



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA ZOOTECNIA

**“EFECTOS DE LAS ENZIMAS DIGESTIVAS EN LA
PRODUCCIÓN DE POLLOS DE ENGORDE”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA ZOOTECNISTA

AUTORA: LISETH ANGÉLICA ABARCA ALULEMA

DIRECTOR: ING. MARCO MAURICIO CHÁVEZ HARO MBA.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, LISETH ANGÉLICA ABARCA ALULEMA

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **LISETH ANGÉLICA ABARCA ALULEMA**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 29 de noviembre del 2021.



Liseth Angélica Abarca Alulema

060540723-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA ZOOTECNIA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación “**EFFECTOS DE LAS ENZIMAS DIGESTIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE POLLOS DE ENGORDE**”, realizado por la señorita: LISETH ANGÉLICA ABARCA ALULEMA, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

PABLO
RIGOBERTO
ANDINO
NAJERA

Firmado digitalmente por PABLO
RIGOBERTO ANDINO NAJERA
DN: cn=PABLO RIGOBERTO ANDINO
NAJERA, o=EC, ou=SECURITY DATA
S.A. 2, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION
Motivo: Soy el autor de este documento
Fecha: 2021-12-06 11:54:05:00

Ing. Pablo Rigoberto Andino Nájera.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

2021-11-29

MARCO
MAURICIO
CHAVEZ
HARO

Firmado digitalmente
por MARCO MAURICIO
CHAVEZ HARO
DN: cn=MARCO MAURICIO
CHAVEZ HARO, c=EC,
ou=SECURITY DATA S.A. 2,
ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE
INFORMACION
Motivo: Soy el autor de este
documento
Ubicación:
Fecha: 2021-12-02 15:27:05:00

Ing. Marco Mauricio Chávez Haro
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

2021-11-29

SONIA ELISA
PEÑAFIEL
ACOSTA

Firmado digitalmente por SONIA ELISA
PEÑAFIEL ACOSTA
DN: cn=SONIA ELISA PEÑAFIEL
ACOSTA, gn=SONIA ELISA, c=EC,
l=RIOBAMBA, ou=Certificado de Clase 2
de Persona Física EC (FIRMA),
e=soniaelisapenafiel@yahoo.es
Motivo: Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha: 2021-12-05 21:11-05:00

Dra. Sonia Elisa Peñafiel Acosta
MIEMBRO DE TRIBUNAL

2021-11-29

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	3
1.1. Anatomofisiología del aparato digestivo de las aves.....	3
1.1.1. <i>Pico</i>	3
1.1.2. <i>Boca</i>	4
1.1.3. <i>Lengua</i>	4
1.1.4. <i>Esófago</i>	4
1.1.5. <i>Buche o Estómago Almacenador</i>	4
1.1.6. <i>Proventrículo o Estómago Glandular</i>	4
1.1.7. <i>Molleja o Estómago Muscular</i>	5
1.1.8. <i>Intestino Delgado</i>	5
1.1.9. <i>Páncreas</i>	6
1.1.10. <i>Hígado</i>	6
1.1.11. <i>Vesícula Biliar</i>	7
1.1.12. <i>Intestino Grueso</i>	7
1.1.13. <i>Cloaca</i>	7
1.2. Requerimientos nutricionales del pollo de engorde	8

1.2.1. Agua.....	8
1.2.2. Carbohidratos	8
1.2.3. Grasas	9
1.2.3.1. Ácidos grasos esenciales	9
1.2.4. Energía	9
1.2.5. Minerales	9
1.2.6. Proteínas	10
1.2.7. Vitaminas	10
1.2.8. Aminoácidos	11
13. Digestibilidad de nutrientes en el pollo de engorde.....	12
14. Enzimas	14
1.4.1. Clasificación de las enzimas.....	15
1.4.2. Mecanismos de acción de las enzimas.....	15
15. Enzimas digestivas endógenas	17
16. Enzimas digestivas exógenas.....	18
1.6.1. Características y función de enzimas exógenas	19
1.6.2. Factores y beneficios a considerar en el uso de productos enzimáticos	20
17. Uso de enzimas digestivas en la nutrición avícola	21
1.7.1. Fisiopatología de las aves y papel de las enzimas en los alimentos	21
1.7.1.1. Termorregulación.....	22
1.7.1.2. Sistema circulatorio	22
1.7.1.3. Sistema nervioso.....	23
1.7.1.4. Bioquímica sanguínea y gasometría.....	23
1.7.1.5. Enzimas hepáticas	24
1.7.1.6. Cenizas óseas	25
1.7.2. Consideraciones anteriores a la utilización de enzimas exógenas	25

<i>1.7.3. Elementos importantes a considerar en la utilización de enzimas exógenas.....</i>	<i>26</i>
<i>1.7.4. Enzimas en formulación de alimento.....</i>	<i>27</i>
<i>1.7.4.1. Aplicación de carbohidrasas.....</i>	<i>27</i>
<i>1.7.4.2. Aplicación de fitasas.....</i>	<i>28</i>
<i>1.7.4.3. Aplicación de proteasas.....</i>	<i>29</i>
<i>1.7.5. Ventajas de la utilización de enzimas exógenas en aves.....</i>	<i>29</i>

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	32
2.1. Búsqueda de información bibliográfica	32
2.2. Criterios de selección.....	32
2.3. Métodos para sistematización de la información	33

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1. Acción de las enzimas dentro del sistema digestivo de los pollos de engorde	34
3.2. Características de las enzimas digestivas utilizadas en la producción de pollos de engorde.....	36
<i>3.2.1. Naturaleza proteica.....</i>	<i>36</i>
<i>3.2.2. Especificidad.....</i>	<i>36</i>
<i>3.2.3. Diferente localización</i>	<i>37</i>
<i>3.2.4. Diferentes condiciones óptimas</i>	<i>37</i>
<i>3.2.5. Mínimos cambios pueden derivar en su inactivación.....</i>	<i>37</i>
<i>3.2.6. Características específicas de las enzimas exógenas.....</i>	<i>37</i>
<i>3.2.6.1. Xilanasas.....</i>	<i>37</i>

3.2.6.2. <i>β</i> -Glucanasas.....	38
3.2.6.3. <i>α</i> -Amilasas.....	38
3.2.6.4. <i>β</i> -Mannanasas	38
3.2.6.5. <i>Proteasas o peptidasas</i>	39
3.2.6.6. <i>Fitasas</i>	39
3.2.6.7. <i>Lipasas</i>	39
3.3. Enzimas efectivas para la alimentación de pollos de engorde	41
3.3.1. <i>Evaluación de parámetros productivos con la utilización de enzimas digestivas en las dietas de los pollos</i>	41
3.3.1.1. <i>Ganancia de peso</i>	41
3.3.1.2. <i>Consumo de alimento</i>	44
3.3.1.3. <i>Conversión alimenticia</i>	46
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES.....	49
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Enzimas encontradas en las aves.....	18
Tabla 2-1:	Enzimas exógenas utilizadas en avicultura y sus beneficios	31
Tabla 3-3:	Principales enzimas utilizadas en la alimentación de pollos y su acción sobre sustratos de las materias primas	35
Tabla 4-3:	Enzimas digestivas exógenas utilizadas en la producción de engorde y su principal característica.....	40
Tabla 5-3:	Evaluación de la ganancia de peso en pollos con la utilización de enzimas digestivas.....	43
Tabla 6-3:	Evaluación del consumo de alimento en pollos con la utilización de enzimas digestivas.....	45
Tabla 7-3:	Evaluación de la conversión alimenticia en pollos con la utilización de enzimas digestivas.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Esquema del sistema digestivo de las aves	3
--	---

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PROMEDIOS DE LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS DE POLLOS PARRILLEROS EN FUNCIÓN A LOS TRATAMIENTOS DE LA FASE TOTAL DE LA INVESTIGACIÓN (SUAREZ, 2017).
- ANEXO B:** COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE ENZIMAS, (AMILASA, FITASA) (CHICAIZA, 2018).
- ANEXO C:** PROMEDIOS DE LA GANANCIA DE PESO EN POLLOS DE ENGORDE EN FUNCIÓN A LOS TRATAMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN (ARANDI, 2019).
- ANEXO D:** PROMEDIOS DEL CONSUMO DE ALIMENTO EN POLLOS DE ENGORDE EN FUNCIÓN A LOS TRATAMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN (ARANDI, 2019).
- ANEXO E:** CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN POLLOS DE ENGORDE EN FUNCIÓN A LOS TRATAMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN (ARANDI, 2019).
- ANEXO F:** CONSUMO DE ALIMENTO, GANANCIA DE PESO DIARIO Y FINAL DE POLLOS ROSS 308 SOMETIDOS A DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE FITASA (FYT) (CHICAIZA Y LEIVA, 2020).
- ANEXO G:** CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE POLLOS ROSS 308 SOMETIDOS A DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE FITASA (FYT) (CHICAIZA Y LEIVA, 2020).

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue estudiar sobre los efectos que causan las enzimas digestivas dentro de la producción de pollos de engorde. La búsqueda de información bibliográfica se basó en la recopilación de información de las siguientes plataformas científicas Scielo, Scopus, E-libro, Scisearch, Dspace Espoch, tesis experimentales y artículos científicos digitales. La acción de las enzimas en el sistema digestivo de los pollos sabemos que se encuentran encargadas de degradar uniones específicas, rompiendo paredes celulares, disminuye pérdidas de nutrientes, modifican la microflora y morfología del intestino, mayor disponibilidad de nutrientes, reducción de los factores anti nutricionales, mantenimiento de la salud intestinal, además conocemos que dentro de las características de las enzimas se encuentra la especificidad, lo que permite que una enzima se encargue de un determinado sustrato y su acción va a depender del medio en el cual se encuentre, ya que este puede ser un factor para su inactivación. Para conocer la eficiencia de las enzimas se investigó varios autores, donde las variables de estudio fueron: ganancia de peso (g/día/ave), consumo de alimento (g/día/ave), conversión alimenticia. Para la evaluación de ganancia de peso, dentro de las investigaciones realizadas los autores defienden la hipótesis de que existe una mayor ganancia de peso al administrar enzimas en el alimento de los animales. Respecto al consumo de alimento, este se vio influenciado por la adición de enzimas digestivas en la dieta de los pollos de engorde, representando de esta manera un menor consumo de alimento. En cuanto a la conversión alimenticia, en las investigaciones realizadas los autores se mantienen en que existe una mejor conversión alimenticia al utilizar enzimas digestivas exógenas. Se concluye que el uso de enzimas digestivas exógenas tiene mucha importancia, puesto que el pollo mejora su digestibilidad y aprovechamiento de nutrientes contenidos en la dieta.

Palabras clave: <ENZIMA>, <POLLO DE ENGORDE>, <DIGESTIÓN>, <FITASA>, <GANANCIA DE PESO>, <CONSUMO DE ALIMENTO>, <CONVERSIÓN ALIMENTICIA>.

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente
por LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Nombre de
reconocimiento (DN):
c=EC, l=RIOBAMBA,
serialNumber=06027669
74, cn=LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Fecha: 2021.07.05
17:08:11 -05'00'



1295-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

This research work aims to study the effects caused by digestive enzymes in the production of broilers. The bibliographic information was gathered from scientific platforms such as Scielo, Scoopus, E-book, Science diret, Dspace Espoch, experimental theses and digital scientific articles. It is known that the action of the enzymes in the digestive system of chickens that are in charge of degrading specific bonds, breaking cell walls, reducing nutrient losses, modifying the microflora and morphology of the intestine, providing greater availability of nutrients, reducing the anti-nutritional factors and maintaining the intestinal health. It is also known that within the characteristics of enzymes is the specificity which allows an enzyme to take care of a certain substrate and its action will depend on the environment in which it is found, since this may be a factor for its inactivation. To know the efficiency of the enzymes, several authors were analyzed regarding the following study variables: weight gain (g / day / bird), feed consumption (g / day / bird), feed conversion. For the evaluation of weight gain, within the investigations carried out, the authors defend the hypothesis that there is a greater weight gain when administering enzymes in the animal feed. Regarding feed consumption, this was influenced by the addition of digestive enzymes in the diet of broilers, thus representing a lower feed consumption. Regarding food conversion, in the research carried out, the authors maintain that there is a better food conversion when using exogenous digestive enzymes. It is concluded that the use of exogenous digestive enzymes is very important, since chickens improve its digestibility and use of nutrients contained in the diet.

Keywords: <ENZYME>, <BROILER>, <DIGESTION>, <FITASE>, <WEIGHT GAIN>, <FOOD CONSUMPTION>, <FOOD CONVERSION>.

GLORIA ISABEL
ESCUDERO
OROZCO

Firmado digitalmente por GLORIA
ISABEL ESCUDERO OROZCO
DN: cn=GLORIA ISABEL ESCUDERO
OROZCO o=ES o=SECURITY DATA
S.A. 1 ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION
Motivo: Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha: 2021-07-06 12:05+19:00

Dra. Isabel Escudero
DOCENTE FCP ESPOCH

INTRODUCCIÓN

La producción avícola es un pilar elemental dentro del sector agropecuario, teniendo como actividades principales la producción de huevos y de carne de pollo, esta demanda ha tenido un aumento en los últimos años a causa del crecimiento poblacional, induciendo de esta forma a que los productores avícolas busquen nuevas técnicas de producción para conseguir incrementar los rendimientos productivos de sus animales, obteniendo de esta manera un aumento en sus ganancias. Según (Arce, 2021, como se citó en Rojas, 2012, p. 13) Dentro de la producción de pollos dedicados al engorde se deben considerar ciertos factores que son muy importantes en la determinación del éxito de una producción con alimentación eficiente que darán excelentes rendimientos.

Entre los factores más importantes a considerar dentro de la producción de pollos está la alimentación, pues este representa entre 70 a 80 % del costo de producción de un kilogramo de carne en pollo de engorde, de igual manera, aproximadamente entre el 60 a 70 % del contenido de una dieta está constituida por granos, los nutrientes que contienen estos ingredientes son desdoblados por enzimas endógenas en el tracto digestivo; sin embargo, fracciones importantes de estos nutrientes no son digeridos completamente por las aves (Arce, 2021, como se citó en Rojas, 2012, p. 13).

Dentro del tracto digestivo del pollo de engorde se encuentran enzimas digestivas que desdoblan los nutrientes de los alimentos suministrados, sin embargo, la mayoría de estas enzimas no consiguen digerir todos los compuestos que se encuentran en su alimento, imposibilitando de esta manera la asimilación de algunos de los componentes principales, es por ello que se necesita utilizar enzimas exógenas. En conclusión, la utilización de enzimas exógenas dentro de la alimentación para aves ha tenido su relevancia en los últimos años, como resultado de los incrementos en los costos de producción de los alimentos balanceados (Gómez, 2014, p. 10).

Todos los animales utilizan enzimas para digerir los alimentos, estas tienen la posibilidad de ser realizadas por el mismo animal o a su vez por los microorganismos que se encuentran de manera regular en el intestino, no obstante, el proceso de digestión se ve afectado notoriamente en aves adolescentes. El uso de enzimas exógenas dentro de la alimentación de aves se realiza con el objetivo de sustituir las enzimas producidas por el animal y de esta manera mejorar el aprovechamiento de los nutrientes obtenidos en los alimentos, específicamente de las materias primas ricas en proteína de origen vegetal, ya que están compuestas de elementos anti nutricionales que afectan su digestibilidad, de esta manera se obtiene ventajas productivas y mejora la rentabilidad (Gómez, 2014, p. 10).

La utilización de enzimas exógenas en los alimentos de animales monogástricos como cerdos y aves se han estudiado y experimentado para mejorar su alimentación, ayudando a la descomposición de compuestos que poseen una digestibilidad deficiente. Las enzimas influyen de una manera significativa sobre los procesos de digestión ya que están relacionadas con la mejora de la digestibilidad de nutrientes presentes en los alimentos, al utilizar compuestos enzimáticos en dietas de aves en las diferentes etapas fisiológicas se ha observado un incremento en su producción (Méndez, 2011, citado en Ordoñez, 2019, p. 3).

La implementación de enzimas exógenas presenta un incremento en cuanto al valor nutricional de los alimentos, favoreciendo el uso de diferentes materias primas necesarias para el animal, de igual manera a la planta generadora de alimentos balanceados y aún más al productor de aves, generando más ganancias a causa del incremento productivo de los pollos de engorde. (Méndez, 2011, citado en Ordoñez, 2019, p. 3). Es por ello que el uso de enzimas exógenas dentro de la alimentación de pollos de engorde se justifica porque mejoran la digestibilidad, presentando así una mejor asimilación de los nutrientes que proporcionan los alimentos utilizados en la dieta, al disminuir el efecto de encapsulamiento que presenta la pared celular dentro de los granos.

Por lo expuesto anteriormente se plantearon los siguientes objetivos:

Conocer la acción de las enzimas digestivas endógenas y exógenas dentro del sistema digestivo de los pollos de engorde, identificar las características de las diferentes enzimas digestivas endógenas y exógenas utilizadas en la producción de pollos de engorde, determinar las enzimas digestivas más efectivas para mejorar la eficiencia alimenticia dentro de la producción avícola.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.

1.1. Anatomofisiología del aparato digestivo de las aves.

El sistema digestivo de las aves posee adaptaciones diseñadas para beneficiar el vuelo. El tamaño y el peso del aparato digestivo de las aves es pequeño en relación al de los mamíferos. El pico sustituye las grandes mandíbulas y los dientes. El alimento se ingiere entero y disminuye su tamaño en la molleja. El sistema digestivo se compone de un pico, cavidad oral y farínge, esófago, buche, proventrículo, molleja, intestino delgado (yeyuno, íleon), intestino grueso (ciego, recto), cloaca, como se indica en la figura 1-1 (Angulo, 2009, p. 10).

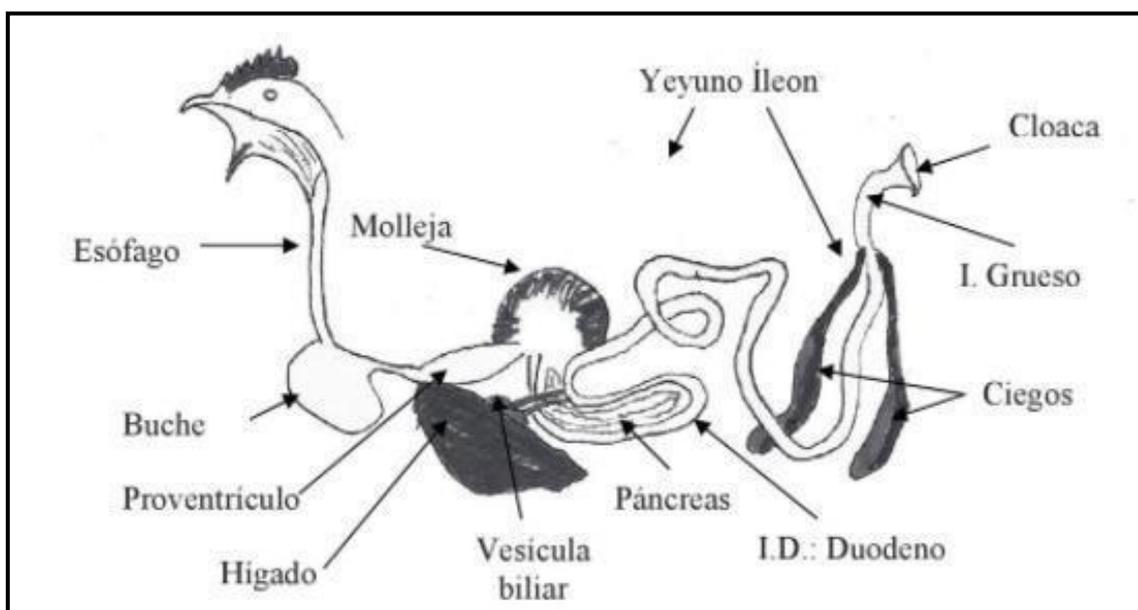


Figura 1-1. Esquema del sistema digestivo de las aves.

Fuente: (Angulo, 2009, p. 10).

