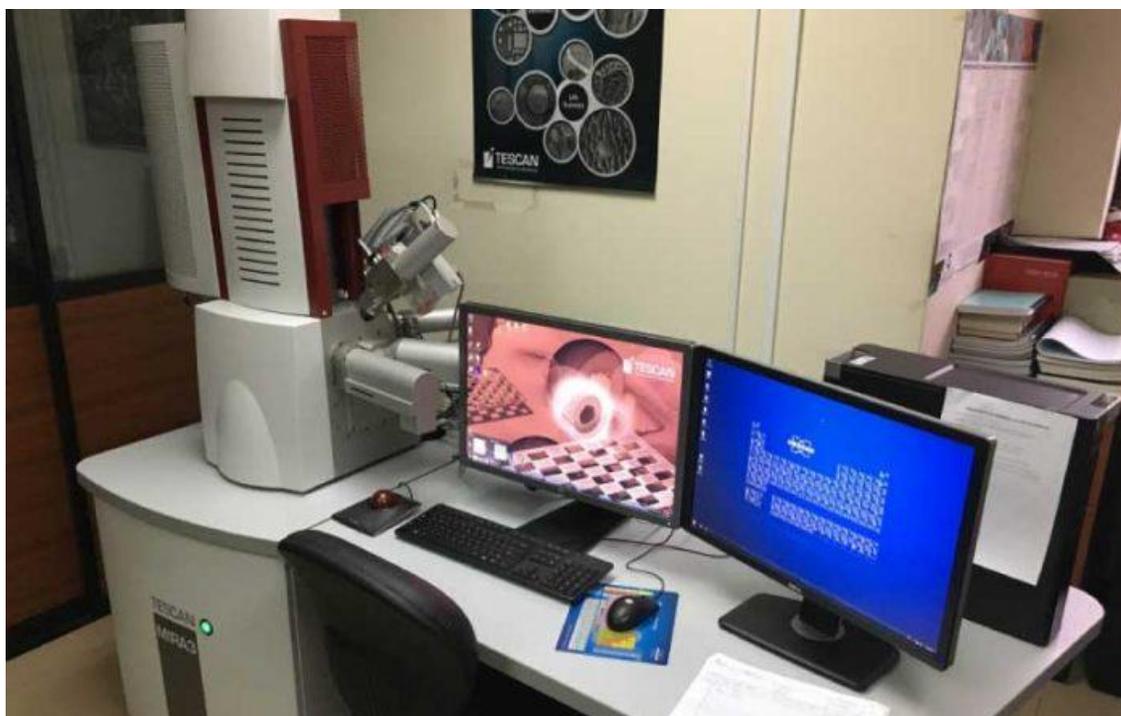


Figura 12. Microscopio electrónico de barrido utilizado para la realización del EDS

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ADQUISICIÓN DEL FOS Y NANOPARTÍCULAS DE PLATA

4.1.1. Fructooligosacárido 1-Kestosa

Producto de la reacción entre dos moléculas de sacarosa y la enzima sacarosa-sacarosa-1-fructosiltransferasa (1-SST) se obtuvo como producto el fructooligosacárido 1-Kestosa (GF3) y, en pequeñas proporciones, glucosa (G) y fructosa (F) (Figura 13).



Figura 13. Producción de 1-Kestosa

El producto obtenido concuerda con los resultados presentados por Botero (2014) en la cual menciona que, para la síntesis de los FOS (principalmente 1-Kestosa), la enzima 1-SST (sacarosa-sacarosa-1-fructosiltransferasa) actúa sobre las moléculas de sacarosa. Una de las

moléculas de sacarosa actuara como donador y la otra molécula actuara como aceptor de una molécula de fructosa, obteniéndose así el FOS 1-Kestosa (Figura 14).

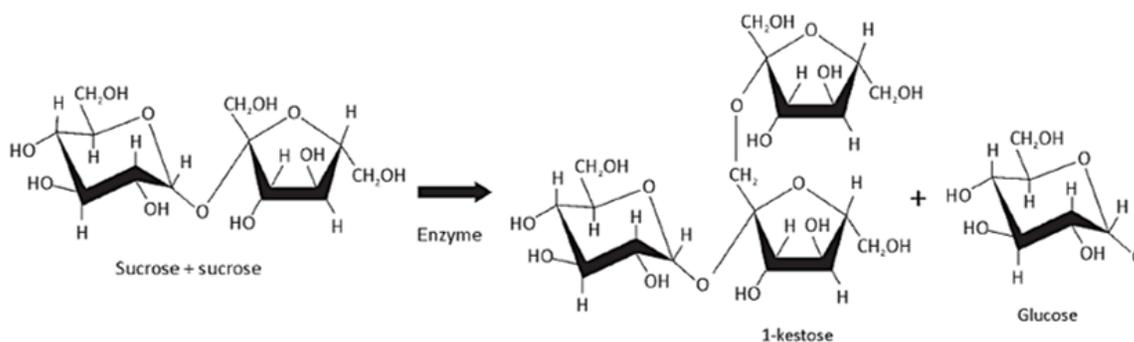


Figura 14. Producción de fructooligosacárido 1-Kestosa a partir de sacarosa
Fuente: (Trujillo et al., 2014)

