



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

“EVALUACIÓN DE LA ENZIMA ENDO-1,4- β -D-MANNANASA EN
LA PRODUCCIÓN DE POLLOS ENGORDE COBB500, EN LA
GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA”

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR:

Silvio Daniel Mediavilla Fuertes

DIRECTORA:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.

Ibarra, 2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**"EVALUACIÓN DE LA ENZIMA ENDO-1,4- B -D-MANNANASA EN LA
PRODUCCIÓN DE POLLOS ENGORDE COBB500, EN LA GRANJA
EXPERIMENTAL LA PRADERA"**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO POR TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.

Directora de trabajo de titulación

Ing. María José Romero Astudillo, MSc.

Asesora de trabajo de titulación

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores PhD.

Asesora de trabajo de titulación



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004821516		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Mediavilla Fuertes Silvio Daniel		
DIRECCIÓN:	Cotacachi, parroquia Quiroga		
EMAIL:	sdmediavillaf@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0988423923

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Evaluación de la enzima endo-1,4-β-D-mannanasa en la producción de pollos engorde Cobb500, en la Granja Experimental La Pradera”
AUTOR (ES):	Mediavilla Fuertes Silvio Daniel
FECHA: DD/MM/AAAA	22/02/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de febrero del 2022

EL AUTOR:



Silvio Daniel Mediavilla Fuertes

C.I.: 1004821516

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser quien guía mi camino en esta vida y poner a mi lado a personas que me ayudan a ser mejor cada día.

A mis padres por ayudarme y formarme como persona y por cada uno de sus esfuerzos que me han permitido llegar a este logro. A mi esposa a mi hija quienes día a día fueron los pilares fundamentales y mi principal motivación para seguir adelante y poder formarme como profesional. A mis hermanas por sus consejos y apoyo incondicional al estar pendientes en cada logro o caída que he tenido en la vida. A mis sobrinos que por medio de su alegría me han dado motivación para seguir superándome. A mis cuñados y mi suegra quienes fueron un pilar fundamental para cumplir esta meta. Gracias por todo el apoyo brindado Familia.

Extiendo mi gratitud al Dr. Manly Espinosa Q.E.P.D, por haber sido quien me inculcó consejos, conocimientos, ética y valores humanos como profesionales. También por haber dedicado su tiempo y la predisposición que tuvo para ayudarme en este trabajo de investigación.

A la Universidad Técnica del Norte, que me abrió las puertas para formarme como profesional, en especial a la carrera de Ingeniería Agropecuaria y sus docentes por haber impartido sus conocimientos que me han ayudado a superarme para poder llegar a cumplir esta meta profesional en mi vida.

Agradezco de manera especial a la Ing. Julia Prado PhD, directora de tesis y a mis asesoras Ing. María José Romero MSc. e Ing Doris Chalampunte PhD, por compartir sus conocimientos en la elaboración y redacción de este documento para poder culminar mi carrera universitaria.

Agradezco enormemente a todos quienes integran la empresa Integración Avícola Oro S.A. técnicos, personal administrativo y obrero por haberme brindado su apoyo y conocimiento durante el desarrollo de esta investigación.

Sívio Daniel Mediavilla Fuertes.

DEDICATORIA

Al culminar una importante etapa de mi vida dedico de manera especial este trabajo de investigación a mis seres queridos:

A mis padres queridos Silvio Mediavilla y Victoria Fuertes por guiarme en mi formación personal y profesional; por haberme brindado todos sus consejos, su amor, apoyo y ganas de superarme en la vida diaria y etapa estudiantil.

A mi esposa Fernanda y a mi hija Camille quienes con su amor, paciencia, alegrías, comprensión y apoyo incondicional me han motivado para poder culminar este logro tan anhelado. Las quiero con mi vida.

A mis hermanas Germania y Gissela quienes me han acompañado y apoyado durante todo este tiempo, donde hemos compartido alegrías y tristezas que nos han ayudado a estar siempre unidos.