1.1.1. Pico.

La función principal que tiene el pico de las aves es la de recoger, prensar y romper los alimentos consumidos. El pico de los pollos de engorde y gallinas es duro, corto y arqueado; el hueso maxilar finaliza en una punta córnea, que se encuentra acomodado en la mandíbula. En su parte superior presenta dos orificios conocidos como las aberturas nasales, estos son simétricos y longitudinales (Aldana, 2015, citado en Chicaiza, 2018, p. 31).

1.1.2. Boca.

La boca es el primer almacenamiento por el cual pasa el alimento, la cavidad bucal posee glándulas salivares en su pared, de igual manera que otras glándulas que segregan líquidos digestivos. El promedio estimado de saliva que segrega un ave es de 12 ml dentro de 24 horas. La reacción que se produce casi siempre es ácida, siendo el promedio del pH 6.75. La amilasa salival está siempre presente, también se encuentra una pequeña cantidad de lipasa (Frandsen, 2014, citado en Chicaiza, 2018, p. 31).

1.1.3. Lengua.

Normalmente, la lengua se ajusta a la forma que tiene el pico del ave, esta puede contener papilas filiformes. Las papilas en conjunto con las laminillas córneas del pico trabajan para realizar el filtrado de los alimentos. Los conocidos músculos linguales son parte fundamental de la lengua, estos son poco desarrollados de allí proviene su poca movilidad. Este órgano tiene como función la prensión, selección y deglución de los alimentos. Al no masticar, las glándulas salivares se reducen considerablemente (Cano, 2010, p. 10).

1.1.4. Esófago.

El esófago es un tubo por el que pasa la comida cuando sale de la parte posterior de la boca (faringe) y va al proventrículo. Consta de dos regiones específicas, la parte superior que comprende la conexión entre la boca y el buche que mide aproximadamente 20cm de largo en el ave adulta y la parte inferior que comprende el nexo entre el buche y el proventrículo mide unos 16 cm de longitud. En su mucosa se localizan glándulas secretoras de un mucus lubricante que trabaja con la saliva para la deglución, sirviendo así para acomodar los voluminosos alimentos sin masticar (Cordeiro da Silva, 2020, p. 15).

1.1.5. Buche o Estómago Almacenador.

El buche es una bolsa de paredes delgadas con revestimiento interno de pliegues profundos que los hace distensible para el almacenamiento de los alimentos y, cumple distintas funciones: almacenamiento de alimento para el remojo, humectación y maceración de los alimentos. La acción producida en el buche es ácida, ya que su pH presenta un promedio de 5. El alimento permanece en almacenamiento dentro del buche alrededor de dos horas. (Patiño, 2012, p. 25).

1.1.6. Proventrículo o Estómago Glandular.

El proventrículo o también llamado estómago glandular se caracteriza por ser un órgano ovoide, mismo que se ubica en la parte izquierda del plano medio, y en posición craneal refiriéndose al

estómago muscular. Antes de su desembocadura en el estómago muscular hace un ligero estrechamiento. Este órgano funciona como conductor de los alimentos provenientes del buche que se encuentran en dirección hacia la molleja, en la parte externa se recubre por el peritoneo (Vargas, 2015, p. 25).

Luego se encuentra la túnica muscular, esta posee dos capas una interna y la otra externa, la externa se caracteriza por ser fina y se encuentran las fibras longitudinales mientras que en la interna las fibras circulares. El proventrículo se constituye en un segmento de tránsito alimentario entre el esófago y la molleja al tiempo que en su mucosa se presenta unas glándulas bien desarrolladas que segregan el jugo gástrico compuesto por ácido clorhídrico (HCl) y pepsinas. Se cree que la formación de pepsina, así como del ácido clorhídrico de encuentra influenciado por el sistema nervioso parasimpático (Vargas, 2015, p. 25).

1.1.7. Molleja o Estómago Muscular.

La molleja, también llamado estomago muscular, se encuentra anexado a la porción caudal del proventrículo y a su vez esta recubierto por los dos lóbulos hepáticos. Se conoce que tiene una reacción ácida, puesto que su pH promedio es de 4.06. Este órgano al ser muy grande ocupa casi toda la parte izquierda de la cavidad abdominal. Se caracteriza por tener una forma redondeada con lados aplanados. La pared se encuentra formada por músculos principales, los mismos que son la capa cornea y túnica muscular (Vargas, 2015, p. 26).

De acuerdo al tipo de alimento que consumen las aves, la molleja se encuentra desarrollada en aves que consumen semillas. Cumple con la función de aplastar y pulverizar los granos que provienen del buche y proventrículo; El nivel de eficacia está determinado por la cantidad de pequeñas piedritas que el animal ha ingerido de manera natural, y que también podrían realizar la función de los dientes (Vargas, 2015, p.27).

1.1.8. Intestino Delgado.

El intestino delgado parte desde la molleja hasta el inicio de los ciegos, es largo y no se observan áreas de delimitación entre duodeno, yeyuno e íleon. La mucosa intestinal está conformada por un epitelio cilíndrico y exhibe numerosas vellosidades que incrementan la superficie de filtración. La mucosa se encuentra cubierta por una capa gruesa de mucus que proporciona un efecto protector al quimo ácido que llega al duodeno (Godoy, 2014, p. 4). El epitelio intestinal soporta un proceso de regeneración continua, alrededor de cada 48 horas, por lo que se aportan cantidades de nitrógeno y enzimas endógenas al contenido intestinal.

En el intestino delgado se lleva a cabo dos importantes funciones: la secreción del jugo intestinal

y la absorción de los elementos nutritivos a través de sus paredes hacia el torrente circulatorio, asimismo se encarga de la recepción de secreciones digestivas del páncreas y el hígado. El jugo intestinal es segregado por las glándulas de Lieberkühm, y contienen fermentos que finalizan el desdoblamiento de los alimentos con el fin de que estos puedan ser absorbidos (Angulo, 2009, p. 13).

- **Duodeno:** Posee la forma de un asa intestinal o en "U" para conectarse con la molleja. El duodeno presenta una reacción ácida en su mayoría, llegando a tener un pH de 6,31, razón por la cual se considera que en esta parte el jugo gástrico ejecuta su acción en gran proporción. En el duodeno se verifica, tanto la digestión gástrica como la pancreática (Vargas, 2015, p. 27).
- **Yeyuno:** Inicia en la separación de las ramas del asa duodenal. Está conformado de diez asas pequeñas que se encuentran suspendidas en un lado del mesenterio en forma de guirnalda. Cumple con la función de absorber las sustancias contenidas en el bolo alimenticio, también el jugo intestinal interviene degradando de manera mínima los hidratos de carbono, proteínas y lípidos para su mejor absorción. Presenta un pH de 7.04 (Vargas, 2015, p.28).
- **Íleon:** El íleon es una estructura estirada y se localiza en el centro de la cavidad abdominal, presenta un pH de 7.59. y desempeña la función de absorber los nutrientes digeridos y producción de enzimas que completan la digestión de los alimentos, aquí se absorben las vitaminas B12 y en su gran parte las sales biliares (Vargas, 2015, p.28).

1.1.9. Páncreas.

Este órgano alargado, se sitúa en el asa duodenal formada por dos lóbulos, uno dorsal y otro ventral, conectados distalmente. Tiene dos o tres conductos que llevan el jugo pancreático (amilasa, tripsina y lipasa) al duodeno en su parte media y posterior este interviene en el desdoblamiento de las proteínas (polipéptidos, aminoácidos, grasa coloidal, ácidos grasos y glicéridos) y azúcares (poli disacáridos y di-monosacáridos) preparándolos para su absorción (Vargas, 2015, p. 31).

1.1.10. Hígado.

Es una glándula alargada y aplanada, que secreta bilis. El hígado compone la mayor estación distribuidora de los nutrientes sus células no solo regulan la clase de nutrientes que deben enviar a los tejidos, sino también su cantidad, las células del hígado llevan a cabo cuantiosas transformaciones químicas de las sustancias que llegan a ellas y pueden servir de depósito o almacén. La ventaja del hígado es que esto almacena la mayor parte de los nutrientes absorbidos del tubo digestivo y lo entrega a las células al ritmo recorrido por las necesidades de cada tejido, de ahí que el metabolismo de los vertebrados se conserva a un nivel más o menos constante gracias

a la acción estabilizadora del hígado (Angulo, 2009, p. 12).

1.1.11. Vesícula Biliar.

Este órgano logra identificarse fácilmente, su tonalidad verde es resultado del almacén de bilis. La vesícula está formada por una cubierta peritoneal externa (túnica serosa), una capa media de tejido fibroso y músculo liso (túnica muscular) y una membrana mucosa interna (túnica mucosa). La bilis pasa del hígado al intestino por dos conductos biliares, el conducto derecho el cual almacena mayor cantidad de bilis y el conducto izquierdo al no ensancharse permite que pase una pequeña cantidad directamente al intestino. La bilis y el jugo pancreático en el duodeno interviene como antiséptico imposibilitando la putrefacción de los alimentos. Uno y otro intervienen en la emulsión de las grasas y ayudan haciéndolas digestibles (Marck, 2002, citado en Barros, 2018, p. 22).

1.1.12. Intestino Grueso.

El intestino grueso se subdivide en: dos ciegos y colon recto.

- **Ciegos:** Las aves tienen dos ciegos, los mismos que tienen su origen en la unión del intestino delgado y el recto. Los ciegos son dos tubos con extremidades ciegas. En los ciegos se almacenan materias fecales de naturaleza fibrosa que sufren una especie de digestión con el apoyo de bacterias celulolíticas, y se absorben los azúcares simples en los que se ha convertido la celulosa. En las aves la digestibilidad de la fibra cruda es reducida, pero en particular facilita la flora de los ciegos, y existe síntesis de vitaminas del complejo B y la absorción del agua. El ciego derecho presenta un pH de 7.08; en cambio el ciego izquierdo tiene un pH de 7.12 (Vargas, 2015, p. 29).

- **Colon Recto:** En las aves, el colon es muy pequeño en comparación con el de los mamíferos, pero con todo y su tamaño reducido, realiza muchas funciones importantes. Recoge el producto del proceso digestivo del intestino delgado. En este tramo del intestino grueso se realiza la absorción de agua y proteínas contenidas en el alimento, tiene un pH de 7.38. Estas estructuras anatómicas son las dos últimas porciones del intestino grueso y se comunican con la cloaca (Vargas, 2015, p. 29).

1.1.13. Cloaca

Los pollos carecen de vejiga, por lo tanto, poseen cloaca, órgano conocido por cumplir las funciones comunes de los tractos urinario, digestivo y reproductivo. Razón por la cual la orina y las heces se desechan juntas. La cloaca tiene 3 porciones: el copródeo (donde desemboca el recto), el uródeo (donde llegan los conductos urinarios y los genitales) y el proctódeo (que comunica la cloaca con el exterior) (Barros, 2018, p. 22).

12. Requerimientos nutricionales del pollo de engorde.

12.1. Agua.

El agua es considerada uno de los nutrientes más importantes dentro de la producción avícola, ya que un suministro insuficiente afectará de manera significativa la producción, a diferencia de la deficiencia de los demás nutrientes. Este es el motivo por el cual es de vital importancia suministrar de manera apropiada este nutriente, el agua debe ser limpia, fresca y fría en todo momento. Al momento que se tiene parvadas pequeñas de animales, se debe considerar la ubicación del bebedero automático en un lugar fresco del galpón. Sin embargo, si los bebederos son manuales, es necesario considerar el tiempo en el que se vuelve a llenar tomando en cuenta el número de aves alojadas, para de esta manera obtener un suministro adecuado de agua dentro del galpón (Damron, 2009, p. 1).

La composición del cuerpo de un pollo de engorde es 60% de agua. Es fundamental que los pollos de engorde beban cantidades correctas de agua para satisfacer las demandas corporales. Para varios productores avícolas garantizar la calidad del agua no se considera una prioridad y al consumir agua de baja calidad origina irritación del intestino y una deficiente absorción de nutrientes que conlleva a un rápido paso del alimento. Para disminuir los efectos de la contaminación bacteriana, es de gran importancia clorar el agua para que exista 1-3 PPM de cloro libre al nivel consumido por las aves (Butcher, 2018, pp.3-4).

12.2. Carbohidratos.

Los carbohidratos son necesarios en la alimentación de aves ya que contribuyen 4000 kcal/kg, de igual manera las grasas suman aproximadamente 9000 kcal, motivo por el cual el suministro de grasa dentro del alimento es una manera de compensar la cantidad de energía que es requerida por el animal para poder desarrollarse al mismo ritmo que sugieren las tablas de su genética. El especialista Tadesco manifiesta que no existe ninguna materia prima que contenga la energía suficiente que requiere el pollo de engorde para su desarrollo (Tadesco, 2008, citado en Chicaiza, 2018, p. 35). Los carbohidratos se encuentran constituidos de fibras, como solubles que es de fácil degradación, generalmente utilizada como energía, de igual manera una fibra cruda insoluble, siendo esta no utilizable como energía. Al existir fibra cruda de manera excesiva en su mayoría son imposibles de digerir por el ave, y a su vez no cubre los requerimientos calóricos necesarios para el animal (Mattiello, 2009, p. 3).

1.2.3. Grasas.

Las grasas se consideran de gran importancia dentro de la formulación de dietas de aves para cualquier etapa fisiológica de la misma. Éstas son indispensables dentro de la alimentación ya que posee una cantidad notable de energía a comparación de cualquier otro nutriente. El contenido de grasa representa el 17% de peso seco de pollo al mercado. La función de las grasas dentro de las dietas es la de facilitar la absorción de vitaminas A, D3, E y K, de igual manera son una fuente importante de ácidos grasos esenciales los mismos que se encargan de la integridad de la membrana, síntesis de hormonas, fertilidad y la eclosión del pollito. Los productores de balanceados para aves utilizan grasa animal para suplementar las dietas (Damron, 2009, p.2).

1.2.3.1. Ácidos grasos esenciales.

La importancia de los ácidos grasos esenciales está en la acción que tienen sobre el desarrollo de la salud regulando las funciones metabólicas de los distintos sistemas tales como: cardiovascular, pulmonar, inmunológico, excretor, además la conservación de membranas celulares y procesos de transcripción genética. Por esto una escasez de los mismos produce en el pollito un crecimiento menor, acompañado por una mayor susceptibilidad a las enfermedades (Cabezas, 2016, p. 2). Los ácidos grasos que se consideran esenciales dentro de la nutrición aviar son: linoleico, linolénico y araquidónico. Las aves tienen la capacidad de sintetizar los dos últimos (linolénico y araquidónico) a partir del linoleico, mediante elongación de la cadena, razón por la cual realmente sólo el linoleico se debe tener presente en la formulación.

1.2.4. Energía.

La energía dentro de la producción de pollos de engorde es importante, ya que los animales necesitan energía para el desarrollo de sus tejidos y para su productividad. La fuente de energía utilizada en las dietas de aves comúnmente son el maíz y el trigo, no obstante, también se administra grasas o aceites para cubrir el requerimiento nutricional de los animales. La cantidad de energía que contiene la dieta generalmente se encuentra expresada en Mega Joules (MJ) o kilocalorías (Kcal) de energía metabolizable (EM), siendo esta la energía que aprovecha el pollo (Ross, 2015, p. 26).

1.2.5. Minerales.

Elementos químicos inorgánicos presentes en la dieta. De los 90 que aportan los alimentos, solo 26 se les conoce como esenciales para la vida animal, debiendo formar parte normalmente de la alimentación diaria de los animales. La deficiencia permanente de algunos de los minerales causa enfermedades determinadas que desaparecen al suministrarlo a la dieta. Los minerales se

encuentran conformando los tejidos de los huesos, de igual manera cumplen una función de regulación del impulso nervioso al musculo, el intercambio de iones dentro de las membranas celulares, y el equilibrio del medio interno, además regulan el metabolismo al intervenir como factores de enzimas (Ravindran, 2002, citado en Peñafiel, 2012, p. 16).

1.2.6. Proteínas.

Las proteínas son biomoléculas formadas por carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno adicionadas en las dietas para el suministro de aminoácidos (Walsh, 2013, citado en Torres, 2017, p. 3). El exceso de este nutriente implica el catabolismo de los aminoácidos, funcionando como aporte de energía en las dietas. Esta función no es recomendable debido a su elevado costo como fuente energética. De esta manera, las dietas de pollos de engorde deben ofrecer un nivel proteico que minimice el uso de aminoácidos como fuente de energía. El exceso de energía y proteína es convertido en grasa, debido a que las aves tienen gran facilidad de almacenar la grasa, por la baja capacidad de almacenar carbohidratos y proteínas, así, el mecanismo genético que determina la síntesis de proteína es más complejo que el de síntesis de grasa; el exceso de nutrientes ingeridos, es utilizado en la síntesis de grasa (Brumano, 2009, citado en Torres, 2017, p.3).

Por su parte, reducir los niveles de proteína, disminuye el tejido magro y aumenta la grasa abdominal. El alto contenido de grasa en la canal disminuye el valor comercial de los cortes y el rendimiento zootécnico, debido a las pérdidas de partes de tejido. Además, dificulta el adecuado tratamiento de los efluentes. En la práctica, cierta cantidad de grasa intramuscular es deseable para garantizar ternura y sabor a la carne de pollo (Brumano, 2009, citado en Torres, 2017, p. 3). La edad afecta las exigencias nutricionales en las aves como lo evidencia Rostagno et al., (2011, citado en Torres, 2017, p. 3), los pollos de engorde necesitan 47,8 g de PB/kilogramo (kg) de peso vivo en la primera semana de edad. Entre los 43 a 46 días, esta necesidad disminuye a 11,5 g de PB. En el caso del sexo, los machos presentan mayores exigencias nutricionales en comparación con las hembras en la misma edad.

1.2.7. Vitaminas.

Las vitaminas generalmente que son requeridas por el ave son trece, estas a su vez se clasifican como solubles en grasa y agua. Las vitaminas que son consideradas solubles en grasa son: A, D3, E y K. Mientras que las vitaminas que son solubles en agua son las conocidas como las del complejo B, entre ellas se encuentran la tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, ácido fólico, biotina, ácido pantoténico, piridoxina, vitamina B12 y colina. Las vitaminas antes citadas son indispensables para la vida del pollo de engorde, por ello deben ser suministradas en cantidades suficientes dentro de la dieta, con el fin de lograr que el animal logre su desarrollo de manera correcta (Damron, 2009, p.3).

La función de la vitamina A recae sobre el funcionamiento correcto de la piel, también forma parte del recubrimiento de los tractos como digestivo, respiratorio y reproductivo de las aves. La vitamina D3, tiene como función intervenir en la formación de los huesos, así como del metabolismo de calcio y fosforo, Mientras tanto el complejo B intervienen en el metabolismo energético y de otros nutrientes. El nutricionista toma la opción de agregar una premezcla de vitaminas a la dieta de las aves, esto con el fin de asegurar de cubrir los requerimientos nutricionales en cuanto a la cantidad de vitaminas necesita el ave en cada etapa fisiológica (Damron, 2009, p. 3).

1.2.8. Aminoácidos.

Como su nombre lo indica, los aminoácidos son moléculas orgánicas que contienen un grupo amino (NH₂) en uno de los extremos de la molécula y un grupo ácido carboxílico (COOH) en el otro extremo. Los aminoácidos son elementos básicos de las proteínas, no obstante, tanto estos como sus derivados están presentes en funciones celulares diversas como la transmisión nerviosa y la biosíntesis de porfirinas, purinas, pirimidinas y urea. Los polímeros cortos de aminoácidos (péptidos) poseen funciones importantes en el sistema neuroendocrino como hormonas, factores que liberan hormonas, neuromoduladores o neurotransmisores. Los aminoácidos distinguidos como esenciales son aquellos que el animal no puede sintetizarlos y por ende deben ser suministrados en los alimentos (Gutiérrez, 2014, p. 1).

La alimentación es el factor más importante para el desarrollo y crecimiento de las aves de engorde, industria que desde hace varias décadas viene en aumento debido al aumento de la demanda para la nutrición humana. Aquí, la escogencia de una dieta adecuada es muy importante. La literatura en este tema es abundante y en algunos aspectos disímil. Los porcentajes sobre la cantidad de proteína, así como cuáles son los aminoácidos más adecuados para su realización, puede variar dependiendo de varios factores, tales como localización, razas, digestibilidad de los nutrientes, entre otras. En este punto hemos de revisar algunos apartes de varios exponentes (Lozano, 2018, p. 4).