4.1.2. Nanopartículas de Plata

La microscopía electrónica de barrido (TEM) en conjunto con la herramienta de software matemático MATLAB, permitió conocer la forma y tamaño de las nanopartículas de plata proporcionadas por Dra. Yolanda Angulo y sus colaboradores.

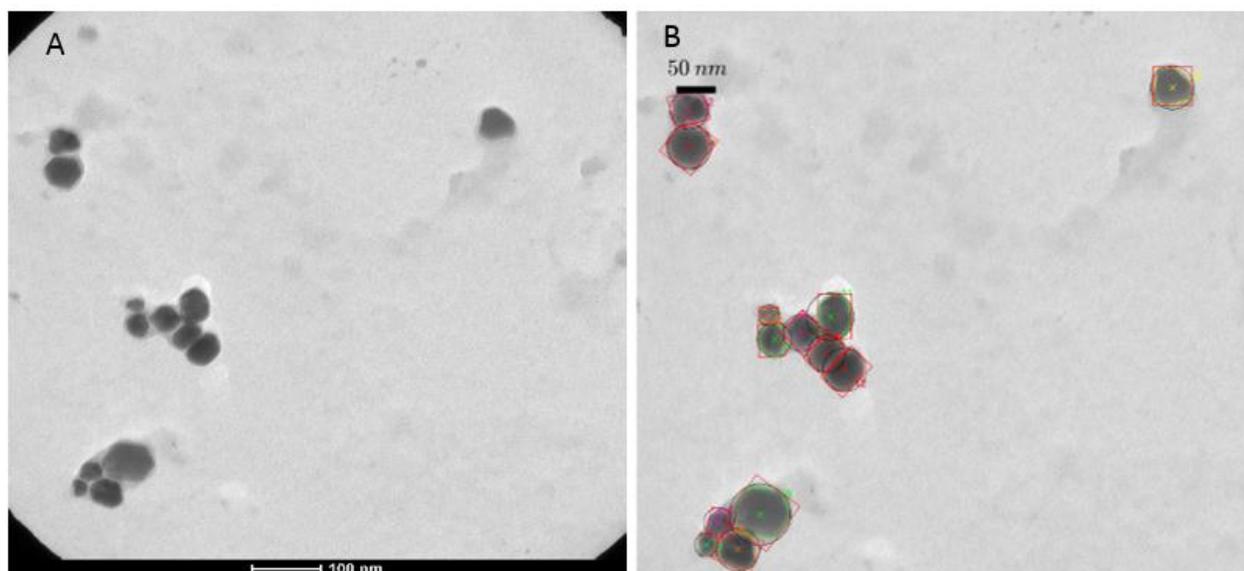
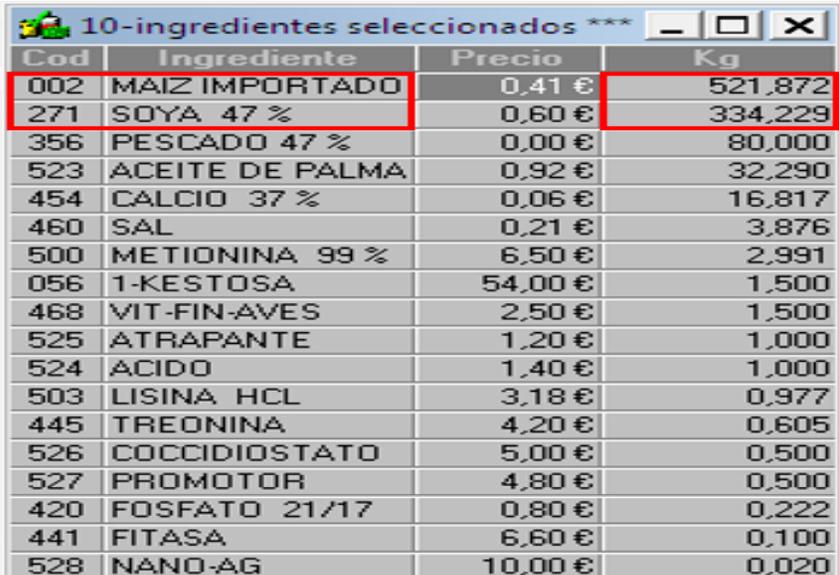


Figura 15. Forma y tamaño de las nanopartículas de plata

Las nanopartículas de plata (Figura 15) poseen diferentes formas como son: circulares (en mayor proporción), triangulares y hexagonales. También poseen tamaños que varían entre 50nm y 61nm. Según Mahmoud (2012), las nanopartículas de tamaño entre 50nm y 100nm poseen mayor estabilidad, mayor actividad antimicrobiana y menor toxicidad, por lo que las nanopartículas de plata adquiridas son consideradas óptimas para ser utilizadas como agentes antimicrobianos.