A mis sobrinos Josué y Matías que con sus ocurrencias me han dado muchas alegrías.

Gracias por ser parte de mi vida y permitirme ser parte de su orgullo.

Silvio Daniel Mediavilla Fuertes.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
1 CAPÍTULO	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema de investigación	3
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Hipótesis	4
2 CAPÍTULO II	5
2.1 Avicultura en el mundo	5
2.2 Avicultura en el ecuador	5
2.3 Línea de pollo cobb	5
2.4 Sistema digestivo de las aves	6
2.5 Sistema inmune	8
2.5.1 Órganos linfoides	9
2.6 Salud e integridad intestinal	9
2.7 Causas que influyen en la integridad intestinal	10
2.8 Microbiota intestinal	10
2.8.1 Lactobacillus	11
2.8.2 Escherichia coli	11
2.9 Exclusión competitiva	11
2.10 Nutrición y alimentación	11
2.11 Soya en nutrición avícola	12
2.12 Factores antinutricionales o antinutrientes	12
2.12.1 Agentes alergénicos	13
2.12.2 Carbohidratos o Polisacáridos no amiláceos o no almidones (PNA)	13
2.12.3 β -mananos	13
2.13 Enzimas	15

2.13.1	Funcionamiento de las enzimas	15
2.13.2	Enzimas en nutrición animal	16
2.13.3	Enzimas de producción avícola	16
2.13.4	Beneficios de las enzimas en avicultura	17
2.13.5	Clasificación, función y sustratos sobre los que actúan las enzimas	17
2.14	Carbohidrasas	18
2.14.1	Enzimas endo 1,4 β -mannanasa	19
3	CAPÍTULO III	20
3.1	Caracterización del área de estudio	20
3.2	Materiales	21
3.3	Métodos	21
3.3.1	Factores en estudio	21
3.3.2	Tratamientos	22
3.3.3	Diseño experimental	22
3.3.4	Características del experimento	23
3.3.5	Características de la unidad experimental	23
3.4	Análisis estadístico	24
3.5	Variables evaluadas	24
3.5.1	Parámetros zootécnicos	24
3.5.1.1	Consumo de alimento.....	24
3.5.1.2	Ganancia de peso.....	25
3.5.1.3	Conversión alimenticia.....	25
3.5.2	Prevalencia de Lactobacillus y E. coli en la flora intestinal	25
3.5.3	Beneficio costo (B/C)	27
3.6	Manejo del experimento	27
3.6.1	Limpieza y preparación de instalaciones para el experimento	27
3.6.2	Recepción de pollitos	28
3.6.3	Manejo de temperatura y luz	29
3.6.4	Pesajes	30
3.6.5	Vacunas	30
3.6.6	Agua y alimento	31
3.6.7	Manejo complementario	34
4	CAPÍTULO IV	35
4.1	Resultados y Discusión	35
4.1.1	Parámetros zootécnicos	35
4.1.1.1	Consumo acumulado de alimento	35
4.1.1.2	Ganancia de peso.....	37
4.1.1.3	Conversión alimenticia.....	40