Al formular con aminoácidos totales los ingredientes no son bien evaluados, además no aportamos los nutrientes necesarios para que los animales alcancen un óptimo desempeño productivo. Cuando formulamos con aminoácidos digestibles podemos usar ingredientes con media y baja digestibilidad a alta tasa de inclusión sin afectar el crecimiento de los animales, por ejemplo, harina de carne y hueso, afrecho de trigo, afrecho de arroz, harina de girasol, harina de canola, etc. (Creswell y Swick 2001, citado en Lozano, 2018, p. 5). La digestibilidad de un nutriente es la fracción ingerida, no excretada que es realmente absorbida por el animal y se le denomina “digestibilidad fecal verdadera”.

13. Digestibilidad de nutrientes en el pollo de engorde.

Los alimentos poseen componentes orgánicos que se encuentran como moléculas insolubles, las cuales son degradadas dando como resultados compuestos más sencillos capaces de atravesar la membrana mucosa perteneciente al tracto digestivo y finalmente llegar a la sangre. Este proceso de degradación es conocido como Digestión, mientras que la absorción es el proceso por el cual los nutrientes son digeridos a través de la membrana mucosa. Seguidamente empieza en metabolismo donde intervienen las sustancias producidas en el proceso de digestión de alimentos. De acuerdo a Romero la digestión se divide en tres procesos importantes los cuales son: mecánicos, químicos y microbianos (Romero, 2002, citado en Loza, 2005, p. 15).

Las contracciones musculares del tracto digestivo dan como resultado la actividad mecánica que realizan las aves, a las acciones químicas se les atribuye las enzimas segregadas en los distintos jugos gástricos; y por último la digestión microbiana también conocida como enzimática se produce por las enzimas que segregan las bacterias y protozoos ubicados específicamente en el intestino grueso y de una manera leve en el buche de las aves. Las enzimas que se ubican en las secreciones digestivas de las aves son semejantes a las de los mamíferos, sin embargo, no se ha detectado la lactosa. Debido a la ausencia de dientes el alimento penetra inalterado en el buche. La saliva de las aves es ligeramente ácida, contiene Amilasa, enzima cuya actividad sobre el almidón continúa en el buche (Romero, 2002, citado en Loza, 2005, p. 15).

El medio ambiente del buche brinda condiciones propicias para la actividad de las enzimas vegetales (Amilasas) que comienza en conjunto con la Amilasa de la saliva la degradación de los carbohidratos. También, tiene lugar cierta actividad microbiana durante la persistencia de los alimentos en este sitio. Prevalcen los Lactobacilos que se encuentran adheridos a la pared del buche. Los productos encontrados en la fermentación son ácidos acético y láctico. Se ha comprobado la absorción del buche de productos digeridos, sin embargo, por su cantidad, esta absorción tiene una importancia secundaria. En el proventrículo, se segrega ácido clorhídrico y pepsinógeno que se combinan en el bolo alimenticio, aun así, por su tamaño reducido el alimento no dura mucho tiempo en este lugar (Romero, 2002, citado en Loza, 2005, p. 16).

Cuando el alimento combinado con agua, llega a la molleja es triturado hasta llegar a formar una pasta homogénea, luego de ello llegan al intestino delgado donde su tamaño se ha reducido lo suficiente, pudiendo presentarse el reflujo de dichos productos hasta la molleja. En la molleja se da lugar a la desintegración parcial de las partículas de proteínas (Romero, 2002, citado en Loza, 2005, p. 16). En la primera absorción del duodeno no existe la secreción del jugo digestivo, motivo por el cual el contenido intestinal permanece ácido a lo largo de esta sección anterior del duodeno y así que la actividad de la pepsina continúe para hidrolizar a las proteínas hasta pectonas y

polipéptidos.

Por lo tanto, en las aves la mayor parte de la digestión y absorción empieza desde de la porción final del duodeno donde se produce la combinación del bolo alimenticio con las secreciones biliares y pancreáticas. El hígado secreta bilis que llega al duodeno mediante el conducto biliar. Contiene sales sódicas y potásicas de los ácidos biliares, la bilis se almacena en la vesícula biliar hasta cuando sea necesaria. Las sales biliares efectúan una función muy importante dentro de la digestión, activando la lipasa pancreática y emulsionando las grasas (Loza, 2005, pp. 16-17).

El páncreas es una glándula que se encuentra en el asa duodenal que posee dos funciones secretoras: una función endocrina para la fabricación de insulina y por otra parte una función exocrina utilizada para la producción de enzimas digestivas, agua y electrólitos que juntas forman el jugo pancreático, que es segregado en el duodeno mediante el conducto pancreático. Las proporciones relativas de las diferentes enzimas varían como consecuencia a las características de la ración. El jugo pancreático está combinado de enzimas como la tripsina, amilasa, lipasa; Estas enzimas tiene un pH óptimo comprendido entre 7 y 9 (alcalino) (Loza, 2005, p. 17).

- La tripsina es muy específica y actúa sobre los enlaces peptídicos en que se desdoblán las proteínas hasta llegar a péptidos más simples y aminoácidos.
- La función de la α -amilasa pancreática es similar a la de la amilasa de la saliva, actuando sobre los enlaces α (1-4)-glucano del almidón y el glucógeno.
- La degradación de la grasa se efectúa por la lipasa pancreática, y asimismo por las sales minerales que emulsionan las grasas resultando monoglicéridos y ácidos grasos (Loza, 2005, p. 17).

Las moléculas de lípidos generados en la digestión (ácidos grasos y monoglicéridos) se trasladan hasta las células de la mucosa del intestino delgado, en donde consecutivamente son absorbidas por la sangre. La mayor parte de la hidrólisis de los oligosacáridos, así como los de los pequeños péptidos hasta aminoácidos, se lleva a efectuar por enzimas que están presentes en las vellosidades intestinales. La mayor hidrólisis se lleva a cabo en la superficie externa de las células epiteliales, sin embargo, algunos péptidos se absorben por las células con el fin de ser degradados por las enzimas que se encuentran en el citoplasma (Loza, 2005, p. 18).

Las enzimas producidas por las vellosidades son:

- **Sacarasa:** que transforma la sacarosa en glucosa y fructosa,
- **Maltasa:** que divide la maltosa en dos moléculas de α (1-6) de las dextrinas límites.

- Las **aminopeptidasas**, actúan sobre el enlace peptídico adyacente al grupo amino libre de péptidos sencillos.

- **Peptidasas:** complementan la degradación de los dipéptidos hasta aminoácidos (Loza, 2005, p. 18).

Digestión en el intestino grueso, pues la absorción de los nutrientes se localiza principalmente en el intestino delgado, al llegar al intestino grueso los productos de la digestión se ha absorbido en su mayor parte de los nutrientes hidrolizados. Las dietas normales siempre poseen una cantidad específica de materiales resistentes a las enzimas segregadas en el sistema digestivo. El intestino grueso como ya se manifestó posee una importante función como es la de recuperar los nutrientes, electrolitos y agua producto de la digestión, mediante las bacterias que se encuentran en la superficie mucosa de los ciegos, cuyo movimiento peristáltico hace que se combinen con los productos de la digestión del ave, esto determina su fermentación, en respuesta a la producción de ácidos grasos volátiles (Loza, 2005, pp.18-19).

14. Enzimas.

Las enzimas son aquellas bio-moléculas catalizadoras de las reacciones químicas que ocurren dentro de la célula, es muy probable que gracias a ellas se pueda incrementar la velocidad de las reacciones químicas superando a un catalizador artificial, las enzimas tienen especificidad, es decir que una enzima actuará sobre una sustancia en específico. La forma tridimensional de la proteína enzimática es indispensable para que se lleve a cabo de manera eficaz, para unirse a uno o más sustratos específicos los realiza por medio de un centro activo, construyen un complejo “enzima-sustrato” que afecta a algunos de los enlaces químicos del sustrato (Trudy Mckee, 2013, citado en Ordoñez, 2019, p. 27).

Las enzimas son capaces de lograr una excelente conversión de las sustancias minerales dentro de un animal, como, por ejemplo, la utilización de fitasas que provienen de la fermentación de una cepa modificada de *Aspergillus nigger*, esta enzima actúa sobre los fitatos contenidos en los ingredientes vegetales, produciendo la liberación de los nutrientes unidos al complejo, por otro lado mejoran la conversión alimenticia dando como resultado el decrecimiento de excreciones provenientes de los nutrientes que se dirigen al medio ambiente. Una característica significativa de las enzimas es que la tasa de catálisis de una reacción se aumenta en función del incremento de la concentración del sustrato hasta llegar al punto en que el aumento del sustrato no establece un cambio en la actividad enzimática, este punto es nombrado “saturación enzimática”, consecuentemente, es necesario limitar la cantidad apropiada de enzima con la cantidad de sustrato existente en la dieta (Medina, 2003, p. 19).

1.41. Clasificación de las enzimas.

McDonald (2011, pp. 142-144). Manifiesta que en base al mecanismo de acción las diferentes enzimas se logran clasificar en seis grandes grupos, entre ellos tenemos:

1. Las oxidorreductasas encargadas de catalizar el proceso de transmisión de hidrogeno (H), oxígeno (O) o electrones (e-) de una molécula a otras. Las acciones de oxidorreducción también son catalizadas. En este grupo incluyen: deshidrogenasas, oxidasas, peroxidasas, catalasas, oxigenasas, hidroxilasas.
2. Las transferasas están compuestas altamente por un grupo de enzimas catalizadoras de grupos, por ejemplo, acetileno, amino y fosfato, de una molécula a otras. Además, se encargan de catalizar la transferencia de un grupo distinto del hidrogeno de un sustrato a otro. Este grupo incluye: transaldolasas y transcetolasas, acil, glucosil y fosforil transferasas, quinasas, fosfomutasas.
3. Las hidrolasas catalizan las escisiones hidrolíticas. Son propias de las hidrolisis asociadas con la digestión de grasas y proteínas, que son fundamentales para el funcionamiento normal del organismo. Catalizan las reacciones de hidrólisis. Este es un grupo grande, que incluye: esterases, glicosidasas, peptidasas, fosfatasas, tiolasas, fosfolipasas, amidasas, deaminasas, ribonucleasas.
4. Las liasas conocidas como enzimas catalizadoras de degradaciones no hidrolíticas, como las decarboxilaciones y desaminaciones. También son encargadas de catalizar reacciones de ruptura o soldadura de sustratos. Además de lo anterior, el grupo incluye: aldolasas, hidratasas, deshidratasas, sintasas, liasas
5. Las isomerasas, son un grupo de enzimas que catalizan las variantes en el proceso distributivo intramolecular de los isómeros ópticos y deposición. La inter conversión de isómeros es catalizada gracias a estas enzimas. El grupo incluye: racemasas, isomerasas, algunas de las mutasas.
6. Las ligasas son enzimas encargadas de catalizar específicamente dentro de los organismos que suponen la degradación de ATP o trifosfatos parecidos que colaboran con la energía necesaria para la reacción. Catalizan la unión de dos sustratos con hidrólisis simultánea de un nucleótido trifosfato (ATP, GTP, etc.).

1.42. Mecanismos de acción de las enzimas.

De acuerdo al tipo de sustratos atacantes, se conocen cuatro tipos de enzimas gobernantes en el mercado de nutrición animal, estas son: enzimas para degradar AF, fibra, proteína y almidón (Khattak, 2006, p. 1).

Degradación de fibra: Los alimentos que tienen origen vegetal contienen una cantidad de fibra

soluble e insoluble, esta característica se ve limitada a su degradación en animales monogástricos, específicamente en aves y cerdos, puesto que los organismos de estos animales no producen enzimas que ayuden a digerir dicha fibra. La fibra insoluble tiene la capacidad de incrementar la viscosidad del contenido intestinal dando como resultado la absorción restringida de algunos nutrientes, afectando de esta manera el desarrollo y crecimiento del animal, también este trastorno se encuentra relacionado con desordenes digestivos entre ellos colitis en cerdos, en las aves se identifica una baja calidad en la pechuga y corvejones causada por lesiones (Cowieson y col., 2006, citado en Jaramillo, 2018, p. 25).

Degradación de proteínas: La mayoría de alimentos que tienen su origen vegetal son los que suministran los aminoácidos que los animales monogástricos requieren (Glitsoe, Ruckebusch y Knap, 2015, citado en Jaramillo, 2018, p. 25). Algunos alimentos presentan factores anti nutricionales (FAN), entre los que se destacan los inhibidores de lecitina y tripsina, a estos factores se les atribuye las deficiencias de absorción de nutrientes dentro del intestino, sin embargo, esta deficiencia se compensa al suministrar proteasa en la dieta, puesto que esta neutraliza o elimina la actividad de los factores anti nutricionales, y de esta manera ayudar a degradar las moléculas grandes de proteínas a fracciones más pequeñas para una mejor absorción (Cowieson y col., 2006, citado en Jaramillo, 2018, p. 25).

Degradación de almidón: Uno de los ingredientes que se encuentra principalmente en los alimentos balanceados de los animales es el maíz, este alimento obtiene una digestibilidad que alcanza el 95 %, sin embargo, en pruebas recientes se ha identificado que la digestibilidad de este alimento es de 85 % (Medina, 2003, citado en Jaramillo, 2018, p. 25). Al adicionar amilasa dentro de las dietas para aves, esta permite una mejor asimilación del almidón, causando así que se obtenga una mejor absorción de nutrientes aprovechables para el ave acelerando de esta manera su desarrollo. Al utilizar amilasa dentro de las dietas de pollos de engorde existe un aumento de enzimas endógenas, la cantidad de nutrientes digeridos y absorbidos es más elevada, de igual manera que se ve una mejoría en los índices de producción (Cowieson y col., 2006, citado en Jaramillo, 2018, p. 26).

Degradación de ácido fítico: La función principal del fósforo es la mineralización de huesos, inmunidad, fertilidad, crecimiento del animal entre otras, sin embargo los animales monogástricos como las aves y los cerdos tienen una capacidad limitada para absorber este elemento, se estima que solo se absorbe de un 30 a 40 % de fósforo que se encuentra en materias primas de origen vegetal, desde el punto de vista de los nutricionistas el resto del fósforo contenido es indigestible para estos animales, por ello surge la necesidad de adicionar fósforo en las dietas ocasionando un elevado costo de producción y a su vez una eliminación de una mayor cantidad de fósforo al medio ambiente. El uso de fitasas en las dietas provoca que el ácido fítico sea degradado ayudando de esta manera a la liberación de fósforo dentro del organismo de los animales (Khattak y col., 2006,

citado en Jaramillo, 2018, p. 26).

15. Enzimas digestivas endógenas.

La estructura tridimensional que poseen las enzimas endógenas permite reconocer los materiales específicos donde deben actuar los sustratos. Cada transformación que sufren los alimentos dentro del sistema digestivo se encuentran relacionadas con el tipo de enzimas que actúa en ese momento o parte del sistema digestivo del animal, una enzima se caracteriza porque actúa sobre un tipo de alimento específico, la capacidad de reacción de cada enzima se puede ver afectada, ya que si no se proporcionan las condiciones necesarias de acidez puede llegar a restringir su actividad (López, 2017, citado en Chicaiza, 2018, p. 20).

A las enzimas están presentes en las células, en la sangre y de igual manera en el líquido intersticial, su concentración elevada se encuentra en órganos que realizan una elevada actividad metabólica, entre ellos se encuentran el hígado, riñón, miocardio y tejido muscular. Dentro del metabolismo las enzimas juegan un papel muy importante, que es de actuar en todas las reacciones químicas que ocurren dentro del mismo, éstas son sintetizadas por las células vivas del organismo. Emil Fischer en el año de 1894, presenta un concepto referente a la especificidad de las enzimas, por medio de sus estudios enfocados en sustratos sintéticos arrojaron la analogía conocida como “cerradura-llave”, esto quiere decir que todas las enzimas presentan una característica de especificidad con respecto a la sustancia que catalizan. Una enzima específica está en la capacidad de catalizar una determinada reacción (De La Paz Contreras, 2007, p. 15).

La digestión al ser un sistema biológico su composición se encuentra establecida por la especificidad, concentración y eficacia del número de enzimas que se encuentren presente, se conoce que las enzimas actúan como catalizadores, al tener pequeñas cantidades de las mismas su eficacia es muy elevada, ya que la molécula de enzima logra catalizar un número de veces infinito de la misma reacción (De La Paz Contreras, 2007, p. 15). Las enzimas ejercen un efecto sobre el rendimiento a causa de una mayor disponibilidad de nutrientes, gracias al paso más rápido del quimo, las enzimas evitan que exista una proliferación bacteriana a partir de porciones distales del intestino grueso. La reducción del quimo provoca la reducción del grado de pegajosidad y a su vez aumenta el contenido de materia seca en el excremento (Rojas, 2012, p. 47).

En cuanto a la transformación diaria de proteínas, esta producción de enzimas endógenas se encuentra alrededor del 25%. Existen rastros de que la reducción de la viscosidad de alguna manera ayuda a una menor secreción de enzimas digestivas endógenas. No obstante, aún no se conoce exactamente el mecanismo encargado de la regulación, se infiere que la reducción de la viscosidad es la que provoca un incremento del contacto entre las enzimas y sus sustratos. En este caso necesitarían una menor cantidad de enzimas endógenas para llegar a descomponer la misma

cantidad de sustratos, de tal manera que la energía que no ha sido utilizada en la producción de endoenzimas contribuiría a ahorrar energía y proteínas, quedando de esta manera disponibles para el aprovechamiento del animal (Rojas, 2012, p. 47). En la tabla 1-1 se puede observar las enzimas endógenas encontradas en las aves.

Tabla 1-1: Enzimas encontradas en las aves.

Enzima	Localización	Glándulas secretoras	Región anatómica	Sustrato	Productos
Amilasa	Saliva	Glándulas	Boca	Almidón	Maltosa
Pepsina	Jugo Gástrico	Paredes del proventrículo	Proventrículo	Proteína	Proteasas Polipéptidos Péptidos
Amilasa	Jugo Pancreático	Páncreas	Duodeno	Almidón	Maltosa
Tripsina	Jugo Pancreático	Páncreas	Duodeno	Proteínas Proteasas Polipéptidos Péptidos	Productos intermediarios del rompimiento de las proteínas
Lipasa	Jugo Pancreático	Páncreas	Duodeno	Grasa	Ácidos grasos Glicerol Monoglicéridos
Dipeptidasas	Jugo Intestinal	Intestino Delgado	Intestino Delgado	Proteína	Aminoácidos
Maltasa	Jugo Intestinal	Intestino Delgado	Intestino Delgado	Maltosa	Glucosa
Sacarasa	Jugo Intestinal	Intestino Delgado Hígado	Intestino Delgado Duodeno	Sacarosa Grasas	Glucosa Glicerol Ácidos

Fuente: (Cuca, 1996).

1.6. Enzimas digestivas exógenas.

Las enzimas al ser producidas por organismos vivos entre ellos bacterias, levaduras, hongos, etc., presentan una muy desarrollada estructura tridimensional. Los complejos enzimáticos que se encuentran en el mercado generalmente tienen su origen bacteriano (*Bacillus* sp.) o también fúngico (del Hongo *Aspergillus* sp.), los mismos que se encuentran con una parte de polisacáridos no amiláceos (PNA) que favorecen en la eliminación de factores anti nutricionales (Quishpe, 1999, citado en Gómez, 2014, p. 4). Al saber que cada reacción de catálisis requiere una enzima definida se recomienda adicionar un complejo enzimático a las dietas de animales, esto permitirá descompensar las sustancias nocivas existentes, pero no se debe olvidar que las enzimas se deben

encontrar en condiciones favorables de reacción para que actúen de manera correcta. Por esta razón la importancia de conocer las actividades enzimáticas que presenta cada producto, así obtener ventajas de ellas y evitar así los problemas no deseados que puede implicar su presencia (García, 2004, citado en Gómez, 2014, p. 4).