4.2. FORMULACIÓN DEL ALIMENTO

Durante la realización del proceso de formulación del alimento balanceado se observó que, en la formula presentada por el software NUTRION 5.0 (Figura 16), los ingredientes más utilizados para la elaboración del alimento son: el maíz y la soya (en mayor cantidad), la harina de pescado y el aceite de palma, cumpliendo con lo mencionado por Rivas (2014) que las materias primas más utilizadas, para la elaboración del alimento balanceado destinado a aves de engorde y que mayor demanda tienen por sus características nutricionales, son el maíz y la soya.



Cod	Ingrediente	Precio	Kg
002	MAIZ IMPORTADO	0,41 €	521,872
271	SOYA 47 %	0,60 €	334,229
356	PESCADO 47 %	0,00 €	80,000
523	ACEITE DE PALMA	0,92 €	32,290
454	CALCIO 37 %	0,06 €	16,817
460	SAL	0,21 €	3,876
500	METIONINA 99 %	6,50 €	2,991
056	1-KESTOSA	54,00 €	1,500
468	VIT-FIN-AVES	2,50 €	1,500
525	ATRAPANTE	1,20 €	1,000
524	ACIDO	1,40 €	1,000
503	LISINA HCL	3,18 €	0,977
445	TREONINA	4,20 €	0,605
526	COCCIDIOSTATO	5,00 €	0,500
527	PROMOTOR	4,80 €	0,500
420	FOSFATO 21/17	0,80 €	0,222
441	FITASA	6,60 €	0,100
528	NANO-AG	10,00 €	0,020

Figura 16. Formula presentada por el software NUTRION 5.0

4.3. PELETIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ALIMENTO

4.3.1. Peletización del alimento balanceado

Realizado el proceso de peletización del alimento balanceado, utilizando la prensa de peletizado proporcionada por la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias – IASA, se obtuvo pellets de diámetro variado que van desde el pellet migajado hasta el pellet de aproximadamente 3mm (Figura 17). Según Rivas (2014), este diámetro de los pellet va a variar en función de la edad del ave de engorde. Aves que se encuentran en la primera semana de edad se le proporciona pellet migajado, mientras que a aves que se encuentran en la última semana de edad se le suministra pellet de 3mm hasta 5mm de diámetro.



Figura 17. Alimento balanceado en forma de pellet

Además Girón y Lezcano (2016) mencionan en su investigación, que el proceso de peletización es una buena alternativa en la elaboración de balanceado y que este proceso permite aprovechar eficientemente la mezcla de los ingredientes, disminuye la alimentación selectiva y disminuye el desperdicio de alimento.

4.3.2. Caracterización del alimento balanceado

4.3.2.1. Caracterización realizada por NUTRION 5.0

Una vez realizado el proceso de formulación y elaboración del alimento balanceado, el programa NUTRION 5.0 presentó en una tabla el contenido nutricional, en la cual se observó la cantidad real de nutrientes que posee nuestro alimento balanceado (Figura 18). Además el programa permitió observar con más detalle la aportación nutricional por ingrediente, la cual se desplegó en forma de tabla o gráfico (Figura 19).



Cod	Nutriente	Uni	Min	Real	Max
001	EM AVES	MC/KI	2,975	2,975	
021	PROTEINA T	%	24,000	24,000	24,500
064	LIS.DIG.AVES	%	1,307	1,307	
065	METIO.DIG.AVE	%	0,536	0,658	
066	M+C DIG.AVES	%	0,967	0,967	
067	TRIP.DIG.AVE	%	0,235	0,246	
068	TREON.DIG.AVE	%	0,863	0,863	
063	ARGIN.DIG.AVE	%	1,398	1,453	
045	CALCIO	%	0,971	0,971	1,000
044	FOSFORO ASIM	%	0,407	0,407	
109	SODIO	%	0,225	0,225	0,230
094	AC.LINOLEICO	%	1,090	1,388	
075	VALI.DIG.AVE	%	1,006	1,011	
070	ISOLE.DIG.AVE	%	0,876	14,641	
071	LEUC.DIG.AVE	%	1,398	1,830	
069	HIST.DIG.AVE	%	0,484	0,571	
072	FENI.DIG.AVE	%	0,823	1,040	