4.1.2	Prevalencia de Lactobacillus sp. y Escherichia coli	43
4.1.2.1	Prevalencia de Lactobacillus sp.	43
4.1.2.2	Prevalencia de Escherichia coli.....	45
4.2	Relación beneficio costo	47
5	CAPÍTULO V	49
5.1	Conclusiones	49
5.2	Recomendaciones	49
6	BIBLIOGRAFÍA	50
7	ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Factores que desequilibran la integridad intestinal</i>	10
Tabla 2	<i>Clasificación factores antinutricionales presentes en la soya</i>	13
Tabla 3	<i>Contenido de β-mananos en varias materias primas</i>	14
Tabla 4	<i>Enzimas y la función que cumplen en el proceso digestivo de las aves</i>	18
Tabla 5	<i>Materiales, equipos, insumos y herramientas</i>	21
Tabla 6	<i>Tratamientos que resultan de la interacción entre los factores en estudio</i>	22
Tabla 7	<i>Características de la unidad experimental</i>	23
Tabla 8	<i>Análisis de varianza (ADEVA)</i>	24
Tabla 9	<i>Valores de temperatura para las aves de acuerdo a la edad y días de luz</i>	30
Tabla 10	<i>Cronograma de vacunación establecido para la investigación</i>	31
Tabla 11	<i>Composición nutritiva de la dieta estándar</i>	32
Tabla 12	<i>Composición nutritiva de la dieta estándar -44 kcal/kg de alimento</i>	33
Tabla 13	<i>Composición nutritiva de la dieta estándar -88kcal/kg de alimento</i>	33
Tabla 14	<i>Análisis de varianza para la variable consumo acumulado de alimento/ave</i>	35
Tabla 15	<i>Consumo de alimento para dosis de enzima</i>	35
Tabla 16	<i>Consumo de alimento para nivel de energía</i>	37
Tabla 17	<i>Análisis de varianza para la variable Ganancia de peso</i>	37
Tabla 18	<i>Análisis de varianza para conversión alimenticia</i>	41
Tabla 19	<i>Conversión alimenticia para dosis de enzima</i>	41
Tabla 20	<i>Análisis de varianza para prevalencia de Lactobacillus sp.</i>	43
Tabla 21	<i>Análisis de varianza para prevalencia de Escherichia. coli</i>	45
Tabla 22	<i>Análisis económico de los tratamientos</i>	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Línea genética Cobb</i>	6
Figura 2 <i>Esquema del aparato digestivo de las aves</i>	6
Figura 3 <i>% de β-mananos en harina de soya de diferentes países.</i>	15
Figura 4 <i>Trabajo de las enzimas sobre el sustrato</i>	16
Figura 5 <i>Sustratos presentes en materias primas y enzimas que actúan en ellos</i>	18
Figura 6 <i>Ubicación del área de estudio</i>	20
Figura 7 <i>Esquema del diseño experimental</i>	23
Figura 8 <i>Consumo de alimento de las aves</i>	25
Figura 9 <i>Proceso para la toma de muestra</i>	26
Figura 10 <i>Toma y almacenamiento de muestra intestinal</i>	26
Figura 11 <i>Galpón preparado para la crianza de las aves.</i>	28
Figura 12 <i>Actividades en la recepción de pollitos Cobb500</i>	29
Figura 13 <i>Manejo de temperatura y luz para confort de las aves</i>	29
Figura 14 <i>Pesaje de aves en estudio</i>	30
Figura 15 <i>Proceso de vacunación de las aves</i>	31
Figura 16 <i>Suministro de agua y elaboración de dietas</i>	32
Figura 17 <i>Ganancia de peso por dosis de enzima</i>	38
Figura 18 <i>Ganancia de peso por nivel de energía</i>	40
Figura 19 <i>Conversión alimenticia por nivel de energía</i>	42
Figura 20 <i>Concentración de <i>Lactobacillus</i> sp. UFC/g-1 por dosis de enzima y nivel de energía</i>	44
Figura 21 <i>Concentración <i>Escherichia. coli</i> UFC/g⁻¹ por dosis de enzima y nivel de energía</i> .	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Prueba de medias en consumo de alimento para Dosis de enzima: Nivel de energía</i>	61
Anexo 2 <i>Prueba de medias en ganancia de alimento para Dosis de enzima: Nivel de energía</i>	61
Anexo 3 <i>Prueba de medias en conversion alimenticia de alimento para Dosis de enzima: Nivel de energía</i>	62

TITULO: “EVALUACIÓN DE LA ENZIMA ENDO-1,4- β -D-MANNANASA EN LA PRODUCCIÓN DE POLLOS ENGORDE COBB500, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA”

Autor: Silvio Daniel Mediavilla Fuertes

Directora de trabajo de titulación: Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.