Se encuentran en el mercado una diversidad de complejos enzimáticos elaborados a base de proteasas, α -galactosidasas, xilanasas, celulasas y amilasas que actúan sobre específicamente productos y subproductos oleaginosos que tiene la soya. También se encuentran complejos enzimáticos que tienen una composición de varias enzimas originadas por el hongo *Penicillium funiculosum*, que posee una capacidad de estimular diversas actividades enzimáticas, esto se debe a que este hongo genéticamente no ha sido modificado. Al utilizar estos complejos enzimáticos se obtiene un uso menor de grasas o aceites de las fuentes proteicas que se encuentran en el alimento, esto gracias a que incrementan la energía metabolizable de la dieta y también los aminoácidos, representando así un menor costo de la dieta y un aumento favorable en el desarrollo de las aves (De LaPaz Contreras, 2007, p. 12).

1.6.1. Características y función de enzimas exógenas.

Al utilizar enzimas exógenas dentro de las dietas de aves se debe tener en cuenta que son proteínas muy sensibles, por ellos los resultados va a depender de varios factores, ya que estas pueden perder una parte de su actividad durante el tiempo de almacenamiento o a su vez en el procesamiento de alimentos, así como también en la degradación ácida o proteolítica por la cual pasan los alimentos dentro del intestino del animal (Piquer, 1996, citado en Gómez, 2014, p. 5). Para lograr que se activen positivamente se debe producir un efecto catalítico, para ello se debe tomar en cuenta que las enzimas de origen bacteriano necesitan un pH neutro para lograr su máxima actividad, mientras que para las que son de origen fúngico su pH óptimo es ácido este varía de 4.0 a 6.0.

Con estos antecedentes se deduce que en su mayoría las enzimas podrían accionar sin presentar problemas dentro del intestino delgado, no obstante, dentro del tracto digestivo se presentan otras condiciones a las cuales deberán sobrevivir, la principal es la del estómago (Sahagún, 1998, citado en Gómez, 2014, p. 5). Consecuentemente, la característica principal para su uso industrial es su estabilidad tanto en producto puro como en mezclas subsiguientes y en alimento terminado (Kernkamp, 1990, citado en Gómez, 2014, p. 5). El método más eficiente y utilizado para la evaluación de la actividad de reacción de los productos enzimático es en vivo, se suministra junto a la dieta base y se realiza la medición de la respuesta de acuerdo a los rendimientos obtenidos.

1.6.2. Factores y beneficios a considerar en el uso de productos enzimáticos.

Diferentes autores han enlistado los siguientes beneficios que tiene la utilización de enzimas en la alimentación de animales (Ravindran, 2013, p. 4).

- Existe un mayor aprovechamiento de los nutrientes que están contenidos en las distintas materias primas utilizadas en la alimentación de aves.
- Desarrolla la permisividad de la utilización de materias primas alternativas, permitiendo ayudar de esta manera a introducir ingredientes de digestibilidad baja y disminuir el costo de los alimentos balanceados.
- Se ajusta al requerimiento nutricional del animal mediante la disminución de los ingredientes, es decir, para que la reacción enzimática sea más visible la calidad de los ingredientes utilizados debe ser baja.
- Se obtienen una mejora en la salud intestinal y en su integridad, ya que las enzimas transforman la microflora del intestino favoreciendo así a los microorganismos benéficos.
- Al mejorar la morfología del intestino da como resultado una mejora en la digestibilidad y absorción de los nutrientes.
- Reduce el impacto ambiental a causa de la producción de aves por medio de la baja cantidad de heces eliminadas y de nutrientes perdidos como el nitrógeno y fósforo.
- Aumenta la uniformidad de parvada al saque en vista que mejora el crecimiento de los pollos de engorde.
- En cuanto al bienestar animal este se ve en mejoría ya que al existir menor humedad en las heces la calidad de la cama mejora, beneficiando a reducir problemas de patas, la quema de pechugas y corvejones.

En la actualidad existen diferentes productos comerciales que ofertan enzimas exógenas para adicionar al alimento de los animales, estos productos tienen una clasificación que consta de cuatro clases las mismas que son: fitasas microbianas, las glucanasas éstas están destinadas a actuar sobre los cereales viscosos como el trigo o la cebada, enzimas que actúan sobre el maíz, sorgo que son cereales no viscosos y enzimas que son destinadas a actuar sobre los ingredientes no cereales como harina de soya, leguminosas de grano, etc. Su utilización se realiza de manera individual o en complejos con más enzimas, los efectos que pueden causar al momento de combinarlas son muy variados ya que pueden ser aditivos o sinérgicos con respecto a la absorción

de nutrientes y desarrollo del animal (Cowieson, 2006, p. 8).

1.7. Uso de enzimas digestivas en la nutrición avícola.

El progreso de las enzimas para su utilización en la alimentación animal ha supuesto uno de los mayores avances tecnológicos. Su aplicación en alimentación avícola, sus desarrollos recientes y su constante avance en eficiencia y evolución son indispensables para cumplir estas exigencias. Hoy en día es inimaginable la producción aviar excluyendo la utilización de enzimas en sus alimentos. El reto más grande de los nutricionistas es preparar dietas con un alto valor nutritivo, que sean capaces de cubrir las necesidades nutricionales del ave para la correcta fisiología, crecimiento, mantenimiento y reproducción de las mismas, facilitando en todo momento la digestibilidad de nutrientes (Sanz, 2012, p. 2).

Las enzimas para alimentación animal empezaron a experimentarse hace años atrás, sin embargo, no fue hasta la década de los 90 que se comienzan a utilizar de manera generalizada para la alimentación aviar. Las carbohidrasas, fueron las primeras. De los factores anti nutricionales, la fibra vegetal, β -glucanos, arabinosilanos, pentosanos, que contienen los cereales, imposibilitan un correcto aprovechamiento de muchos nutrientes. La digestibilidad los alimentos utilizados en la dieta se puede ver influenciada al utilizar enzimas exógenas, en pollos jóvenes la cantidad de enzimas producidas es deficiente por lo que al suministrar enzimas de manera exógena se incrementa la digestión y absorción de nutrientes que se encuentran dentro de cada alimento (Sanz, 2012, p. 2).

El resultado esperado al suministrar un complejo enzimático dentro de la alimentación de pollos de engorde es producir una actividad sobre los sustratos de los ingredientes, esto debe estar influenciado por la cantidad de proteína que tiene el alimento y su disponibilidad de energía, obteniendo así un menor consumo de alimento ya que los requerimientos están adecuadamente proporcionados. Las enzimas más utilizadas en la actualidad son la celulasa, xilanasas y enzimas asociadas, fitasas, proteasas, lipasas y galactosidasas. Dentro de la industrialización de alimentos se utilizan las enzimas en aves de corral con la finalidad de disminuir los factores anti nutricionales de los polisacáridos no amiláceos (PNA) y la viscosidad de los cereales principalmente en la cebada y el trigo (Farfan, 2004, citado en Gómez, 2014, p. 16).

1.7.1. Fisiopatología de las aves y papel de las enzimas en los alimentos.

En la actualidad dentro de los productores avícolas el estudio fisiopatológico de las aves tiene una importancia marcada ya que con el conocimiento acerca de este tema presentan la posibilidad de mejorar el rendimiento y sobre todo evitar enfermedades de gran impacto como es el Síndrome de Hipertensión Pulmonar (SHP). El pollo de engorde se ha establecido como una especie de producción de carne muy alta por lo cual a su vez se considera un impacto marcado dentro de la

industria de producción de alimentos. Al ser desarrollada genéticamente el pollo de engorde es considerado susceptible a presentar problemas metabólicos entre ellos el Síndrome de Hipertensión Pulmonar o más conocido como Síndrome ascítico (SA) (Andrade, 2000, citado en Ordoñez, 2019, p. 9).

1.7.1.1. Termorregulación.

Dentro de la evolución de las aves, se conoce que su origen es de los reptiles, estos son poiquiloterms, o de sangre fría y no tienen la capacidad de regular su temperatura corporal haciéndolos dependientes de la temperatura del ambiente. Las aves se consideran homeotermas, que poseen la sangre caliente, en cuanto a su temperatura es normalmente constante y relativamente muy alta, también se conoce que las aves tienen una habilidad para producir calor internamente para subir su temperatura corporal por ello se les llama endotermos, la temperatura normal de los pollos se encuentra en un rango de 40, 6 a 41, 9 °C. Al momento que se eleva la temperatura ambiente, la ingesta voluntaria de alimento baja, pues el ave reduce su producción de calor (termogénesis) antes de aumentar su liberación (termólisis) (Hevia, 2004, p. 1).

El aumento de la temperatura ambiente produce un aumento del consumo de agua, permitiendo al animal eliminar más calorías en forma de calor latente (a través de la evaporación del tracto respiratorio) e hinchar sus crestas y barbillas para eliminar calor. Por esto, el agua de bebida debe estar a libre disposición del animal con temperatura no mayor a 20°C. Unas de las principales causas para el apareamiento del Síndrome de Hipertensión Pulmonar en los pollos se le atribuye a la exposición a temperaturas muy bajas, puesto que la mayoría de casos este síndrome se presenta en medios ambientes fríos, una de otras causas para la aparición de este síndrome puede ser la exposición a temperaturas muy altas, presentando hiperventilación ya que la respiración no es suficiente para distribuir el oxígeno a su organismo desarrollando así hipoxia que termina en Síndrome ascítico (Hevia, 2004, p. 2).

1.7.1.2. Sistema circulatorio.

Los mamíferos y las aves tienen un sistema circulatorio muy parecido, sin embargo los pollos de engorde al ser mejorados genéticamente ha sufrido de graves alteraciones, como una de ellas es que presentan disponibilidad a variaciones dentro de este sistema, Anteriormente se dijo que la ascitis es producto del desarrollo de una hipoxia, esta a su vez produce un aumento en la actividad cardíaca, aumentando la presión de la arteria pulmonar provocando una insuficiencia cardíaca en el lado derecho, junto a esto se desarrolla una presión oncótica que consiste en la presión de venas y capilares que producen en el sistema vascular una extravasación de líquidos (Johnson, 2000, citado en Ordoñez, 2019, p. 10).

Las aves que se encuentran en altitudes elevadas, así como las que se encuentran a nivel del mar a medida que el animal va creciendo se ve en la necesidad de consumir una mayor cantidad de oxígeno, produciendo un mayor gasto cardíaco, este gasto elevado va a dar como resultado hipertensión pulmonar y por ende ascitis, las demandas metabólicas del organismo deberían influenciar en la capacidad vascular de los pulmones, sin embargo, estos no se han visto incrementados. Al compararse el volumen capilar pulmonar de las aves y de los pollos de engorde, este último es menor que el de las aves, se atribuye este hecho a las intervenciones genéticas que se han venido realizando durante muchos años a los pollos de engorde (Johnson, 2000, citado en Ordoñez, 2019, p. 10).

1.7.1.3. Sistema nervioso.

El sistema nervioso de las aves de igual manera que el circulatorio es similar al de los mamíferos, a pesar de ello, como se ha mencionado anteriormente que los pollos de engorde han pasado por diversos cambios genéticos dentro de los últimos años (Johnson, 2000, citado en Ordoñez, 2019, p. 10). Los sistemas nerviosos parasimpático y simpático forman parte del Sistema Nervioso Autónomo (SNA), de ellos se muestran un número grande de nervios que se encuentran en el músculo estriado y liso de los órganos del animal. El sistema nervioso autónomo tiene funciones importantes para la vida como regulación cardiovascular. El conocer sobre el consumo de alimento de los pollos de engorde es muy importante ya que este proceso representa el principio para obtener un excelente desarrollo y rendimiento del pollo (Liu, 2009, citado en Ordoñez, 2019, p. 10).

El nombre centro de saciedad se le atribuye al hipotálamo ventro medial, ya que en este se encuentran neuronas que preparan e inhiben una parte específica del hipotálamo lateral conocido como lugar de “alimentación”. El incremento de la cantidad de alimento ingerido por los pollos es causado por los núcleos hipotalámicos mediales anteriores, el consumo y demás características que corresponden al progreso productivo del ave se han visto en aumento ya que mediante los procesos de mejoramiento genético han causado la inestabilidad entre el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico resultando a que los pollos tengan susceptibilidad a enfermedades metabólicas como el Síndrome ascítico causado por el desequilibrio antes mencionado. Razón por la cual es fundamental en futuras generaciones rescatar ese equilibrio en el sistema nervioso (Johnson, 2000, citado en Ordoñez, 2019, p. 10).

1.7.1.4. Bioquímica sanguínea y gasometría.

El transporte gaseoso que se da a lugar en la sangre de las aves y su importancia dentro de la producción de pollos de engorde, ya que se está estrechamente relacionado con el oxígeno y la hemoglobina, esta última encuentra manera de asociarse al oxígeno y así poder llegar a todas las partes del cuerpo (Powell, 2015, citado en Ordoñez, 2019, p. 10). Este proceso puede verse afectado por

varios factores que producen alteraciones metabólicas a los animales, los niveles de fosfato orgánico es el más importante dentro de ellos (Neira, 2013, citado en Ordoñez, 2019, p. 11). El mio-inositol (IP) es el fosfato orgánico primario que en los pollos de engorde interviene sobre la relación del oxígeno y la hemoglobina, sin embargo, esta actividad es importante, pero resulta un efecto negativo al encontrar niveles bajos de mio-inositol en el organismo del animal (Johnson, 2000, citado en Ordoñez, 2019, p. 11).

El aumento de acción de la hemoglobina con el oxígeno es causado por un desequilibrio del pH generalmente cuando este sube, este efecto es conocido como efecto Bohr (Liu, 2009, citado en Ordoñez, 2019, p. 11). Este efecto posee una ventaja, la cual es de suministrar la cantidad de oxígeno necesario para los pulmones, aquí el pH es alto mientras que el dióxido de carbono es bajo, mientras tanto en los músculos el decaimiento del pH favorece la descarga de oxígeno en los tejidos. Un factor importante dentro de este proceso es la temperatura ya que al suceda la unión de oxígeno y hemoglobina desechan calor, esta elevación afecta disminuyendo la actividad de la hemoglobina por oxígeno (Johnson, 2000, citado en Ordoñez, 2019, p. 11).

1.7.1.5. Enzimas hepáticas.

La presentación de enfermedades hepáticas en la producción avícola la mayoría de las veces no son apreciadas, ocurriendo de forma subclínica y al momento que se muestran puede ser demasiado tarde la intervención veterinaria (Soto, 2010, p. 2). El origen de una enfermedad hepática puede ser primario o secundario, el primario es aquellas que se originan a partir de bacterias o virus entre ellas destacan *Escherichia coli*, *Chlamydophila*, y *Salmonella*, mientras que las secundarias son aquellas que están relacionadas con la forma de alimentación de los pollos, cabe recalcar que el exceso de grasa o la suplementación elevada de vitamina A, la exposición a toxinas causadas por hongos incluso la intoxicación por zinc o cobre pueden ser la causa de esta enfermedad (Soto, 2010, p. 6).

Se debe tener en cuenta las enfermedades sistémicas especialmente las fallas en el corazón puesto que esto menor la velocidad del transporte sanguíneo generando una obstrucción en diferentes órganos como el hígado y este a vez causara anemias estas pueden ser regenerativas o no (Soto, 2010, p. 10). El síndrome ascítico dentro de las aves puede ser originado por lesiones hepáticas, puesto que producen un aumento de la presión oncótica y se acumula fluido dentro de la cavidad abdominal. La integridad hepática generalmente se relaciona con las enfermedades metabólicas siendo las enzimas séricas las que se encargan de regular el funcionamiento adecuado del hígado, entre ellas se encuentran la enzima aspartato aminotransferasa (AST), alanina aminotransferasa (ALT), entre otras (Sanmiguel, 2011, citado en Ordoñez, 2019, p. 11).

Existe muy poca información que relaciona el uso de fitasas y la manera en la que influye sobre la cantidad de enzimas Aspartato aminotransferasa, ALT, LDH y FA. Basándose en estudios recientes se conoce que la utilización de enzimas en la dieta de los animales promueve un funcionamiento hepático, de esta manera se reducen las concentraciones y actividad de las enzimas séricas. Además, actualmente en la avicultura se muestra gran interés en el conocimiento de las fitasas y los beneficios que esta brinda en la funcionalidad hepática, para de esta manera adquirir respuestas concretas sobre esta relación (Soto, 2010, p. 10).

1.7.1.6. Cenizas óseas.

Uno de los elementos indispensables para instaurar la calidad de los huesos es la densidad mineral ósea. Esta densidad sirve para establecer un parámetro de medición de alta utilidad para la experimentación, así también, se ha utilizado en la producción avícola donde se permite efectuar estudios valorativos de la calidad ósea que contiene las aves. El fósforo destacado específicamente como un mineral responsable de la formación y mantenimiento de los huesos dentro del cuerpo de los animales es esencial durante el desarrollo y crecimiento del esqueleto de los pollos (Aguilar, 2018, p. 2).

La deposición de calcio y fósforo durante el proceso de mineralización da como resultado la rigidez del tejido óseo: Los minerales que están constituidos en el hueso se presentan en un 70% aproximadamente, y el 30% restante se constituye de materia orgánica, específicamente del colágeno. Existen dos factores íntimamente relacionados con el proceso de desarrollo óseo tales como: la expresión de la genética de las proteínas encargadas del desarrollo, y la cantidad nutricional, manteniendo aquí, un papel muy importante el fósforo integrado en las dietas de las aves (Almeida Paz, 2006, citado en Ordoñez, 2019, p. 11).

1.7.2. Consideraciones anteriores a la utilización de enzimas exógenas.

Se recomienda que las enzimas que se van a utilizar en los alimentos de los animales sean activas y efectivas dentro del cuerpo del animal, también es importante que durante el proceso de almacenaje sean constantes y cumplan un grado de compatibilidad con los minerales, vitaminas, y demás ingredientes que formen parte de la dieta (Trudy Mckee, 2013, citado en Ordoñez, 2019, p. 5). Estas enzimas deben ser altamente capaces de tolerar el procesamiento del alimento como las temperaturas elevadas a la que trabaja la peletizadora, la presión de vapor en el agua dentro del acondicionador, al adicionar enzimas que no sean capaces de soportar altas temperaturas da como resultado la degradación misma que provoca pérdidas irreversibles en su actividad de reacción, se recomienda también poseer una fluidez que satisfaga las necesidades requeridas para el proceso de mezclado dentro del alimento (Sanmiguel, 2011, citado en Ordoñez, 2019, p. 5).

Dentro de la actividad enzimática el pH desarrolla un papel muy importante, se dice que el pH adecuado para que las enzimas alcancen su punto óptimo y puedan ser aplicado en alimentos cuando se encuentra entre 3.5 y 7.5. La constante presentada por Michaelis-Menten (KM) representa el grado de concentración de enzima-sustrato, mientras exista mayor elevación existirá mayor disociación, el porcentaje adecuado de la constante es del 50 % o menos (Glitsoe, 2015, citado en Ordoñez, 2019, p. 5). Es muy importante manejar estos conceptos y conocer cada una de las actividades de las enzimas utilizadas, de forma individual o cuando se aplican en combinaciones enzimáticas, para de esta manera poder obtener el correcto valor nutricional (Sanz, 2012, p. 3).

1.7.3. Elementos importantes a considerar en la utilización de enzimas exógenas.

A continuación, se detallan cuatro factores indispensables en el uso estratégico de enzimas:

a) Disponibilidad de sustrato: La existencia de una cantidad adecuada de sustrato hace posible el uso adecuado de una enzima exógena aceptándolo económicamente, debido a que los ingredientes aplicados en los animales no se consideran “puros”. Sin embargo, las materias primas como el maíz y el trigo están formadas de sustrato mismo que por su gran cantidad y diversidad de enzimas digestivas puede ser aprovechados de manera adecuada sus carbohidratos, proteínas y lípidos en diferentes proporciones (Dale, 2006, citado en Ordoñez, 2019, p. 5).

b) Utilización adecuada de los restos de la hidrólisis enzimática: un ejemplo específico dentro de este factor es la pasta de soya, si comparamos el maíz y su energía bruta con la pasta de soya podemos notar que el valor energético bruto de la pasta es alto, sin embargo, el proceso de digestión de los carbohidratos es extremadamente reducido, para que la degradación se logre exitosamente se requiere de enzimas pero los residuos seguirán de manera indigestible como se presentaba en el sustrato inicial (Dale, 2006, citado en Ordoñez, 2019, p. 5).

c) Residuos requeridos en la hidrólisis enzimática: Aunque generalmente el animal requiere de estos residuos, podría existir una excepción al momento de suministrar harina de carne en un 5 o 6%, de tal manera que posea una calidad elevada y un precio accesible incluyendo la necesidad del fósforo, logrando así cumplir con las necesidades sin el uso de fitasa (Dale, 2006, citado en Ordoñez, 2019, p. 5).

d) Beneficio-Costo: Por lo general, la finalidad que poseen las enzimas es lograr en su mayoría la disminución del costo final de la dieta al igual que la reducción del costo del producto terminado. Tomando como ejemplo la pasta de soya se puede decir que su precio al ser bajo requerirá de proteasa para cumplir con los requerimientos del animal, aumentando el costo final de dieta. Aunque a la vez se obtengan beneficios al momento que disminuye la enteritis necrótica debido a la cantidad muy baja de proteínas sin digerir que llegan al intestino (Cowieson y col., 2013,

citado en Ordoñez, 2019, p. 5).