Figura 18. Contenido nutricional del alimento balanceado

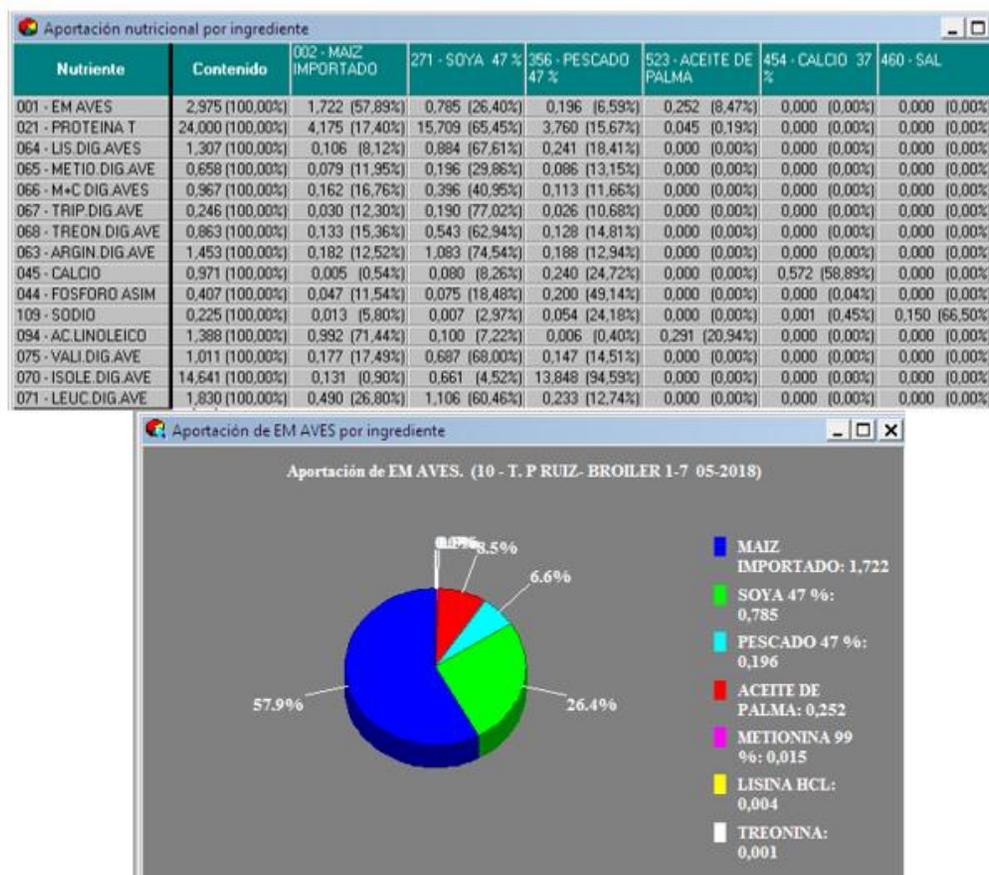


Figura 19. Aporte nutricional por ingrediente

Al analizar las tablas y gráficos de aportación nutricional por ingrediente presentada por NUTRION 5.0, se determinó que el fructooligosacárido 1-Kestosa y las nanopartículas de plata no aportan con algún tipo de nutriente como lo hace el maíz, la soya, la harina de pescado o el aceite de palma. Esto se debe principalmente porque el FOS 1-Kestosa y las nanopartículas de plata tienen características de prebiótico y antimicrobiano respectivamente.

Según Arocena y sus colaboradores (2017), los fructooligosacáridos son considerados como prebióticos debido a que pueden estimular el crecimiento de microorganismos beneficiosos en el tracto gastrointestinal como *Lactobacillus* spp. y *Bifidobacterium* spp., tienen efecto sobre la mucosa intestinal permitiendo el crecimiento y el aumento en la altura de las vellosidades

intestinales que permite una mejor digestión y absorción de nutrientes, estimulan la respuesta inmune mediada por citoquinas, mejoran la absorción de minerales tales como el calcio, magnesio, zinc, hierro y cobre, y tienen efecto en la ganancia diaria de peso.

Las nanopartículas de palta debido a su efecto antimicrobiano, va a actuar sobre bacterias que pueden provocar complicaciones en las aves de engorde como por ejemplo *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (Mahmoud, 2012).

Staphylococcus aureus produce infecciones en huesos, cubiertas tendinosas, articulaciones de las patas, piel, saco vitelino, corazón, hígado y pulmones, mientras que *Escherichia coli* produce la enfermedad conocida como colibacilosis (produce efectos negativos como mortalidad y retrasos en el crecimiento) (Gorchs *et al.*, 2014).