Año: 2022

RESUMEN

La soya es la principal fuente de proteína en la nutrición avícola, pero contiene factores que afectan directamente el rendimiento productivo del ave, por lo cual existen alternativas como las enzimas para contrarrestar los efectos de estas sustancias. El propósito de esta investigación fue evaluar la enzima Endo-1,4- β -D-Mannanasa en la producción de pollos engorde Cobb500, donde se determinó el efecto en parámetros zootécnicos, exclusión competitiva de la flora intestinal benéfica *Lactobacillus* sp. frente a enteropatógenos y la relación beneficio costo (B/C) entre tratamientos. El estudio se realizó con 1440 pollos distribuidos en un diseño en bloques completamente al azar (DBCA), en 9 tratamientos con 8 repeticiones y 20 pollos por unidad experimental, durante 42 días. Las dietas alimenticias contenían diferentes niveles de energía (estándar, -44 kcal/kg, -88 kcal/kg alimento) y dosis de enzima β -Mannanasa (0, 0.4, 0.8 kg/t.). Los resultados indican que los niveles de energía, las dosis de enzima y la interacción dosis: nivel, no presentaron significancia en el consumo de alimento (CAI). Para ganancia de peso (GP) las dosis de enzima y nivel de energía presentaron significancia independientemente, teniendo a la dosis 1 y al nivel 1 con mejores (GP), mientras la interacción dosis: nivel, no fue significativa en (GP). Para conversión alimenticia (CA) los niveles de energía presentaron significancia, a menor nivel de energía más alto el índice de (CA), a diferencia la dosis de enzima y la interacción dosis: nivel presentaron un ($p > 0.05$) en (CA). A los 21 días de edad se determinó la exclusión competitiva teniendo diferencia ($p < 0.05$) en la población de *Lactobacillus* sp. y de *Escherichia coli*. entre tratamientos. En conclusión, la disminución de los niveles energéticos afecta directamente a una menor GP y al aumento del índice de CA, las dosis de enzima 0.4 y 0.8kg/t de alimento no mejoraron los parámetros zootécnicos de las aves, mientras que la interacción entre dosis de enzima: nivel de energía ayuda a la exclusión de *Escherichia coli*, pero no a la proliferación de *Lactobacillus* sp.

Palabras claves: Aditivo, polisacáridos no amiláceos, β -manano, flora intestinal.

**EVALUATION OF ENZYME ENDO-1,4- β -D-MANNANASE IN THE
PRODUCTION OF BROILER CHICKENS COBB500, AT THE EXPERIMENTAL
FARM LA PRADERA**

Author: Silvio Daniel Mediavilla Fuertes

Thesis director: Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.

Year: 2022

ABSTRACT

Soy bean is the main source of protein in poultry nutrition, but it contains antinutritional factors that directly affect productive performance. There are alternatives such as enzymes to counter the effects of these substances. The purpose of this research was to evaluate the enzyme Endo-1,4- β -D-Mannanase in the production of Cobb500 broilers. The effect on zootechnical parameters, competitive exclusion of the beneficial intestinal flora *Lactobacillus* sp. against enteropathogens and the cost-benefit ratio (B / C) between treatments was analyzed. The study was carried out with 1440 chickens distributed in a completely randomized block design (DBCA), in 9 treatments with 8 repetitions and 20 animals per experimental unit, during 42 days. The diets contained different energy levels (standard, -44 kcal / kg feed, -88 kcal / kg feed) and doses of β -Mannanase enzyme (0, 0.4, 0.8 kg / t. feed). The results showed that the energy levels, the enzyme doses and the dose: level interaction did not show significance in feed consumption (CAI). For weight gain (GP) the enzyme doses and energy level presented significance independently, with dose 1 and level 1 having better (GP), while the dose: level interaction was not significant in (GP). For feed conversion (CA) the energy levels presented significance, the lower the energy level the higher the index of (CA), unlike the enzyme dose and the dose: level interaction presented a ($p > 0.05$) in (CA). At 21 days of age, competitive exclusion was determined, having a difference ($p < 0.05$) in the population of *Lactobacillus* sp. and *E. coli*. between treatments. In conclusion, the decrease in energy levels directly affects a lower GP and an increase in the CA index, the enzyme doses 0.4 and 0.8 kg / t of feed did not improve the zootechnical parameters of the birds, while the interaction between enzyme doses: energy level helps the exclusion of *E. coli* but not the proliferation of *Lactobacillus* sp.