1.7.4. Enzimas en formulación de alimento.

Para (Sanz, 2012, pp. 4-5), existen algunas alternativas:

1. No atribuir a las enzimas valores nutricionales en la fórmula, no considerar las mejoras nutricionales o lo similar a lo que conocemos “vulgarmente” como suministrar las enzimas “a mayores” en fórmula. Suponerles estos beneficios digestivos, aumentando el coste de la fórmula, mejoraría el rendimiento productivo de las aves.
2. Al suplementar con enzimas, tener en cuenta el rendimiento y beneficio productivo que vamos a conseguir y disminuir las especificaciones nutricionales de los alimentos, reduciendo o amortiguando su coste. Ésta estaría considerada como una opción que posibilitaría reducir el coste de alimentación, pero técnicamente poco necesaria para alcanzar a mantener los rendimientos productivos. Y con el riesgo de que la fórmula no quede correctamente equilibrada.
3. Emplear valores nutricionales directamente a las materias primas o ingredientes sobre los que actúan las enzimas, optimando su digestibilidad. Se trata de emplear estas mejoras digestivas en la evaluación de los nutrientes y valorar las mismas en la matriz de formulación con un “Factor de Incremento de la Digestibilidad” el valor DIF, del inglés Digestive Improvement Factor (DIF), acorde con el nivel de inclusión enzimático y respetando los márgenes de seguridad.
4. Dando a cada enzima los valores nutricionales un “Valor de Matriz”, siempre tomando en consideración el nivel de introducción, pues el efecto no es directo. Su efectividad puede variar en función de la especie -gallinas/pavos- aunque también puede ser variable, dependiendo de la edad (pollitos/gallinas).
5. Aplicar un método determinado en cada caso, bajo un buen punto de vista, con una acertada combinación enzimática y una aplicación racional del complejo de enzimas para cada caso y situación, siempre será la mejor opción (Sanz, 2012, p. 5).

1.7.4.1. Aplicación de carbohidrasas.

El uso de enzimas para mejorar la digestibilidad de polisacáridos no amiláceos posee un impacto directo sobre la disponibilidad de nutrientes como: energía, proteína, etc., en consecuencia, es recomendable ajustar los niveles nutricionales para de esta manera lograr un equilibrio entre los nutrientes de la fórmula. Esto conlleva a una disminución directa del coste de la fórmula, conservando o mejorando los rendimientos productivos de las aves. Esta reducción del precio final cubre el coste de las carbohidrasas suministradas. Y éste es el responsable del éxito en la

utilización de estos productos. También, favorece la inclusión de materias primas fibrosas, que de no ser por el efecto de estas enzimas provocarían peligrosos problemas digestivos a las aves (disbiosis) (Sanz, 2012, p. 5).

La formulación con carbohidrasas facilita emplear el factor DIF antes mencionado, teniendo en cuenta un aumento en el valor energético de los cereales. Esta mejora de digestibilidad es igualmente aplicable a la digestibilidad de la proteína y aminoácidos. Las carbohidrasas son enzimas utilizadas en la alimentación de las aves, primeramente, para disminuir el efecto anti nutricional de la fibra de los cereales y leguminosas. Los cereales presentan un considerable contenido en fibra, β -glucanos y xilanos que imposibilitan que ciertos nutrientes energéticos y proteicos, logren ser asimilados por las aves (Sanz, 2012, p. 6).

Las carbohidrasas son enzimas que ayudan a mejorar la digestibilidad de los polisacáridos no amiláceos (NSP) al romper la pared celular de los mismos, permitiendo de esta manera la liberación de los nutrientes que sin la ayuda de estas enzimas no estarían “disponibles” o no serían digestibles para los pollos de engorde, y permitiendo que estos nutrientes se consigan digerir en el intestino. Además, admiten que otras enzimas endógenas y/o suplementadas logren acceder a los nutrientes, resultado de esto se alcanza conseguir una conocida doble acción enzimática (Sanz, 2012, p. 6).

1.7.4.2. Aplicación de fitasas.

El fósforo es un nutriente primordial para las aves. Las fitasas favorecen su metabolismo. Entre otras funciones, es la principal fuente de energía para diversos procesos metabólicos ATP/ADP. (Sanz, 2012, p. 6). El fósforo es un mineral esencial, muy valioso actualmente y por otra parte perjudicial o contaminante para el medio ambiente. Se puede hallar tanto en minerales animales como en vegetales, pero en diferentes formas. El fósforo de los vegetales se presenta en forma inorgánica en pequeña proporción y la mayor parte se encuentra combinado al ácido fítico que contiene aproximadamente un 28% en forma de radicales de ácido fosfórico; estos radicales presentan afinidad por diversos cationes, como Fe, Ca, Cu, Zn.

Las fitasas se han mantenido evolucionando y mejorando su actividad, optimizando su capacidad para la liberación de P fítico de los cereales. Las primeras fitasas, distribuidas para aves en la primera porción de la década de los años 90, presentaban una capacidad de liberación de fósforo digestible de 0,80 kg/ Tm. Sin embargo, desde aquel momento se han ido desarrollando enzimas más eficientes. Las fitasas de tercera generación que empiezan a utilizarse este año, tienen la capacidad de liberar más fósforo fítico. Pero para considerar una fitasa “eficaz” no sólo ha de ser apto al liberar el fósforo fítico *per se*, sino también, que ha de ser capaz de liberarlo *in vivo* en el animal, en las condiciones normales de producción (Sanz, 2012, p. 7).

1.7.4.3. Aplicación de proteasas.

Las proteasas son enzimas que destruyen los enlaces peptídicos de las proteínas. Se sintetizan y se presentan de forma natural en el sistema digestivo interviniendo en la digestión de las proteínas, proporcionando de manera más fácil su degradación, absorción y metabolismo. La suplementación con proteasas de las dietas de pollos incrementa el valor nutricional de una enorme variedad de proteínas, complementando la actividad de las enzimas digestivas como la pepsina, tripsina y otras proteasas pancreáticas. Las estirpes de aves de crecimiento rápido poseen una conformación cárnica de gran importancia y una dominante proporción de masa muscular “carne noble” de pechuga y muslos, que también está conformada por proteína de buena calidad, de un considerable valor nutritivo, muy digestible y querida por los consumidores. (Sanz, 2012, p. 8).

La rentabilidad y calidad de la carne que presentan estas aves está establecida por la calidad de su alimentación y la cantidad y calidad de la proteína ingerida. Los requerimientos nutricionales, principalmente en lo que se refiere a la proteína y los aminoácidos esenciales de alta calidad, son permanentemente más exigentes y limitados. Principalmente por la utilización establecida de materias primas proteicas disponibles para la alimentación animal y la desventaja que presume la baja digestibilidad de la proteína de estas materias primas. Por estos motivos aumentar la digestibilidad de la proteína, con la ayuda de enzimas que catalicen su metabolismo (Sanz, 2012, p. 8).

1.7.5. Ventajas de la utilización de enzimas exógenas en aves.

Varios autores concuerdan que el uso de enzimas en dietas animales tiene los objetivos a continuación presentados. (Glitsoe, 2015; Ravindran, 2013; y Ruiz, 2011, citados en Ordoñez, 2019, p. 5).

- a) Minimizar los factores antinutricionales presentes en alimentos balanceados para animales monogástricos.
- b) Favorece el proceso de digestión de los alimentos contenidos en la dieta del animal, ya que la falta de enzimas provoca la disminución de la digestión de diversas materias primas utilizadas en la alimentación.
- c) Conociendo que los animales monogástricos generalmente tienen una capacidad nula para hidrolizar los carbohidratos de tipo polisacáridos no amiláceos, se recomienda suministrar enzimas exógenas en la dieta como componente monosacárido resultado de la hidrólisis de carbohidratos, siendo estos fácil de absorber y utilizar por el animal.

- d) Al suministrar enzimas exógenas en las dietas de los animales monogástricos como cerdos y aves en su etapa joven se logra complementar el complejo de enzimas endógenas, esto es favorable cuando el sistema enzimático no ha logrado su desarrollo por completo ya que puede existir deficiencia de enzimas.
- e) Provocar la liberación de nutrientes que se encuentran encapsulados entre ellos se encuentran los azúcares simples y la lisina.
- f) Reducir la contaminación ambiental causada por las heces que desecha el animal.
- g) Mejora la salud e integridad del intestino, así como también optimiza su morfología, suceso con el cual contribuye a microorganismos benéficos dentro del organismo animal, con esta acción se mejora el proceso de digestión y absorción de nutrientes contenidos en los alimentos.
- h) Se ve resultados en el aumento del crecimiento uniforme de las aves y a su vez se reduce la humedad de las heces favoreciendo la calidad de la cama, reduciendo así problemas de quemaduras de pechugas y corvejones. En cuanto al bienestar animal éste también se ve mejoría ya que las aves no presentan problemas antes mencionados.

Al utilizar enzimas exógenas en las dietas de los animales ayuda a absorber y utilizar de mejor manera los nutrientes contenidos en el alimento, esto permite que la materia prima pueda ser de menor cantidad ya que existirá una mejor asimilación del animal, al utilizar materias primas de menor calidad se reducirá costos de producción. Además, mejora la cantidad de calcio, sodio y aminoácidos disponibles para su absorción resultando así un suministro reducido del nivel de fósforo inorgánico en la dieta (Cowieson y col., 2013, citado en Ordoñez 2019, p. 6). En estudios de los complejos enzimáticos existentes en el mercado se conoce que estos han desarrollado la capacidad de fracturar los β -glucanos favoreciendo de esta manera a la reducción de la viscosidad presente en el contenido intestinal. La absorción de nutrientes dentro del intestino delgado está íntimamente relacionada con la viscosidad que genere el alimento, es decir que si la viscosidad es baja existirá una mejor absorción y asimilación de los nutrientes contenidos en la dieta, eso reduce la excreción de viscosidad en las heces produciendo un incremento del contenido de materia seca en las heces de las aves (Rebollar, 2002, citado en De La Paz Contreras, 2007, p. 19). En la tabla 2-1, se identifican la función y beneficios de las enzimas utilizadas en la avicultura.

Tabla 2-1: Enzimas exógenas utilizadas en avicultura y sus beneficios.

Enzima	Sustrato	Función	Beneficio
β-Glucanasa	Cebada, Avena	Reducción de viscosidad	Mejora de la digestión
Xilanasas	Trigo, Centeno, Salvado, Arroz	Reducción de viscosidad	Mejora de la digestión
β- Galactosidasa	Granos leguminosos	Reducción de viscosidad	Mejora de la digestión
Fitasas	Fósforo fítico	Liberación de fósforo	Mejora absorción de fósforo
Proteasas	Proteínas	Hidrólisis proteína	Incremento digestión proteína
Lipasas	Lípidos	Hidrólisis grasas	Uso en animales jóvenes
Amilasas	Almidón	Hidrólisis almidón	Suplemento para animales jóvenes

Fuente: (Brufau, 2002)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.

2.1. Búsqueda de información bibliográfica.

Dentro de los criterios de selección se utilizó el trabajo de revisión bibliográfica seleccionando temas similares al planteado y dentro de estos se utilizó para validar comparación y discusión de resultados obtenidos, además apuntes e investigaciones que serán recopiladas en forma virtual haciendo uso de plataformas digitales como: Scielo, Scoopus, E-libro, Sciense diret, Dspace epoch.

2.2. Criterios de selección.

Las principales fuentes consultadas se basaron en los siguientes subapartados:

Sobre la digestión de pollos: Loza, (2005): Evaluación de niveles de inclusión de saccharina proteica en dietas prácticas en pollos de engorde; Angulo, (2009): Fisiología Aviar; Godoy, (2014): El sistema digestivo en diferentes especies de aves; Vargas, (2015): Manejo Avicola. Aparato digestivo del pollo; Cordeiro Da Silva, (2020): Avicultura: Anatomía Da Galinha.

Para los requerimientos de los pollos: Damron, (2009): Nutrición para pequeñas parvadas de pollos; Mattiello, (2009): Alimentación y nutrición en aves de jaula; Peñafiel, (2012): Uso de la fitasa en la producción de pollos broiler; Torres, (2017): Exigencias nutricionales de proteína bruta y energía metabolizable para pollos de engorde; Butcher, (2018): Paso de Alimento en Pollos de Engorde: Un Problema Complejo.

En cuanto a las enzimas: Soto, (2010): Valoración de las afectaciones hepáticas en aves ornamentales; Sanz, (2012). Enzimas En Alimentación Aviar: novedades y aplicación práctica; Ravindran, (2013): Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities; Gómez, (2014): Efecto causado en la Energía metabolizable aparente y metabolicidad de materia seca al suplementar un complejo enzimático en dietas de pollos de engorde; McDonald, (2011): Nutrición Animal; Jaramillo, (2018): Efecto encontrados en la productividad, oxígeno sanguíneo, enzimas hepáticas y deposición de cenizas óseas al suministrar super dosis de fitasa en alimentos para pollos de engorde; Aguilar, (2018): Suplementación en la dieta con cuatro fuentes de fitasa comercial, evaluando el rendimiento productivo e integridad ósea de pollos dedicados al engorde; Chicaiza, (2018): Utilización de dos Enzimas (amilasa, fitasa) en la Dieta de Pollos de Engorde; Ordoñez, (2019): Función de las enzimas en la alimentación de animales monogástricos, principalmente en pollos de engorde.

De acuerdo a la literatura de 5 años atrás.

- **2015:** “Suplemento de Nutrición del pollo de Engorde”. (Ross, 2015).
- **2016:** “Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial”. (Cabezas, 2016).
- **2017:** “Evaluación de la inclusión de multienzimas en dietas para pollos parrilleros”. (Suarez, 2017).
- **2018:** “Uso de probióticos en la alimentación de pollos broiler con diferente porcentaje de inclusión”. (Barros, 2018).
- **2019:** “Evaluación de la adición de Fitasa en la producción de pollo parrillero”. (Arandi, 2019).
- **2020:** “Evaluación del efecto de cuatro niveles de fitasa exógena sobre el desempeño productivo y biodisponibilidad de P y Ca en pollos broilers línea Ross 308”. (Chicaiza y Leiva, 2020).

2.3. Métodos para sistematización de la información.

La metodología para el tratamiento de la información bibliográfica que ha sido recabada está basada en tablas y gráficos, las mismas que facilitaron su respectiva organización y categorización correspondiente a la información de la investigación.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. Acción de las enzimas dentro del sistema digestivo de los pollos de engorde.

Las enzimas son catalizadores biológicos que activan una reacción a mayor velocidad de lo que ocurre en condiciones normales, además de ello interviene en el proceso de digestión de moléculas grandes o complejas a compuestos más simples, forma en la cual es más fácil su absorción. Para que se lleve a cabo esta actividad, las enzimas son encargadas de degradar uniones específicas, intervienen también los factores anti nutricionales, rompiendo paredes celulares, disminuye las pérdidas endógenas de nutrientes, modifican la microflora y morfología del intestino, también aumenta la respuesta de la actividad endógena de las enzimas que genera el animal (Vilchez, 2014, citado en León, 2015, p. 12). La utilización de enzimas digestivas en la alimentación de pollos se relaciona con la suplementación de enzimas que el organismo sintetiza en cantidades insuficientes, o a su vez es incapaz de sintetizar. (Dallmann et al., 2008, citado en León, 2015, p.12).

También, la disminución en la secreción de nutrientes, la mayor disponibilidad de los mismos, reducción al mínimo de los factores anti nutricionales, el mantenimiento de la salud intestinal y el mejoramiento de la viabilidad económica son otros efectos benéficos sobre la utilización de enzimas digestivas como aditivos en la alimentación de pollos. (Dallmann et al., 2008, citado en León, 2015, p. 12). Desde las aplicaciones de enzimas exógenas como las fitasas para incrementar la biodisponibilidad de fósforo fítico, hasta las desarrolladas para realizar la degradación de los FAN de cereales viscosos que se encuentran en la pared celular del endospermo de los granos utilizados en las dietas de los pollos, las enzimas se han convertido en aditivos nutricionales necesarios en la producción eficiente de los pollos de engorde (Nagashiro et al., 2006, citado en León, 2015, p. 13).

Cowienson y Bedford (2009), En su estudio propusieron una hipótesis para explicar la ausencia de respuestas en el desempeño animal utilizando un coctel enzimático. Considerando que el efecto de la inclusión de enzimas depende del tipo y nivel de la misma, así como de la fracción indigestible de la dieta, y que la acción enzimática mayor estará dirigida hacia las fracciones indigestibles de los ingredientes que contenga el alimento; como resultado de esto la enzima actuará con mayor actividad sobre la porción indigestible dejando sin sustrato potencial a segundas enzimas. No obstante, al aplicar complejos enzimáticos, la acción enzimática es diferente.

Tabla 3-3: Principales enzimas utilizadas en la alimentación de pollos y su acción sobre sustratos de las materias primas.

Enzima	Acción	Materia Prima
Xilanasas	Sobre arabinosilanos Digestión de los Polisacáridos no almidonados (PNA) Reduce la viscosidad de la digesta	Trigo, centeno y fibra vegetal.
β -Glucanasas Pectinasas	Digestión de β -glucanos, pectinas Genera energía Reduce la viscosidad de la digesta	Cebada, avena y centeno.
A-Amilasas	Digestión del almidón Genera energía	Granos de cereales y granos de leguminosas.
β -Mannanasas	Digestión de β -mannanos Pared celular. Genera energía	Materias primas de origen vegetal.
Proteasas o peptidasas	Sobre proteína	Fuentes de proteína vegetal.
Fitasas	Digestión del fitato Sobre minerales	Alimentos de origen vegetal.
Lipasas	Digestión de grasas Genera energía	Suplementos lipídicos y lípidos de los alimentos.

Fuente: (Cowienson, 2010, pp. 1-7).

La mayoría de secreciones digestivas se encuentran formadas como respuesta de la presencia de alimento dentro del tracto digestivo, se conoce que en algunas porciones del tracto digestivo las enzimas varían de acuerdo a los tipos de alimentos suministrados en la dieta. Las enzimas digestivas endógenas son aquellas secretadas por el mismo animal y tienen su actividad específica dentro del sistema digestivo de los pollos dedicados al engorde, puesto que secretan una variedad de enzimas a lo largo del tracto digestivo, las mismas que son necesarias dentro de la digestión. La acción de las enzimas digestivas permite la fragmentación de las macromoléculas que componen los alimentos en moléculas más simples, facilitando de esta manera su absorción en cada parte del intestino delgado.

Se conoce que los pollos de engorde no pueden digerir entre el 15 - 25% del alimento que se les proporciona, ya que los ingredientes de la alimentación contienen factores nutricionales indigestibles que interfieren con el proceso digestivo y el animal no posee las enzimas específicas que descomponen ciertos ingredientes que contiene la alimentación. La utilización de enzimas exógenas permite aumentar la eficiencia en la acción de las enzimas endógenas, reduciendo de esta manera la cantidad de residuos nutricionales que son depositados en el intestino grueso, permitiendo de esta manera tener una mejor digestibilidad de nutrientes y por ende un mejor aprovechamiento de los mismos, dando como resultado una mejor asimilación de nutrientes provenientes del alimento, mejorando su rendimiento.