Los efectos positivos en conjunto, tanto del fructooligosacárido 1-Kestosa y nanopartículas de plata, estarán destinada a mejorar rendimientos de las aves de engorde como por ejemplo rendimientos de salud y rendimiento productivos.

4.3.2.2. Caracterización realizada por DRX y EDS

El estudio DRX se realizó para identificar la plata elemental (proveniente de las nanopartículas) presente en el alimento balanceado. En los difractogramas generados (Figura 20), tanto del alimento balanceado sin nanopartículas de plata y con nanopartículas de plata, se pudo observar las reflexiones localizadas a 2θ entre 36.5° y 37.5° que pueden asignarse al plano cristalográficos (111) que corresponde al plano de difracción de la plata elemental que está presente en el alimento balanceado con nanopartículas de plata (Ledezma *et al.*, 2014).

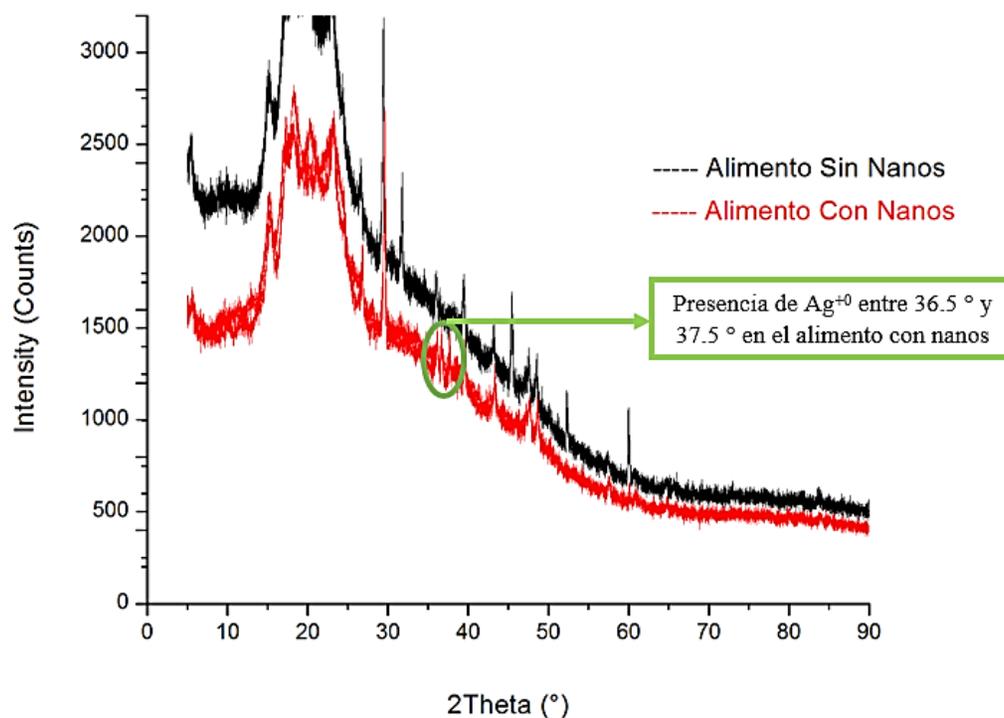


Figura 20. Difractogramas del alimento balanceado

La técnica de EDS se realizó para analizar la composición química e imágenes de distribución de elementos presentes en el alimento balanceado con y sin nanopartículas de plata. En las imágenes generadas por el microscopio electrónico de barrido se logró identificar elementos químicos de suma importancia para las aves de engorde como por ejemplo: hierro, sodio, magnesio, cloro, azufre, potasio, fósforo, calcio y plata (presente en el alimento balanceado con nanopartículas de plata) (Figura 21).