Key words: Additive, non-starch polysaccharides, β -mannan, intestinal flora.

CAPÍTULO

1.1 Antecedentes

El sector avícola posiblemente es el de mayor crecimiento en comparación con otras producciones animales ya que se encuentra impulsado principalmente por una fuerte demanda del público por los productos avícolas y ha logrado expandirse, consolidarse y globalizarse en los últimos años en países de todos los niveles de ingreso. Los pollos y gallinas representan aproximadamente el 80% de las poblaciones de aves de corral en los países con déficit de alimentos y de bajos ingresos de esta manera contribuye significativamente a la mejora de la nutrición humana mediante el suministro de alimentos (carne y huevos) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2013).

Así mismo el área avícola va creciendo e industrializándose alrededor del mundo debido al gran impulso del crecimiento demográfico, el aumento del poder adquisitivo y los procesos de urbanización como el progreso científico en los métodos de reproducción ha sido primordial para conseguir aves que responden a fines especializados que cada vez son más productivas, también el desarrollo y cambio de las tecnologías de alimentación y sacrificio han mejorado la inocuidad y la eficiencia en la producción de esta especie animal (FAO, 2019).

Navarrete (2020) menciona que en el año 2019 el Ecuador alcanzó una producción aproximada de dos millones de toneladas métricas de balanceado y de 300 millones de pollos con lo que logró abastecer el consumo per cápita de carne de aproximadamente 32 kg por persona en un año. Freire (2019) recalca que el pollo es una fuente de proteína muy importante y de bajo precio por lo que está disponible al alcance de todos los ecuatorianos, de la misma manera menciona que frente al resto de proteína animal (huevos, carnes de cerdo y ganado, leche y pavo), el pollo es el que tiene mayor consumo en el territorio nacional.

Para obtener una crianza eficiente de especies animales se requiere la producción y suministro de alimento balanceado el cuál en el país durante el año 2017 obtuvo una demanda total de 3.2 millones de toneladas métricas, de las cuales el 62 % fueron destinadas al sector avícola. De igual manera en la producción de aves el alimento balanceado formulado tiene como materias primas principales el maíz duro y subproductos de la soya (Freire, 2019).

La harina o torta de soya es la principal fuente de proteína utilizada en la formulación de balanceados y se le incluye hasta en un 25% en las dietas alimenticias para la nutrición de aves (Josse, 2020). El país consume un promedio de 980 mil t/año pero, su gran mayoría es importada de EE.UU., Brasil, Argentina, Paraguay y Bolivia (Josse, 2018).

A pesar de que la soya es la principal fuente de proteína en la formulación de alimentos balanceados para la crianza de pollos presenta limitaciones ya que posee factores anti-nutricionales que dificultan las acciones digestivas del ave (Barragán, 2016).

Dourado et al. (2014) establecen que las sustancias anti-nutricionales presentes en la soya son estructuras compuestas por carbohidratos complejos y están representados en un 29% en forma de PNA (polisacáridos no amídicos), que incluyen celulosa, pectina, hemicelulosa, y (Dierick, 1989) entre ellos hasta 1.3% de β -mananos. Sá et al. (2012) complementan que al

estar presentes afectan directamente la digestibilidad de los nutrientes, y amplían el tiempo de tránsito de los alimentos a través del sistema digestivo lo que provoca la disminución de consumo de alimento. Fernandes (2019) afirma que los β -mananos que se encuentran en los ingredientes de piensos de origen vegetal son PNA lineares que tienen efecto en la alimentación y están conformados por la repetición de β - (1-4) manosa, β - (1-6) galactosa y/o unidades de glucosa incorporadas a la cadena principal del β -manano.