3.2. Características de las enzimas digestivas utilizadas en la producción de pollos de engorde.

Las enzimas exógenas al ser administradas junto con el alimento que consumen llegan al sistema digestivo donde se realiza el proceso de digestión de igual forma otras proteínas es por ello que en las heces no se recolectan rastros de estas enzimas, a su vez no se ha demostrado que las enzimas presenten un tiempo de retiro, ya que la carne del animal puede ser consumida sin ningún problema (Bühler et al., 1998, citado en Vélez, 2015, p. 22). En estudios donde se han utilizado enzimas proteasas han dado resultados favorables mejorando el proceso de digestión de proteínas contenidas en la pasta de soya, sin embargo, la mayoría de autores están más interesados en la energía metabolizable aparente de dietas que contienen maíz y soya como materias primas, no dando mucho interés a la proteína digestible (Grazi, 2002, citado en Vélez, 2015, p.22).

3.2.1. Naturaleza proteica.

Las proteínas están formadas por numerosos aminoácidos, que se agrupan a través de uniones peptídicas, formando largas cadenas. Esas cadenas suelen formar espirales, enrollamientos y plegamientos. Es por ello que las enzimas adoptan una estructura característica que es muy importante a la hora de ejercer su función catalítica. En general las enzimas son proteínas globulares (Uriarte, 2019, p. 2). Las enzimas modifican la velocidad de reacción, sin afectar el equilibrio de la misma, ya que una enzima hace que una reacción química transcurra a mayor velocidad, siempre y cuando sea energéticamente posible. En estas reacciones, las enzimas actúan sobre unas moléculas denominadas sustratos, las cuales se convierten en moléculas diferentes denominadas productos.

3.2.2. Especificidad.

Las enzimas en general tienen una alta especificidad de sustrato, lo que significa que pueden “reconocer” al compuesto químico que deben procesar y anclarlo en lo que se conoce como “sitio activo”. El sustrato “encaja” en dicho sitio activo, tal como una llave encaja en el diseño de una cerradura. A veces, compuestos muy parecidos entre sí pueden insertarse en el mismo sitio activo, a esto se le llama “inhibición competitiva” de una reacción. Hay distintos grados de especificidad. La enzima sacarasa es muy específica: hidroliza (rompe) el enlace O-glucosídico de la sacarosa, que es su sustrato natural, originando glucosa y fructosa. La actividad de la enzima es máxima cuando actúa sobre el sustrato natural, siendo menor la eficacia sobre los sustratos análogos. Entre las enzimas poco específicas están las proteasas digestivas (Uriarte, 2019, p. 2).

3.2.3. Diferente localización.

Si consideramos la estructura de la célula, algunas enzimas se localizan en el citosol, otras en las membranas plasmáticas, otras en ciertas organelas (ejemplo: mitocondrias, peroxisomas, cloroplastos), aunque también hay enzimas que se pueden localizar en diferentes estructuras. También vale la pena aclarar que algunas enzimas son liberadas hacia el exterior de la célula (extracelulares), en tanto que otras permanecen siempre en el interior de aquellas (intracelulares). Las enzimas digestivas (como la amilasa, la lipasa y la tripsina) son liberadas por las células de los acinos y circulan por el interior del conducto pancreático. Las enzimas son secretadas normalmente en forma inactiva; solo se activan cuando alcanzan el tubo digestivo. La amilasa digiere los carbohidratos, la lipasa digiere las grasas y la tripsina digiere las proteínas (Uriarte, 2019, p. 3).

3.2.4. Diferentes condiciones óptimas.

Las enzimas suelen ser activas en determinado rango de condiciones de temperatura y pH, con un óptimo donde su velocidad de reacción es máxima. La mayoría de las enzimas del cuerpo humano funcionan bien a 36-37 °C, que es la temperatura corporal. Para algunas bacterias que viven en ambientes extremos, la temperatura óptima puede ser bastante diferente que esa, también el pH óptimo. A veces hay subgrupos dentro de un mismo tipo de enzima con diferentes óptimos de pH (por ejemplo: fosfatasas ácidas y fosfatasas alcalinas) (Uriarte, 2019, p. 3).

3.2.5. Mínimos cambios pueden derivar en su inactivación.

Se debe tener en cuenta que a veces la variación de unos aminoácidos puede significar la reducción de la actividad de una enzima o incluso la pérdida total de su actividad. Asimismo, las enzimas se pueden oxidar, por ejemplo, y bajo esas condiciones podrían verse imposibilitadas de catalizar una reacción (Uriarte, 2019, p. 3). Al manifestar que las enzimas poseen una temperatura óptima, es aparente, puesto que, al ser proteínas se desnaturalizan por la acción del calor y se inactivan cuando el incremento de la temperatura sobrepasa cierto punto. Las enzimas trabajan en un pH característico, en el mismo que su actividad es máxima. Por encima o por debajo de éste, la actividad disminuye e impide así la extensión y velocidad de la reacción biológica (Acosta, 2006, p. 4).

3.2.6. Características específicas de las enzimas exógenas.

3.2.6.1. Xilanasas.

Las xilanasas son un grupo de enzimas extracelulares que actúan sinérgicamente, producidas por diversos microorganismos como bacterias (saprofitas y fitopatógenas), micorrizas, levaduras,

hongos, actinomicetos, además en protozoa, insectos, crustáceos, caracoles. Aunque se han caracterizado completamente y patentado un cierto número de enzimas xilanolíticas, la mayoría de estas corresponden a hongos filamentosos y solo se han caracterizado β -xilosidasas y endoxilanasas de bacterias de los géneros *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Micrococcus* y *Staphylococcus*; existen muy pocos reportes de estas enzimas en otros géneros de bacterias (Veeresh, 2012, citado en Bribiesca, 2013, p. 2).

3.2.6.2. β -Glucanasas.

Otro aditivo importante utilizado en la alimentación, son las enzimas exógenas producidas por el hongo *Penicillium funiculosum* (xilanasas, β glucanasas y celulasas), las mismas que trabajan de manera sinérgica para la degradación de una amplia gama de compuestos no digeribles, presentes en las materias primas de los alimentos, mejorando de esta manera la digestibilidad del balanceado, por mayor disponibilidad de aminoácidos. Un aumento en la tasa de pasaje y la disminución en la humedad de la excreta son observadas al momento de que las glucanasas son agregadas en la dieta, las cuales son fundamentales en el ciclo de vida de la coccidia (Correa, 2013, p. 27).

3.2.6.3. α -Amilasas.

Las enzimas amilasas tiene la función de actuar sobre el almidón logrando su fraccionamiento para digerir de manera más fácil la energía contenida en los alimentos. La enzima más utilizada es la α -amilasa que actúa sobre los enlaces α -glucosídicos que se encuentra en la molécula del almidón, de igual manera esta enzima divide las moléculas de maltosa (Díaz, 2004, p. 76). Las Alfa-amilasas y diversas proteasas se encuentran comúnmente en el jugo pancreático, de las cuales no se espera mejorar la digestión, sin embargo, esta actividad se puede ver afectada al momento que no estén en cantidades suficientes lo cual es posible en aves recién nacidas o cuando existen materias primas de baja calidad, produciendo exigencias nutricionales. La amilasa de origen bacteriano de *Bacillus licheniformis*, *Bacillus amyloliquifaciens* (Suarez, 2017, p.37).

3.2.6.4. β -Mannanasas.

La enzima β -mannanasas es conocida como promotor de digestibilidad en pollos de engorde puesto que desdobra los β -mananos contenidos en la soya, incrementando la disponibilidad de nutrientes para optimar la eficiencia alimenticia y la ganancia diaria de peso, además de ello promueve el aprovechamiento de la energía necesaria para mejorar el crecimiento y rendimiento de las aves (Agrositio 2014, citado en Jovel, 2015, p. 1). β -mannanasas es una enzima producida por la fermentación de bacterias *Bacillus lentus* con ingrediente activo Endo-1,4- β -D-manasa. También se obtiene de la purificación de la pared celular de cepas de levadura *Saccharomyces*. La utilización de esta enzima tiene como finalidad el mejor aprovechamiento de la energía para

posteriormente mejorar parámetros productivos como la ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia tanto en machos y hembras con un programa de alimentación ad libitum (Elanco 2014, citado en Jovel, 2015, p.1).

3.2.6.5. *Proteasas o peptidasas.*

Son producidas por hongos filamentosos y bacterias, las proteasas producidas por hongos tienen un pH óptimo dentro del rango ácido (pH 2-6) mientras que la mayoría de las proteasas de origen bacteriano tienen un pH óptimo alcalino (pH 8-11). (Muhammad, Shahjahan, & Qurat, 2007, citado en Fullana, 2014, p. 21). Entre los microorganismos de origen fúngico que se utilizan como *Mucor miehei*, *Mucor pusillus* Lindt y *Endothia parasítica*. La suplementación con proteasas en las dietas de pollos aumenta el valor nutricional de una gran variedad de proteínas, complementando la actividad de las enzimas digestivas. Los ensayos in vivo demuestran que la suplementación con el preparado enzimático de proteasa de serina producida por *Bacillus licheniformis*, permite que las nuevas estirpes de crecimiento rápido manifiesten su máximo potencial genético (Sanz, 2010, p. 3).

3.2.6.6. *Fitasas.*

La enzima fitasa se encuentra naturalmente en cultivos de bacterias y hongos, aunque también se la halla en granos, son capaces de llegar a ubicarse en el tracto intestinal de los animales debido a que los pollos ingieren plantas que contienen fitasas o también por la producción de la microflora intestinal, otra forma de producción de fitasa es mediante la mucosa intestinal (Applegate et al. 2003 y Moran 2004, citado en Acosta, 2006, p. 7). Numerosos hongos y bacterias son capaces de producir fitasas en condiciones naturales o de laboratorio. Sin embargo, las fitasas bacterianas (a excepción del *Bacillus subtilis*) son de naturaleza intracelular y, en general, no tienen un buen comportamiento en cuanto a productividad, en condiciones de laboratorio. Como principal microorganismo productor de fitasa fúngica se destacan los hongos de los géneros *Aspergillus* y *Peniophora*. Sus enzimas son del tipo 3-fitasa y su sustrato preferido es el mioinositol hexafosfato (IP-6), al que hidrolizan a partir de la posición 3 de la molécula.

3.2.6.7. *Lipasas.*

La producción de lipasas a partir de cada organismo depende de diversos factores, como ambientales, temperatura, pH, composición del medio de fermentación: fuentes de carbono, nitrógeno, concentración de sales inorgánicas, así como porcentaje de oxígeno disuelto, permitiendo estos factores afectar la estructura de la enzima y la relación lipasa extracelular/intracelular. En la actualidad la lipasa se obtiene vía fermentación a partir de una

diversa variedad de microorganismos entre los que se encuentran bacterias, levaduras y hongos. Por lo general, las lipasas producidas por bacterias, como las producidas por las especies *Pseudomonas*, las producidas por hongos pertenecientes a la especie *Penicillium*, *Rhizopus*, *Rhizomucor*, *Geotrichum* y las levaduras como distintas especies de *Candida* son las más destacadas en cuanto a la producción para la alimentación de animales (Diez, 2012, p. 3). En la tabla 4-3, se observa las enzimas digestivas exógenas utilizadas en la producción de engorde, con su característica.

Tabla 4-3: Enzimas digestivas exógenas utilizadas en la producción de engorde y su principal característica.

Enzima	Característica
Xilanasas	Producidas por diversos microorganismos como <i>Bacillus</i> , <i>Cellulomonas</i> , <i>Micrococcus</i> y <i>Staphylococcus</i> .
β -Glucanasas Pectinasas	Producidas por el hongo <i>Penicillium funiculosum</i> .
A-Amilasas	Producidas por bacterias de <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus amyloliquifaciens</i> .
β -Mannanasas	Producida por la fermentación de bacterias <i>Bacillus lentus</i> y cepas de levadura <i>Saccharomyce</i> .
Proteasas o peptidasas	Producidas por microorganismos de origen fúngico como <i>Mucor miehei</i> , <i>Mucor pusillus Lindt</i> y <i>Endothia parasitic</i> y por <i>Bacillus licheniformis</i> .
Fitasas	Producidas por los hongos de los géneros <i>Aspergillus</i> y <i>Peniophora</i> .
Lipasas	Producidas por las especies <i>Pseudomonas</i> , por hongos pertenecientes a la especie <i>Penicillium</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Rhizomucor</i> , <i>Geotrichum</i> y las levaduras como distintas especies de <i>Candida</i> .

Realizado por: Abarca, Liseth. 2021.

Las enzimas digestivas tanto endógenas como exógenas poseen diferentes características entre ellas poseen naturaleza proteica, esto quiere decir que las enzimas son proteínas globulares que ayudan a descomponer proteínas, carbohidratos, y las grasas de una manera más simple. De igual forma poseen especificidad, es por ello la variedad de enzimas existentes, puesto que de acuerdo al sustrato en el cual ejercen su acción toman su nombre específico. Así también de acuerdo a su localización interfiere sus condiciones óptimas para actuar, ya que poseen determinadas condiciones como el pH y temperatura que les permite activarse dentro del tracto digestivo, si ocurriera un mínimo cambio de estas características las enzimas se inactivan, es decir pierden su actividad frente a los componentes de la dieta a descomponer. La característica específica de las

enzimas exógenas se puede atribuir al origen de las mismas, puesto que se producen a través de hongos, bacterias y levaduras de manera industrial para la utilización en la producción de pollos de engorde.

3.3. Enzimas efectivas para la alimentación de pollos de engorde.

Los nutrientes de los ingredientes que se encuentran en los alimentos suministrados son generalmente cereales que están formados por moléculas sencillas de carbohidratos (glucosa, galactosa y fructosa), de tal manera que los enlaces químicos se encuentran indigestibles para las enzimas digestivas, por lo tanto, no pueden ser absorbidos. Las ventajas de usar enzimas exógenas han sido gracias a los avances en los últimos años donde se obtuvieron resultados favorables mejorando la cantidad de enzimas dentro del sistema digestivo. Una de las maneras de utilizar enzimas es adicionarlas de manera independiente o en mezclas, esto permite liberar más elementos esenciales para mantener la vida de los animales; descomponiendo los factores anti nutricionales (fibra vegetal, los b-glucanos, arabinosilanos, pentosanos, almidones) de las materias primas, reduciendo de esta manera la excreción de fósforo y calcio, y protegiendo la salud intestinal (Montúfar, 2020, p. 3).

3.3.1. Evaluación de parámetros productivos con la utilización de enzimas digestivas en las dietas de los pollos.

3.3.1.1. Ganancia de peso.

La variable ganancia de peso es muy utilizada dentro de la industria avícola ya que permite determinar los parámetros productivos del animal, considerando que la ganancia de peso de un animal consiste en la acumulación de proteína, grasa y agua proporcionados en el alimento del ave, en un plazo de tiempo establecido. La cantidad de nutrientes del animal crece en proporción al peso del animal, aún en condiciones variables de alimentación.

Para Suarez (2017) la ganancia diaria de peso en los pollos, estadísticamente no alcanzo diferencias significativas, permitiendo saber que esta variable no fue influenciada por la suplementación de multienzimas (xilanasas, proteasa y amilasa) en la dieta, sin embargo numéricamente se aprecia una diferencia, teniendo de esta manera una mayor ganancia de peso en el control positivo (3060 kcal/kg de energía metabolizable) con 61,50 g/día/ave, seguido por el control con inclusión de multienzimas obteniendo una ganancia diaria de peso de 60,90 g/día/ave (p. 59).

Mientras tanto para Chicaiza (2018) la ganancia de peso si ve influenciada por el consumo enzimas dentro de la dieta diaria, obteniendo resultados favorables dentro de la ganancia de peso al utilizar fitasa (14 g) con 45,98 g/día/ave, seguido del tratamiento al utilizar amilasa (14 g) se obtuvo una ganancia de eso de 44,73 g/día/ave, dejando en último lugar al tratamiento testigo que

presento 43,22 g/día/ave, esto sustentan en la mejor digestión, absorción y utilización anabólica de los nutrientes (p. 63).

Según Arandí (2019) en su investigación presentó que existen diferencias significativas dentro del tratamiento con super dosis de fitasa que se obtuvo una ganancia de peso de 69,81 g/día/ave, y el tratamiento testigo que se obtiene una ganancia de peso de 64,69 g/día/ave. Estos resultados indican que la fitasa añadida en la dieta, favorece el crecimiento de las aves en las etapas inicial crecimiento y acabado. Complementa que el aumento de peso es más evidente con la utilización de fitasas, esto que debido a la destrucción del fitato en lugar de la provisión de fosfato (P), es posible que una gran parte del beneficio de sobredosis de fitasa se produzca a través de la producción de mioinositol (MYO), que posteriormente se absorbe y utiliza en varias funciones biológicas dentro del animal (p. 117).

Coinciden con Chicaiza y Leiva (2020) que en su investigación presentaron diferencias significativas en la adición de 2000 FYT por kg de dieta, obteniendo una ganancia de peso de 61,71 g/día/ave, a diferencia de la adición de 100 FYT por kg de dieta, donde se obtuvo 59,38 g/día/ave. Además, señala que el incremento de fitasa afecta positivamente sobre la ganancia de peso, aunque la ganancia de peso fue menor (61,18 g/día/ave) al suplementar fitasa a un nivel de 4000 FYT. Estos resultados se ven reflejados por la liberación de fósforo y posterior a ello el uso de inositol, ya que esto aumenta el proceso digestivo de proteínas obteniendo mayor disponibilidad en las aves (p. 44). En la tabla 5-3, se aprecia la ganancia de peso en pollos con la utilización de enzimas digestivas de los diferentes autores.

Tabla 5-3: Evaluación de la ganancia de peso en pollos con la utilización de enzimas digestivas.

Autor	Producto	Tratamientos	Ganancia diaria de peso (g)
Suarez, 2017	Aextra® XAP, multienzimático: xilanasas, amilasa y proteasa de origen bacteriano.	Control positivo con 3060 kcal/kg de energía metabolizable	61,50
		Control negativo con 2920 kcal/kg de E.M (sin inclusión de multienzimas)	60,80
		Control negativo con 2920 kcal/kg de E.M con inclusión de 0.010 % de multienzimas.	60,90
Chicaiza, 2018	Amilasa y Fitasa	Control testigo	43,22
		Amilasa, 14 gramos	44,73
		Fitasa, 14 gramos	45,98
Arandi, 2019	Fitasa	Control testigo	64,69
		Fitasa on Top 150 g/Tn = 750 FTU Fitasa	65,72
		Fitasa con Matriz Nutricional 300 g/Tn = 750 FTU Fitasa	66,92
		Super Dosis de Fitasa = 750 FTU Fitasa con Matriz nutricional + 750 FTU Fitasa on Top	69,81
		Dieta con 1000 FYT por kg	59,38
Chicaiza y Leiva, 2020	Fitasa comercial termoestable Ronozyme Hiphos GT	Dieta con 2000 FYT por kg	61,71
		Dieta con 3000 FYT por kg	61,51
		Dieta con 4000 FYT por kg	61,18
		Dieta con 1000 FYT por kg	59,38

Realizado por: Abarca, Liseth. 2021.

Los resultados de la evaluación de la variable ganancia de peso obtenidos de trabajos experimentales, donde utilizan enzimas digestivas dentro de las dietas de pollos de engorde encontramos que se reportó una mejor ganancia de peso de los animales, en comparación con animales alimentados sin enzimas, lo cual sugiere que la adición de complejos enzimáticos favorece el crecimiento de las aves en las distintas etapas de producción. Sin embargo, en la investigación de Chicaiza y Leiva (2020), al agregar una super dosis de enzimas fitasas se puede inferir que la respuesta de las dietas con baja cantidad de fitato presentan más dificultad a la fitasa en comparación con las dietas que poseen un nivel de fitato alto. Es por ello que el exceso de enzimas exógenas no tendrá el mismo efecto que al suplementar la cantidad adecuada, se recomienda encontrar el balance exacto entre enzimas-sustrato.

3.3.1.2. Consumo de alimento.

La cantidad de consumo de alimento balanceado está muy relacionada con el desempeño en el crecimiento de las aves de engorde, es por ello que esta variable es un indicador muy utilizado dentro de los parámetros productivos del ave.