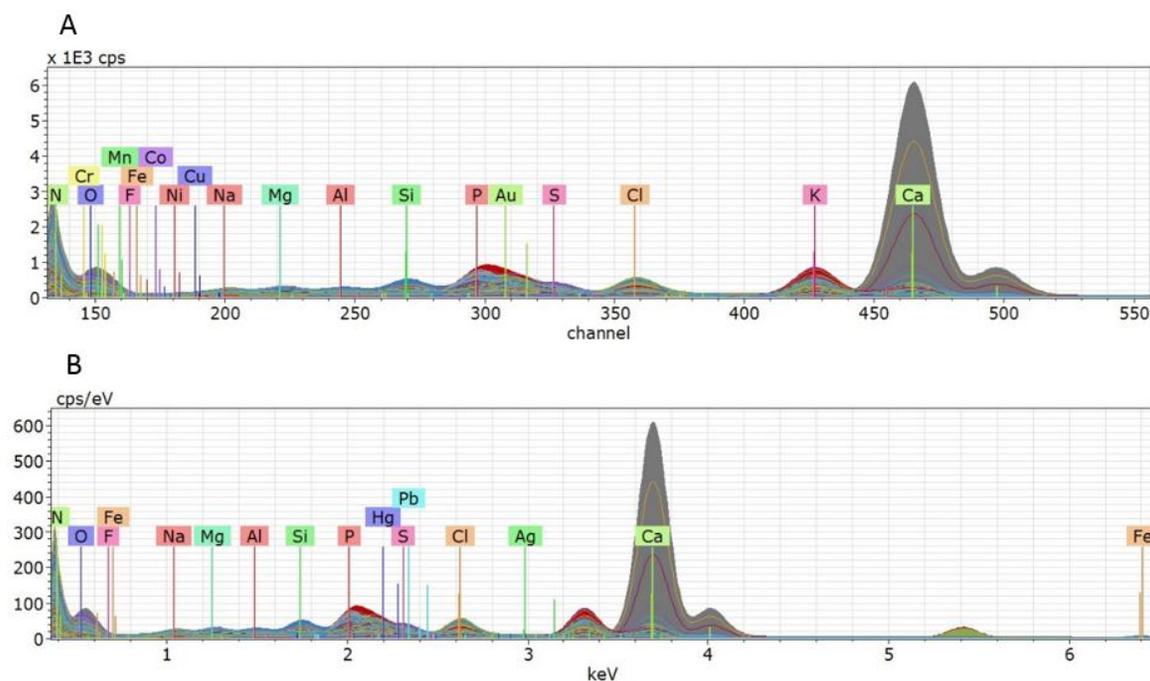


Figura 21. Composición química del alimento balanceado

Entre los elementos químicos de suma importancia para el ave de engorde y que en mayor concentración se encuentran en el alimento balanceado son: el calcio (Ca) y fósforo (P) (Figura 21). Según Uculmana y Calagua (2017), el calcio y fósforo son los elementos más abundantes en el ave; ambos constituyen más del 70 por ciento de las cenizas del cuerpo.

Además, estos dos elementos son indispensables, porque cumplen funciones importantes en el ave como por ejemplo: en el caso del calcio: interviene en la formación de huesos, interviene en la activación de enzimas y contracción de los músculos, facilita el paso de los nutrientes dentro y fuera de las paredes celulares, mientras que el fósforo es necesario para el crecimiento muscular, participa en el metabolismo de aminoácidos y forma parte de la molécula energética conocida como ATP (Uculmana & Calagua, 2017).

En el caso de la plata elemental, proveniente de las nanopartículas, Kulak (2018) menciona que la acumulación de este afecta la función mitocondrial, bloqueando el transporte de electrones en la cadena respiratoria, resultando así en una mayor producción de especies reactivas de oxígeno (ROS).

Además, los iones de plata pueden reemplazar el hierro en las proteínas e inducir una reacción de Fenton (producción de radicales altamente reactivos de hidroxilo ($\text{OH}\cdot$)), que conduce a la generación de ROS. Los ROS resultantes pueden detener la división celular, causar la muerte a través de la peroxidación lipídica de la membrana celular y provocar daños al ADN y al ARN (Kulak *et al.*, 2018).

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Durante la formulación del alimento balanceado, utilizando el software NUTRION 5.0., se llegó a determinar que existen ingredientes o materias primas que están interviniendo en mayor concentración durante la elaboración del alimento. Entre estos ingredientes se encuentran el maíz, la soya, la harina de pescado y el aceite de palma.

Así mismo, durante la caracterización del alimento balanceado realizado por NUTRION 5.0, son el maíz, la soya, la harina de pescado y el aceite de palma los ingredientes que mayor aporte nutricional brindara al alimento balanceado y por ende al ave de engorde. Así mismo se pudo observar que la inclusión del fructooligosacárido 1-Kestosa y nanopartículas de plata no aportan con algún nutriente en específico, principalmente por sus características de prebiótico y antimicrobiano respectivamente, cumpliendo así la segunda hipótesis planteada.

Durante la realización del proyecto también se utilizó diferentes técnicas que ayudaron a la obtención de información y análisis del alimento balanceado como por ejemplo: 1) Microscopia Electrónica de Transmisión (TEM), con el que se obtuvo tamaño de las nanopartículas que varían entre 50nm y 61nm, importante para el efecto antimicrobiano de las mismas, 2) Difracción de Rayos X (DRX), la cual permitió identificar plata elemental (proveniente de la nanopartículas de plata) en la posición 36.5° y 37.5°, 3) Espectroscopia de Rayos X de Energía Dispersiva (EDS), la cual mediante la utilización del microscopio

electrónico de barrido se logró identificar elementos químicos de importancia como son calcio, fosforo y plata, elementos que cumplen funciones importantes.