En la investigación realizada por Suarez (2017), presenta que el consumo de alimento estadísticamente no fue influenciado por la suplementación de multienzimas (xilanasas, amilasa y proteasa) en dieta para pollos. Sin embargo, existen diferencias numéricas, los pollos que consumieron dieta con bajos niveles de energía sin suplementación con multienzimas, lograron un mayor consumo de alimento (100,1 g/día/ave), mientras tanto, los pollos que consumieron dieta suplementada con multienzimas, reportaron, menor consumo de alimento (99,58 g/día/ave) (p. 59-60).

Para Chicaiza (2018) en su trabajo de investigación realizado se puede observar que existen diferencias significativas dentro de los tratamientos evaluados, presentando una mayor cantidad de alimento consumido el tratamiento testigo (95,19 g/día/ave), seguido del tratamiento donde se utilizó 14g de amilasa (94,99 g/día/ave), teniendo en último puesto al tratamiento que utilizó 14g de fitasa (94,54 g/día/ave). Gracias a estos datos es posible verificar que el uso de enzimas exógenas permite un mejor aprovechamiento de nutrientes que forman parte de la dieta de los animales (p. 63).

Coincidiendo con el trabajo de investigación de Arandi (2019), en el cual se presentaron diferencias estadísticas, exponiendo que el tratamiento testigo alcanzó un mayor consumo de alimento (124,75 g/día/ave), seguido por el tratamiento que utiliza Fitasa on Top de 150 g/Tn. (124,02 g/día/ave), posteriormente se encuentra el tratamiento de fitasa con matriz nutricional en donde su consumo de alimento es de 121,83 g/día/ave, por último, se encuentra el tratamiento de la super dosis de fitasa con un consumo de alimento de 120,24 g/día/ave (p. 118).

En cambio, en el trabajo de Chicaiza y Leiva (2020), los resultados arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos que utilizan 3000 y 4000 FYT por kg de dieta (109,05 y 109,04 g/día/ave, respectivamente) en comparación con los tratamientos que utilizan 1000 y 2000 FYT por kg de dieta (108,89 y 108,85 g/día/ave, respectivamente), demostrando que existió un mayor consumo de alimento en tratamientos que se utilizan una mayor cantidad de enzimas. El consumo de alimento se incrementa debido a la adición de fitasa para lograr la destrucción del fitato liberando de esta manera fósforo y aumentando su disponibilidad (p. 44). En la tabla 6-3, se aprecia el consumo de alimento de los pollos con la utilización de enzimas digestivas de los diferentes autores.

Tabla 6-3: Evaluación del consumo de alimento en pollos con la utilización de enzimas digestivas.

Autor	Producto	Tratamientos	Consumo diario de alimento (g)
Suarez, 2017	Aextra® XAP, multienzimático: xilanasas, amilasa y proteasa de origen bacteriano.	Control positivo con 3060 kcal/kg de energía metabolizable	99,80
		Control negativo con 2920 kcal/kg de E.M (sin inclusión de multienzimas)	100,10
		Control negativo con 2920 kcal/kg de E.M con inclusión de 0.010 % de multienzimas.	99,50
Chicaiza, 2018	Amilasa y Fitasa	Control testigo	95,19
		Amilasa, 14 gramos	94,99
		Fitasa, 14 gramos	94,54
Arandi, 2019	Fitasa	Control testigo	124,75
		Fitasa on Top 150 g/Tn = 750 FTU Fitasa	124,02
		Fitasa con Matriz Nutricional 300 g/Tn = 750 FTU Fitasa	121,83
		Super Dosis de Fitasa = 750 FTU Fitasa con Matriz nutricional + 750 FTU Fitasa on Top	120,24
		Dieta con 1000 FYT por kg	108,89
Chicaiza y Leiva, 2020	Fitasa comercial termoestable Ronozyme Hiphos GT	Dieta con 2000 FYT por kg	108,85
		Dieta con 3000 FYT por kg	109,05
		Dieta con 4000 FYT por kg	109,04

Realizado por: Abarca, Liseth. 2021.

Los resultados obtenidos por diferentes autores, los que en su mayoría coinciden que la adición de enzimas mejora de una manera importante la digestibilidad y absorción de nutrientes que posee el alimento, así también mejora la funcionalidad del tracto digestivo del ave, preservando de esta manera su salud. Con ello el alimento balanceado reduce su costo de producción mejorando la digestibilidad de los ingredientes del mismo, manteniendo óptimos parámetros productivos de las aves. Sin embargo, para Chicaiza y Leiva (2020, p. 44), los resultados presentados fueron diferentes puesto que los incrementos de fitasa parecen estimular la ingesta del alimento, debido a la adición de fitasa al destruir el fitato.

3.3.1.3. *Conversión alimenticia.*

La conversión alimenticia influye notoriamente en la economía de la alimentación, el costo de alimentación representa alrededor del 65% del costo total de producción, razón por la que se procura lograr la mayor eficiencia en la utilización de los alimentos. Esta variable en la producción animal significa la transformación de carne o masa muscular a partir del alimento suministrado al animal de producción. Es un indicador de los costos de producción, al tener una conversión elevada, los costos de producción también suben.

Suarez (2017) en su trabajo manifiesta que la conversión alimenticia de pollos, no fue estadísticamente influenciada por la suplementación de multienzimas (xilanas, amilasa y proteasa) en dieta para pollos, sin embargo, numéricamente se observa que los pollos alimentados con dietas con suplementación de multienzimas reportaron mejor conversión alimenticia (1,63); entre tanto, los pollos alimentados sin inclusión de enzimas y con bajos niveles de energía metabolizable reportaron deficiente conversión alimenticia (1,65) (p. 60).

Para Chicaiza (2018) en su investigación obtuvo diferencias estadísticas significativas presentando la mejor conversión alimenticia de los tratamientos lo tiene el que fue suministrado 14 gramos de Fitasa con un valor de 2,05 siendo la conversión alimenticia más favorable entre los tratamientos en estudio, en segundo lugar, se registra una conversión de 2,10 correspondiente al tratamiento en donde se utiliza 14 g de amilasa, finalmente la conversión alimenticia para el tratamiento testigo da como resultado 2,20. Basándose en los resultados obtenidos queda demostrado que la utilización de enzimas digestivas en los alimentos tiene grandes beneficios para los pollos dedicados al engorde (p.63).

Arandi (2019) en su estudio realizado manifiesta que, si se obtuvo un mejor resultado entre tratamientos al utilizar Fitasa en una super dosis, presentando de esta manera una conversión alimenticia de 1,68, seguido del tratamiento testigo que presenta una conversión alimenticia de 1,72, a diferencia de los tratamientos que utilizan 150 g de Fitasa y Fitasa con una matriz nutricional que presentaron la conversión alimenticia más alta entre los tratamientos que fue de 1,75 (p. 133).

Mientras que Chicaiza y Leiva (2020), indican en su estudio que el índice de conversión alimenticia se diferencia significativamente de la utilización de 2000 y 3000 FYT por kg de la dieta (1,77 y 1,78 respectivamente), en comparación con el tratamiento que utiliza 1000 FYT por kg de dieta (1,85), donde una mejor conversión alimenticia se logró con 2000 FYT por kg de la dieta (1,77) en comparación con los otros tratamientos (1000, 3000 y 4000 FYT) (p. 48). En la tabla 7-3, se aprecia el consumo de alimento de los pollos con la utilización de enzimas digestivas de los diferentes autores.

Tabla 7-3: Evaluación de la conversión alimenticia en pollos con la utilización de enzimas digestivas.

Autor	Producto	Tratamientos	Conversión Alimenticia
Suarez, 2017	Axta® XAP, multienzimático: xilanasas, amilasa y proteasa de origen bacteriano.	Control positivo con 3060 kcal/kg de energía metabolizable	1,63
		Control negativo con 2920 kcal/kg de E.M (sin inclusión de multienzimas)	1,65
		Control negativo con 2920 kcal/kg de E.M con inclusión de 0.010 % de multienzimas.	1,63
Chicaiza, 2018	Amilasa y Fitasa	Control testigo	2,20
		Amilasa, 14 gramos	2,10
		Fitasa, 14 gramos	2,05
Arandi, 2019	Fitasa	Control testigo	1,72
		Fitasa on Top 150 g/Tn = 750 FTU Fitasa	1,75
		Fitasa con Matriz Nutricional 300 g/Tn = 750 FTU Fitasa	1,75
		Super Dosis de Fitasa = 750 FTU Fitasa con Matriz nutricional + 750 FTU Fitasa on Top	1,68
Chicaiza y Leiva, 2020	Fitasa comercial termoestable Ronozyme Hiphos GT	Dieta con 1000 FYT por kg	1,85
		Dieta con 2000 FYT por kg	1,77
		Dieta con 3000 FYT por kg	1,78
		Dieta con 4000 FYT por kg	1,79

Realizado por: Abarca, Liseth. 2021.

El pollo de engorde moderno ha sido genéticamente desarrollado para que gane peso a una velocidad extremadamente rápida y usando eficientemente los nutrientes contenidos en los alimentos, al utilizar enzimas de manera exógena se observa que la conversión alimenticia es favorable, mejorando así la producción de carne a partir de la cantidad y calidad del alimento suministrado al animal durante el ciclo de producción.

CONCLUSIONES.

- La ganancia de peso de los animales es una variable muy importante en la producción de pollos de engorde, dentro de las investigaciones realizadas se puede observar que los diferentes autores defienden la hipótesis de que existe una mayor ganancia de peso al administrar enzimas exógenas en el alimento para pollos, Arandi (2019) observa que existe una mayor ganancia de peso al utilizar una super dosis de Fitasa con matriz nutricional (69,81 g/día/ ave).
- El consumo de alimento se ve influenciado por la adición de enzimas digestivas en la dieta de los pollos de engorde, en las investigaciones se representa un menor consumo de alimento en comparación con los tratamientos testigos que no contenían enzimas, al comparar a varios autores se identifica que el menor consumo de alimento lo obtiene Chicaiza (2018) al utilizar 14g de Fitasa en la dieta con un promedio de consumo diario de 94,54 g/día/ave.
- La conversión alimenticia es un indicador de gran importancia dentro de la producción de pollos de engorde, ya que refleja la productividad del animal. En las investigaciones realizadas se obtuvo una mejor conversión alimenticia por parte de Suarez (2017) al utilizar el complejo multienzimático: xilanasas, amilasas y proteasas de origen bacteriano (1,63), sin embargo, este resultado se vio influenciado por la calidad de la dieta suministrada. De modo similar los autores defienden que existió una conversión alimenticia mejor al utilizar enzimas exógenas en la alimentación.
- En la producción de pollos de engorde se utilizan enzimas de manera exógena gracias a su capacidad de fragmentación sobre nutrientes no digeribles, al momento de la digestión enzimas endógenas y exógenas intervienen sobre estos nutrientes permitiendo que su absorción se realice de manera más eficiente. Al momento de utilizar enzimas exógenas se debe tener en consideración las características de las mismas.

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda la utilización de enzimas digestivas exógenas en dietas para pollos de engorde, puesto que mejora la digestibilidad y la absorción de los nutrientes contenidos dentro de los alimentos balanceados reduciendo de esta forma los costos de producción de la explotación.
- Se debe tener en cuenta la dosificación de las diferentes enzimas que se encuentran en el mercado, de esto dependerá el éxito del aditivo sobre el sustrato de los nutrientes en el sistema digestivo de las aves, obteniendo una mayor cantidad en producción de carne por parte del pollo de engorde.
- Se recomienda difundir los resultados expuestos en el presente trabajo bibliográfico puesto que se ha convertido en una guía muy amplia sobre la utilización de enzimas exógenas en pollos de engorde, ideal para los productores pequeños quienes buscan alternativas para mejorar su producción.

GLOSARIO

- **Consumo de alimento:** Una variable importante es el consumo de alimento, pues determina la cantidad de nutrientes que el pollo obtiene de la dieta cuando la alimentación es suministrada de manera libre. Los compuestos de la dieta pueden poseer un buen valor nutritivo que influye en la producción de carne en pollos de engorde, por lo que los productores deben analizar este factor y manejar el ambiente en el que el animal se desempeña (Quishpe, 2006, p. 15).
- **Conversión alimenticia:** Es la relación existente entre el alimento consumido y el peso ganado por parte de los pollos en un determinado tiempo, permite medir la productividad del animal. Cabe recalcar que el animal será más eficiente mientras menor sea el grado de conversión (Suarez, 2017, p. 45).
- **Digestión:** Comprende todos los procesos físicos, químicos y enzimáticos por los que los alimentos se desintegran y transforman en los nutrientes para posteriormente ser absorbidos por el organismo. Los cambios por los que pasa el alimento dentro del tracto digestivo se deben a la actividad enzimática, la deglución, maceración, trituración son considerados los procesos más importantes dentro de la digestión, y las enzimas se localizan en la saliva, estomago, intestinos, páncreas, bilis y ácido clorhídrico (Mazaquiza, 2021, p. 19-20).
- **Enzima:** Conocidas también como biomoléculas que realizan la función de la catálisis de las reacciones químicas, estas se llevan a cabo en la célula y pueden llegar a aumentar la velocidad de reacción superando a cualquier catalizador artificial, las enzimas tienen especificidad de reacción sobre un solo sustrato encontrado en el medio (Trudy Mckee, 2013, citado en Ordoñez, 2019, p. 3).
- **Ganancia de Peso:** La ganancia de peso en un animal es el aumento de peso que el pollo obtiene durante un determinado tiempo, este puede ser semanal, o en total de su producción. A menudo se utiliza una tabla de registro misma que ayuda a comparar los valores de ganancia y peso ideal del pollo, permitiendo de esta manera aplicar procesos de corrección si fuesen necesarios, logrando alcanzar resultados favorables (Klein, 2015, p. 19).
- **Pollo de engorde o broiler:** El pollo broiler se define como un tipo de ave de ambos sexos, presentando características principales como rápido crecimiento, formación de masas musculares notorias principalmente en la pechuga y extremidades, lo que nos presenta un aspecto redondeado. La expresión “broiler” se utiliza para identificar a los pollos sacrificados en una edad promedio de 6 -7 semanas (42 días para la costa y 49 días para la sierra), con un peso promedio (pollo en pie) de 2,1 a 2,2 kg (Molina, y León, 2008, citado en Silva, 2016, p.17).

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, A. & CÁRDENAS, Mayra. *Enzimas en la alimentación de las aves. Fitasas.* 2006. Revista Cubana de Ciencias Agrícola. [En línea] [Citado el: 20 de Febrero de 2021.] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017672001.pdf>. ISSN: 0034-7485.

AGUILAR, J., OTTO, Z. M., & VÍLCHEZ, C. *Suplementacion de cuatro tipos de fitasas comerciales en dietas para pollos de engorde evaluando su rendimiento productivo y su calidad osea.* 2018. Tesis de grado. págs. 169–179. Disponible en: www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v29n1/a17v29n1.

ANGULO, Asensio Eduardo. *Fisiología Aviar.* 2009. Departamento de Producción Animal. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de Lleida. pág. 10. ISBN: 978-84-8409-336-7. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8BbaffsUiu8C&oi=fnd&pg=PA7&dq=anatom%C3%ADa+y+fisiolog%C3%ADa+aviar&ots=Ggv9j0C21U&sig=bSeJ_8TbWCbl5qRZJfsd2NTanbY#v=onepage&q=anatom%C3%ADa%20y%20fisiolog%C3%ADa%20aviar&f=false

ARANDI, Iglesias Xavier. *Valoración de la produccion de pollos de engorde mediante la adicion de fitasa.* 2019. Tesis de Licenciatura. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16971/4/UPS-CT008160.pdf>

BARROS CAJILIMA, María Verónica. *Adicion de diferentes niveles de probiotiocos en la alimentacion de pollos de engorde.* 2018. Tesis de Licenciatura. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16316/1/UPS-CT007940.pdf>

BRIBIESCA, Bárbara Leslie Cooper. *Aplicaion industrial de enzimas xilanolíticas bacterianas.* 2013. Revista de Ciencias de la Salud. [En línea] Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=49014>

BRUFAU, Joaquim. *Las enzimas en la alimentación avícola, un cambio remarcable.* 2002.

BUTCHER, G., MILES, R. & NILIPOUR, A. *Paso de Alimento en Pollos de Engorde: Un Problema Complejo.* 2018. UF. IFAS. Extension. University of Florida. [En línea] [Citado el: 31 de Diciembre de 2020.] Disponible en: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/VM090>

CABEZAS-ZÁBALA, Claudia Constanza; HERNÁNDEZ-TORRES, Blanca Cecilia; VARGAS-ZÁRATE, Melier. *Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial.* 2016. Revista de la Facultad de Medicina. vol. 64, no 4, pag. 761-768. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v64n4/0120-0011-rfmun-64-04-00761.pdf>

CANO, Francisco Gil. *Anatomía específica de aves: aspectos funcionales y clínicos.* 2010. [En línea]. s.l.: Facultad de veterinaria, Universidad de Murcia, pág. 10. Disponible en: <https://www.um.es/anatvet-interactivo/interactividad/aaves/anatomia%20de%20las%20aves.pdf>

CHICAIZA TENORIO, Mauricio Steven; LEIVA PACHECO, Alisson Janeth. *Valoración del desarrollo productivo y biodisponibilidad de fósforo y calcio al aplicar cuatro niveles diferentes de fitasa exógena en pollos de engorde de la línea Ross 308.* 2020. Tesis de Licenciatura. Quito: UCE.

CHICAIZA, Cesar Fabián. *Utilización de dos Enzimas (amilasa, fitasa) en la Dieta de Pollos de Engorde.* 2018. [Tesis de grado]. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador : Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). Disponible en: <http://181.112.224.103/bitstream/27000/5405/6/PC-000416.pdf>

CORDEIRO DA SILVA, Enmanuel. *AVICULTURA: ANATOMIA DA GALINHA.* 2020. Instituto Federal Pernambuco. [En línea] [Citado el: 20 de Diciembre de 2020.] Disponible en: <https://philpapers.org/archive/DASAEF.pdf>

CORREA, D. & LARA, F. *Comparación en pollos dedicados al engorde de la pared celular de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) contra complejos enzimáticos (*Penicillium funiculosum*).* 2013. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. [En línea] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2340>

COWIESON, A. *Strategic selection of exogenous enzymes for corn/soy-based poultry diets.* 2010. págs. 1-7. Vol. 47.

COWIESON, A. & BEDFORD, M. *Mode of action of phytase and carbohydrase on the ideal digestibility of amino acids in monogastric diets.* 2009. World's Poultry Science Journal. vol. 65. no 4, p. 609-624.

COWIESON, A., HRUBY, M., & PIERSON, E. *Impact of the evolution of enzyme technology in poultry nutrition.* 2006. Nutrition Research. [En línea] Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/nutrition-research-reviews/article/evolving-enzyme-technology-impact-on-commercial-poultry-nutrition/C4212F9D992225D56FC2A27CFC0226E9>

CUCA, M., ÁVILA, E., & PRO, M. *Alimentación de las aves.* 1996. Montecillo: Estado de México : s.n. págs. 3, 4, 11, 75.

DAMRON, B., SLOAN, D. & GARCÍA, J. *Nutrición para pequeñas parvadas de pollos. El agua.* 2009. University of Florida. [En línea] [Citado el: 10 de Enero de 2021.] Disponible en: <https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/IR/00/00/16/15/00001/AN09500.pdf>

DE LA PAZ CONTRERAS, Inger Marissa. *Evaluación de dos complejos enzimáticos en el comportamiento productivo de pollos de engorde alimentados con una dieta a base de maíz y pastas de soya bajo condiciones comerciales.* 2007. Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos, Guatemala. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3691/>

DÍAZ, B. *Valoración productiva y cantidad de digestibilidad de calcio y fósforo en pollos de engorde con la utilización de fitasa y un complejo enzimático a base de xilanasas, α -amilasa y proteasa.* 2004. Tesis de grado. s.l. : Universidad de Chile.

DIEZ, A. & SANDOVAL, L. *Producción biotecnológica del uso de residuos agroindustriales de lipasas microbianas.* 2012. Vitae. [En línea] vol. 19 no 3.