5.2. RECOMENDACIONES

En el proceso de formulación del alimento balanceado, conocer adecuadamente las cantidades mínimas y máximas de los ingredientes a utilizar en el proceso de elaboración del alimento balanceado.

Realizar un mezclado adecuado de los ingredientes utilizados, con el fin de conseguir un alimento homogéneo, el cual facilitará la realización de la caracterización nutricional.

Realizar una investigación exhaustiva de ingredientes candidatos a sustituir materias primas que normalmente se utilizan en la elaboración del alimento (como son maíz, soya, entre otro) para así disminuir el precio de la elaboración de mismo.

Realizar diferentes ensayos, tanto *in vitro* como *in vivo*, combinando dos o más alternativas a los antibióticos promotores del crecimiento (APC) como son: extractos de plantas, aceites esenciales, probióticos y prebióticos.

CAPITULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA

- Arocena, P., Zonco, M., & Rubio, C. (2017). Utilización de prebiótico en la alimentación de pollos de engorde (Tesis de Grado). *Facultad de Ciencias Veterinarias*.
- Avila, C., & Benavides, D. (2013). Estudio de factibilidad para la elaboración de alimentos balanceados para pollos broilers (Tesis de Grado). *Universidad Central del Ecuador-Facultad de Ciencias Economicas*.
- Botero, L. (2014). Producción y caracterización de la enzima recombinante fructosiltransferasa de *Aspergillus oryzae* en *Pichia pastoris* GS115 (Tesis de Grado). *Pontificia Universidad Javeriana*.
- Cao, H., & Karasawa, Y. (2005). Effects of Green Tea Polyphenols and Fructo-oligosaccharides in Semi-purified Diets on Broilers Performance and Caecal Microflora and Their Metabolites. *Asian-Aust. J. Anim. Sci*, 18(1), 85-89.
- Caputo, G., Girao, A., & Ferro, M. (2017). Application of Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS). *ResearchGate*, 75.
- Castañeda, C., & Monte, A. (2015). Prebióticos y sus beneficios en la alimentación. *Revista Gastrohnutp*, 17(3), S18-S25.
- Cepero, R. (2013). Retirada de los antibióticos promotores de crecimiento en la unión europea: causas y consecuencias. *Dpto. de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos*.

- Chiriboga, P. (2015). Evaluación de tres balanceados energéticos-proteícos comerciales y dos aditivos alimenticios en la alimentación de pollos parrilleros.tumbaco, pichincha (Tesis de Grado).
- CIAP. (2016). *Nutrición Animal* . Obtenido de Manual del Protagonista: <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Archivos/ManualdeNutricionAnimal.pdf>
- Dolores, M., & Ranilla, M. (2002). Los aditivos antibióticos promotores del crecimiento de los animales: situación actual y posibles alternativas. *Producción Animal*.
- García, Y., Mercedes, G., López, R., Bocourt, Z., & Rodríguez, L. (2012). Los prebióticos en la alimentación de animales monogástricos. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 46(3), 231-236.
- Gauthier, R., Bodin, C., & Fernández, A. (2011). Alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento para pollos . *La alternativa avicola*, 19-23.
- Gibson, R., Probert, M., Van Loo, J., Robert, A., Rastall, M., & Roberfroid, M. (2004). Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutrition Research Reviews*, 17, 259–275.
- Girón, C., & Lezcano, E. (2016). Efecto del alimento ofrecido como harina, migajas o micropelets en el periodo de inicio sobre el rendimiento productivo y procesamiento de los pollos de engorde de la línea Ross 708 (Tesis de Grado). *Escuela Agrícola Panamericana, Carrera de Ingeniería Agronómica*.
- Gorchs, C., Cardozo, S., & Lizárraga, D. (2014). Caso clínico: Estafilococosis aviar. *Casos Clínicos - Enfermedades infecciosas*, 2, 53-55.

- Guerra, L. (2017). Evaluación de la producción de fructooligosacáridos a partir de células inmovilizadas de *pichia pastoris* productoras de una fructosiltransferasa (Tesis de Grado). *DDepartamento de ciencias de la vida y la agricultura - Carrera de Biotecnología*.
- Gutiérrez, A., Montoya, O., & Vélez, J. (2013). Probióticos: una alternativa de producción limpia y de remplazo a los antibióticos promotores de crecimiento en la alimentación animal. *Producción mas limpia*, 8(1), 135-146.
- Gutierrez, M. (2018). *Depreciación del precio de la carne de pollo en Ecuador*. Obtenido de AviNews - avicultura.info: <https://avicultura.info/depreciacion-del-precio-de-la-carne-de-pollo-en-ecuador/>
- INEN. (2014). Alimentos para animales. Alimentos balanceados para aves de producción zootécnica. Requisitos. Obtenido de http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/uploads/downloads/2014/NORMAS_2014/ACO/17122014/n-te-inen-1829-1r.pdf
- Kulak, E., Ognik, K., Stępniewski, A., & Sembratowicz, I. (2018). The effect of administration of silver nanoparticles on silver accumulation in tissues and immune and antioxidant status of chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 27, 44-54.
- Latorre, M., & Fondevila, M. (2010). Nanopartículas de plata como aditivo en alimentación animal. *Alimentación animal*.
- Ledezma, A., Romero, J., Hernández, M., Moggio, I., Arias, E., & Padrón, G. (2014). Síntesis biomimética de nanopartículas de plata utilizando extracto acuoso de nopal (*Opuntia* sp.) y su electrohilado polimérico. *Superficies y Vacío*, 27(4), 133-140.

- Mahmoud, T. (2012). Silver Nanoparticles in Poultry Production. *Journal of Advanced Veterinary*, 2, 303-306.
- Mariño, A., Núñez, M., & Barreto, J. (2016). Microbiota, probióticos, prebióticos y simbióticos.
- Mendoza, N. (2016). Fundamentos de los alimentos peletizados en la nutrición animal. *Dominios de las Ciencias*, 2(4).
- Mohamed, M., Mohamed, F., & El-Said, W. (2017). Enhancement of Antimicrobial Sensitivity of Salmonella and Escherichia coli Strains Isolated from Chickens Using Silver Nanoparticles in Assiut Governorate. *Zagazig Veterinary Journal*, 45(3), 273-282.
- Nutrion. (2018). *Nutrición - Programa para la formulación de alimentos balanceados*. Obtenido de Nutrion Software:
http://nutrion.com/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=45
- Oliveira, F., & Gonzales, M. (2008). Probióticos y prebióticos en la práctica clínica. 26-34.
- Proecuador. (2018). *Alimento para animales*. Obtenido de <https://www.proecuador.gob.ec/alimentos-para-animales/>
- Rivas, D. (2014). Producción de alimentos balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos (Tesis de Grado). *Escuela Politécnica Nacional-Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria*.
- Rostagno, S., Teixeira, L., Hannas, M., Donzele, J., Sakomura, N., Perazzo, F., . . . Brito, C. (2017). Tablas Brasileñas para Aves y Cerdo. *Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales*.

- Sánchez, M. (2017). Nanopartículas de plata: preparación, caracterización y propiedades con aplicación en inocuidad de los alimentos (Tesis de Maestría). *Departamento de Química Inorgánica y Química Técnica*.
- SCBT. (2017). *1-Kestose*. Obtenido de Santa Cruz Biotechnology: <https://www.scbt.com/scbt/es/product/1-kestose-470-69-9>
- Tandalla, R. (2010). Evolución de diferentes niveles de proteína bruta y lisina en dietas para pollos parrilleros (Tesis de Grado). *Escuela Superior Politécnica del Chimborazo*.
- Trujillo, L., Marcillo, V., Avalos, R., Ponce, K., & Ramos, T. (2014). From the laboratory to the industry: enzymatic production and applications of shortchain fructooligosaccharides (fos). Recent advances and current perspectives. *Bionatura*, 1(1).
- Uculmana, M., & Calagua, M. (24 de 07 de 2017). *Macro-Minerales y Fitasas en Nutrición Avícola*. Obtenido de Avicultura: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/macro-minerales-fitasas-nutricion-t41091.htm>
- Vadalasetty, K., Lauridsen, C., Engberg, R., Vadalasetty, R., Kutwin, M., Chwalibog, A., & Sawosz, E. (2018). Influence of silver nanoparticles on growth and health of broiler chickens after infection with *Campylobacter jejuni*. *BMC Veterinary Research*, 14(1).
- Valverde, M. (2016). Aprovechamiento de la cáscara de banano *Musa paradisíaca* Cavendishmusaceae y plátano dominico- hartón *Mussa aab simonds* maduros para la elaboración de alimento balanceado en pollos broiler de engorde (Tesis de Grado). *Universidad Técnica del Norte - Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales*.

Velasco, S; Rodríguez, ML; Alzueta, MC; Rebolé, A. (2010). Los prebióticos tipo inulina en alimentación aviar. I: Características y efectos a nivel intestinal. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 4(2), 87-104.

Yang, G., Yin, Y., Liu, H., & Liu, G. (2016). Effects of dietary oligosaccharide supplementation on growth performance, concentrations of the major odor-causing compounds in excreta, and the cecal microflora of broilers. *Poultry Science Association*.