FULLANA, Natalia. *Producción y caracterización parcial de una proteasa bacteriana activa a baja temperatura.* 2014. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas-PEDECIBA. [En línea] Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/5139/1/uy24-17237.pdf>

GODOY, María Florencia. *El sistema digestivo en diferentes especies de aves. Intestino Delgado.* 2014. [En línea] [Citado el: 20 de Diciembre de 2020.] Disponible en: <https://bionotas.files.wordpress.com/2014/09/sistdig-diferentes-especies-aves.pdf>

GÓMEZ, Ipanaqué Gian. *Evaluación de un complejo enzimático con énfasis en la energía metabolizable aparente y capacidad de digestibilidad de materia seca en alimentos para pollos de engorde.* 2014. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. [Tesis de grado]. Lima, Peru : s.n., págs. 4-16. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2384/L51-G654-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GUTIÉRREZ, C. *Características de los aminoácidos. Aminoácidos y proteínas.* 2014. Perú : Prensa. Disponible en: [https://fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntesbioquimica/Unidad 5.pdf](https://fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntesbioquimica/Unidad%205.pdf)

HEVIA, Quiles. *Termorregulación en las gallinas.* 2004. Sitio Argentino de Producción Animal.

JARAMILLO, M. & RODRÍGUEZ, M. *Evaluación de la productividad, oxígeno sanguíneo, enzimas hepáticas y deposición de cenizas óseas, al utilizar superdosis de fitasa en dietas de pollos.* 2018. UNIVERSIDAD DE CUENCA. Facultad de Ciencias Agropecuarias. [En línea] [Citado el: 1 de Febrero de 2021.] Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32071/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

JOVEL, L., JOSÉ, R., ORDOÑEZ, L., & MARCELO, E. *Evaluación de las dietas utilizadas en la alimentación de pollos de engorde de la línea Arbor Acres, al suministrar Hemicell.* 2015.

Escuela Agrícola Panamericana. Disponible en:
<https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4594>

KHATTAK, F; PASHA, T., HAYAT, Z., & MAHMUD, A. *Enzymes used in poultry feed.* 2006. Animal Nutrition University of Veterinary and Animal Sciences. [En línea] [Citado el: 27 de Enero de 2021.] Disponible en:
file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Enzymes_in_poultry_nutrition.pdf

KLEIN DROEGE, Luis Gustavo. *Evaluación del desarrollo productivo de tres tipos de líneas de pollos dedicados al engorde.* 2015 Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1404/>

LEÓN PLASENCIA, Franco Ysrrael. *Evaluación del desarrollo productivo de pollos broiler al utilizar carbohidrolasas en alimentos con base de maíz y soya.* 2015. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. [Tesis de grado]. Trujillo, Perú : s.n. Disponible en:
<http://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7505/Le%c3%b3n%20Plasencia%20Franco%20Ysrrael.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LOZA HERRERA, Andrea Soledad. *Evaluación de niveles de inclusión de saccharina proteica en dietas prácticas en pollos de engorde.* 2005. Sangolquí, Ecuador : ESPE.

LOZANO CHAVEZ, Andrea Paola. *Rol que desempeñan los aminoácidos dentro de los parámetros productivos del ave.* 2018. Universidad de Cooperativa de Colombia. [En línea] [Citado el: 24 de Enero de 2021.] Disponible en:
<https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/6093>

MATTIELLO, Rosana. *Alimentación y nutrición en aves de jaula.* 2009. Scribd. [En línea] [Citado el: 2 de Enero de 2021.] <https://es.scribd.com/document/264729276/ALIMENTACION-Y-NUTRICION-EN-AVES-DE-JAULA>.

MAZAQUIZA MOPOSITA, Diego Armando. *Evaluación de Cuatro Atrapadores de Micotoxinas (MYCOFIX) Plus, Mycofix Select, Aluminosilicatos, Paredes de Levadura) en Dietas para Pollos Parrilleros en Crecimiento-Engorde.* 2012. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Tesis de grado] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1854>

MCDONALD, P., et al. *Nutrición Animal.* (quinta edición ed.). España: Acribia, 2011. págs. 142-147.

MEDINA, Anadelia Antonio. *Dietas de animales monogástricos y el uso de enzimas exógenas.* 2003. Anadelia.

MONTÚFAR, Carmen Vásconez, et al. *Complejos enzimáticos como suplemento en la alimentación de pollos de engorde.* Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación. ISSN 2528-8083, 2020, vol. 5, no 4, p. 17-28. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/721/669>

ORDOÑEZ, M., BRAVO, M. & SALDAÑA, D. *Beneficios de utilizar enzimas en dietas de monogástricos, principalmente en pollos dedicados al engorde.* 2019. Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal. [En línea]. Disponible en: http://www.revistaecuatorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/89/86?fbclid=IwAR3Kr8xyPswi7_Vh17l3VUU-JecZv81W9TXKfuH2KGnVVP88ZdhAwNs2HBU.. ISSN 2602-8220

PATIÑO, A. *Tracto digestivo del pollo de engorde.* 2012. Lima : s.n. pág. 25.

PEÑAFIEL HIDALGO, Henry. *Utilización de la enzima fitasa dentro de la producción de pollos de engorde.* 2012. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2153>

QUISHPE, Gabriela. J. *Variables que interfieren el consumo de alimentos suministrado al pollo de engorde y gallinas de postura.* 2006.

RAVINDRAN, V. *Enzymes used in food.* 2013. Poultry Science Association, Inc. [En línea] <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1056617119305203?token=0FF76D41778EC9246171ADF518DB08F5D4AFF525AC3A47E3BFB8C769A2AACC79A0F2E2690AF2F2E33E04682627FADE97&originRegion=us-east-1&originCreation=20210603022513>. ISSN 1056-6171.

ROJAS OVIEDO, Luis Abdón. *Evaluación del efecto al utilizar tres niveles (400, 500 y 600 g/tn) de Complejo Enzimático en dietas para pollos de engorde bajas de energía y proteína.* 2012. Tesis de Licenciatura. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1478>

ROSS, D. *Suplemento de Nutrición del pollo de Engorde. Energía.* 2015. Honduras : Colecciones, pág. 26.

SANZ, Ricardo Martínez. *ENZIMAS EN ALIMENTACIÓN AVIAR: novedades y aplicación práctica.* 2012. Ann. R. Acad. CC. Vet. [En línea] Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/15-enzimas_alimentacion_211.pdf

SANZ, Ricardo Martínez, et al. *Proteasas para alimentación de las aves.* 2010. Selecciones avícolas. [En línea] vol. 52. N° 11. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3326295>

SILVA BASTIDAS, Alberto Hernán. *Evaluación del consumo y cálculo del rendimiento a la canal en pollos broiler al utilizar residuos de cosecha de cacao Theobroma L.* 2016. Tesis de

Licenciatura. Disponible en:
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23701/1/tesis%20003%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Alberto%20Silva%20-%20cd%20002.pdf>

SOTO, Carlos. J., & BERT, Elena. *Evaluación de enfermedades hepáticas en pollos de engorde.* 2010. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. [En línea] Vol. 11. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617152004.pdf> ISSN: 1695-7504.

SUAREZ GONZALES, Limber David. *Evaluación de la inclusión de multienzimas en dietas para pollos parrilleros.* 2017. Tesis de grado. Tingo María : Universidad Nacional Araria de la Selva, Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1188/SGLD2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TORRES NOVOA, Diana M. *Exigencias nutricionales de proteína bruta y energía metabolizable para pollos de engorde.* 2017. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. [En línea] [Citado el: 18 de Enero de 2021.] Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-exigenciasNutricionalesDeProteinaBrutaYEnergiaMeta-6383706.pdf>

URIARTE, Juliana Máxima. *"Enzimas".* 2019. Caracteristicas.co. [En línea]. Disponible en: <https://www.caracteristicas.co/enzimas/>

VARGAS GONZÁLEZ, Oliverio Napoleón. *Forma de crianza del pollo de engorde, aparato digestivo (estomago glandular).* 2015. Machala : Universidad técnica de Machala. págs. 25-27. ISBN: 978-9942-24-026-2. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/83%20AVICULTURA.pdf>

VÉLEZ SÁNCHEZ, Franco Alberto. *Análisis comparativo de la suplementación de enzimas en dietas para pollos de engorde.* 2015. Quevedo: UTEQ. [En línea] <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5397/1/T-UTEQ-003.PDF>

ANEXOS.

ANEXO A: PROMEDIOS DE LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS DE POLLOS DE ENGORDE EN FUNCIÓN A LOS TRATAMIENTOS DE LA FASE TOTAL DE LA INVESTIGACIÓN (SUAREZ, 2017).

Tratamientos	PI	PF	GDP	CDA	CA	Mort ² .
Control +	44.3 ± 1.3	2197 ± 148	61.5 ± 4	99.8 ± 2	1.63 ± 0.08	0.00
Control -	43.3 ± 1.2	2172 ± 118	60.8 ± 3	100.1 ± 3	1.65 ± 0.05	0.00
Control - (Me) ¹	44.7 ± 1.3	2179 ± 78	60.9 ± 2	99.5 ± 1	1.63 ± 0.04	0.00
p- valor	0.1019	0.5966	0.9108	0.8712	0.7497	---
CV (%)	2.99	4.60	5.49	2.35	3.60	---

¹ Me = Multienzimas, Mort.² = Mortalidad.

ANEXO B: COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS POLLOS DE ENGORDE, POR EFECTO DE ENZIMAS, (AMILASA, FITASA) (CHICAIZA, 2018).

PARÁMETROS	T0	T1	T2	Media General	Prob	CV
Peso 28 días	1095,40b	1180,58b	1225,45a	1167,01	0,0001	2,4
Ganancia de peso a los 28 días	500,80a	523,15a	528,50a	517,48	0,4506	6,08
Consumo de alimento a los 28 días	854,30a	850,53a	843,50b	849,44	0,005	0,29
Peso a los 35 días	1158b	1664,68a	1711,30a	1511,32	0,0010	2,34
Ganancia de peso a los 28 días	462,75a	484,10a	485,85a	477,57	0,4961	6,18
Consumo de alimento a los 35 días	1094,18a	1087,53b	1082,85c	1088,18	<0,0001	0,16
Peso a los 42 días	2123,08c	2235,53b	2287,05a	2214,88	<0,0001	0,48
Ganancia de peso a los 42 días	564,93a	570,85a	571,75a	569,17	0,9712	7,61
Consumo de alimento a los 42 días	1283,70a	1278,7a	1276,60b	1279,68	0,0019	0,15
Peso a los 49 días	2707,20c	2884,38b	2944,78a	2845,45	0,0005	1,88
Ganancia de peso a los 49 días	584,23a	608,85a	661,73a	618,27	0,0192	5,81
Consumo de alimento	1414,73a	1408,30b	1402,98c	1408,68	0,0001	0,14
Ganancia de peso total hasta 49 días	2117,70b	2191,95ab	2252,83a	2187,49	0,0435	2,91
Consumo total de alimento hasta los 49 días	4664,40a	4654,40b	4632,58b	4650,46	<0,0001	0,08
Conversión alimenticia total a los 49 días	2,20a	2,10b	2,05b	2,11	0,0181	2,81

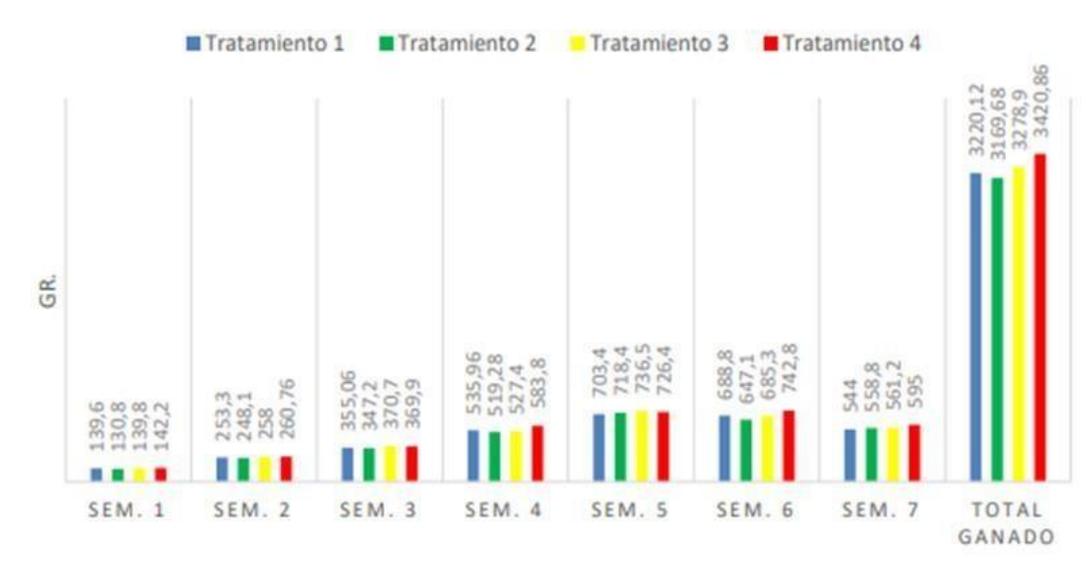
Fuente: Chicaiza F. (2018)

Prob. >0,05: no existen diferencias estadísticas.

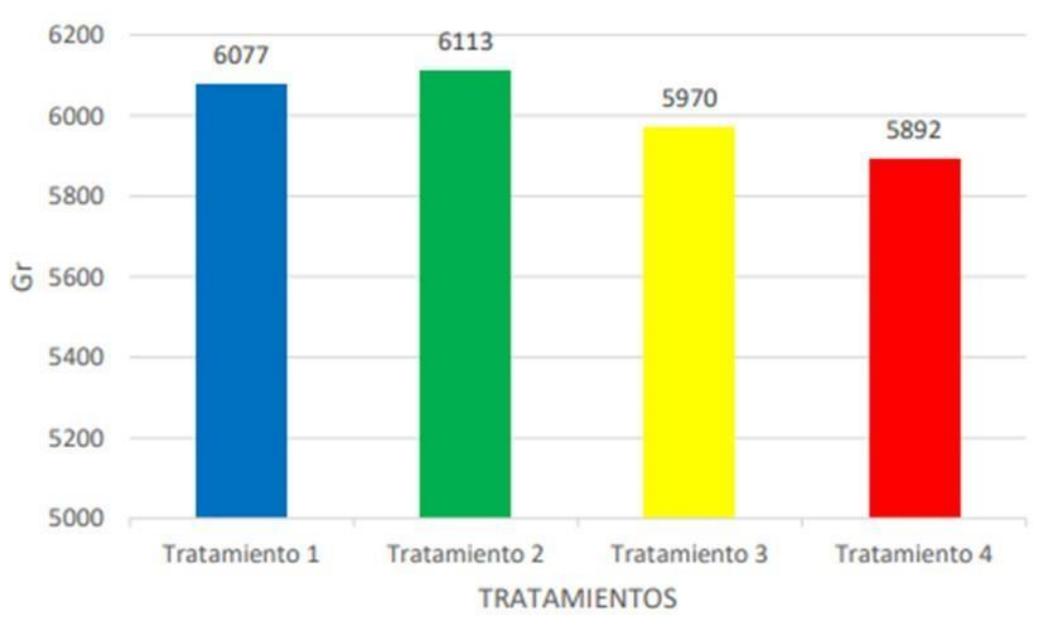
Prob. <0,05: existen diferencias estadísticas.

Prob. < 0,01: existen diferencias altamente significativas

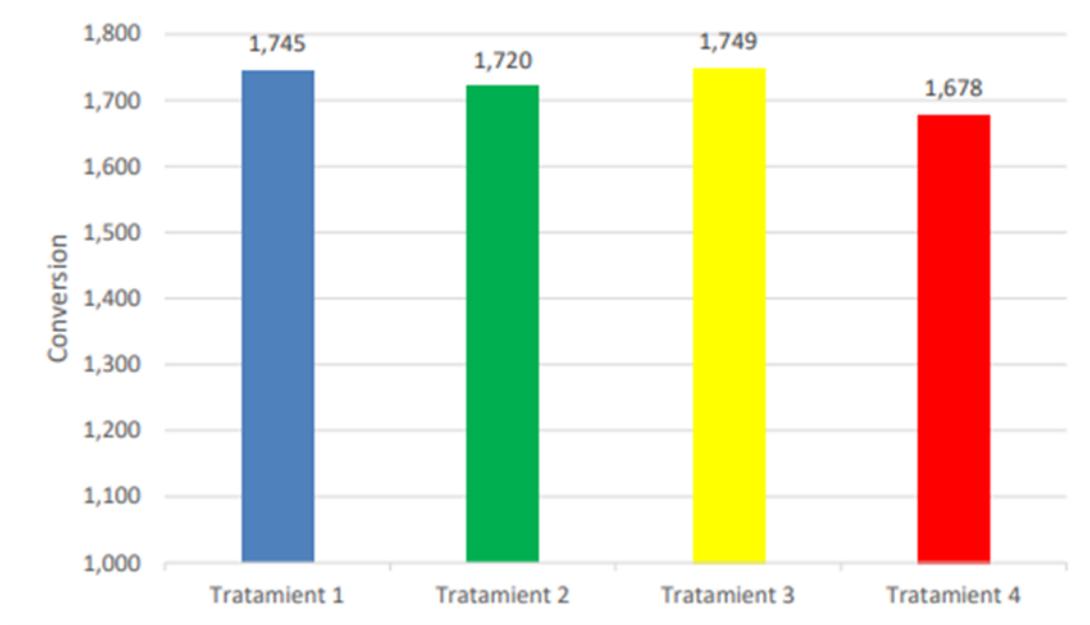
ANEXO C: PROMEDIOS DE LA GANANCIA DE PESO EN POLLOS DE ENGORDE EN FUNCIÓN A LOS TRATAMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN (ARANDI, 2019).



ANEXO D: PROMEDIOS DEL CONSUMO DE ALIMENTO EN POLLOS DE ENGORDE EN FUNCIÓN A LOS TRATAMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN. (ARANDI, 2019).



ANEXO E: CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN POLLOS DE ENGORDE EN FUNCIÓN A LOS TRATAMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN, (ARANDI, 2019).



ANEXO F: CONSUMO DE ALIMENTO, GANANCIA DE PESO DIARIO Y FINAL DE POLLOS ROSS 308 SOMETIDOS A DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE FITASA (FYT) (CHICAIZA Y LEIVA, 2020).

Variable	Tratamientos				EEM ¹	P-valor
	1000	2000	3000	4000		
Consumo total, g/ave	5335,9 b	5334,1 c	5343,5 a	5343,2 a	0,38	0,0001
Peso inicial, g	41,17	41,52	41,34	41,23	0,30	0,855
Peso final, g	2950,6 b	3065,4 a	3055,4 a	3039,1 ab	25,3	0,005
Ganancia de peso, g/ave	2909,4 b	3023,9 a	3014,1 a	2997,8 ab	25,9	0,0075
Ganancia de peso, g/ día	59,38 b	61,71 a	61,51 a	61,18ab	0,49	0,0056

Medias con una letra distinta en sentido horizontal, reflejan diferencia estadística ($P < 0.05$).

T1= Dieta con 1000 FYT por kg de dieta, T2= Dieta con 2000 FYT por kg de dieta, T3= Dieta con 3000 FYT por kg de dieta y T4= Dieta con 4000 FYT por kg de dieta.

ANEXO G: CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE POLLOS ROSS 308 SOMETIDOS A DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE FITASA (FYT) (CHICAIZA Y LEIVA, 2020).

Variable	Tratamientos				EEM ¹	P-valor
	1000	2000	3000	4000		
Conversión alimenticia	1,85 a	1,77 b	1,78 b	1,79 ab	0,02	0,006

Medias con una letra común en sentido horizontal, no reflejan diferencia estadística ($p > 0.05$).

T1= Dieta con 1000 FYT por kg de dieta, T2= Dieta con 2000 FYT por kg de dieta, T3= Dieta con 3000 FYT por kg de dieta y T4= Dieta con 4000 FYT por kg de dieta.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 06 / 12 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Liseth Angélica Abarca Alulema</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias Pecuarias</i>
Carrera: <i>Zootecnia</i>
Título a optar: <i>Ingeniera Zootecnista</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS
VARGAS
DN: cn=Luis Alberto
Caminos Vargas-EC,
l=RIOBAMBA
Motivo: Soy el autor de este
documento
Ubicación:
Fecha: 2021.12.06 18:20:05:00



1295-DBRA-UTP-2021