Por esta razón se tiene que mejorar los rendimientos de producción avícola mediante el empleo de aditivos en el alimento balanceado. García y García (2015) dicen que en la actualidad el uso de aditivos en la nutrición animal tiene mucha influencia en el desarrollo zootécnico internacional principalmente los aditivos más investigados y utilizados en la industria pecuaria tenemos los probióticos, prebióticos, fitobióticos, acidificantes, minerales y enzimas.

Prince y Chriystal (2014) establece que las enzimas son catalizadores específicos que cumplen un papel fundamental en diversas reacciones metabólicas dentro del organismo de las aves entre ellas se encuentra la digestión de los alimentos mediante la descomposición de moléculas complejas como las proteínas en péptidos más pequeños para que el ave pueda absorberlas y utilizarlas.

Sá et al. (2012) mencionan que para la degradación de estos factores antinutricionales se han utilizado enzimas exógenas en las dietas de pollo que proporcionan una mejor calidad nutricional de la harina de soya y que la inclusión de estas enzimas en las dietas de aves de corral basadas en harina de soya mejora la digestibilidad de los nutrientes y la energía metabolizable de la dieta debido a la degradación de los polisacáridos y oligosacáridos sin almidón. Caldas et al. (2018) dicen que al incluir enzimas exógenas en la dieta alimenticia de los animales se reduce el costo de producción avícola.

Prince y Chriystal (2014) dice que en el presente las fitasas son las enzimas más comunes y se encargan de descomponer el indigesto fósforo fítico permitiendo la absorción del fósforo, a su vez encontramos otras enzimas que se usan en la formulación de alimento como son las carbohidrasas las cuales actúan sobre PNA o complejos polisacáridos como los β -mananos ayudando a facilitar la digestión de estos antinutrientes.

Una de las enzimas que se usan en la alimentación y que actúa sobre PNA como los β -mananos es la β -mannanasa que al ser suplementada en la dieta alimenticia de pollos podría mejorar el rendimiento, la ganancia de peso corporal, la proporción de conversión alimenticia, la digestibilidad de nutrientes y el peso relativo de la carne de pechuga (Cho y Kim, 2013).

Se han ejecutado estudios con adición de β -mannanasa en la alimentación de aves de corral con la finalidad de calcular sus efectos en la uniformidad de pesos vivos logrando resultados satisfactorios ya que al agregar β -mannanasa a 225 y 400 g/tonelada de alimento se aumentó significativamente el peso de las aves al día 43 de edad en un 4.6 y 8.7 % respectivamente (Martínez et al., 2013).

1.2 Problema de investigación

Los animales monogástricos no pueden producir las cantidades necesarias de enzimas específicas para hidrolizar y digerir los PNA (Brito et al., 2008). Entre el 29% de PNA tenemos a los mananos que se hallan en las paredes celulares de las plantas en formas de galactomananos, glucomananos, glucogalactomananos y glucuronomananos (Åman y Graham, 1990).

Latham et al. (2018) mencionan que los β -mananos presentes en la soya son fibras vegetales que se encuentran en bajas cantidades y los pollos no pueden digerir porque tienen propiedades anti-nutricionales. Hsiao et al. (2006) reportaron niveles de 1.02-1.51 % en harina de soya descascarada.

Chrystal (2014) establece que los β -mananos son conocidos por detener el metabolismo de la glucosa, por aumentar la viscosidad del tracto gastrointestinal (TGI) del ave y disminuir la eficiencia en el uso de nutrientes estos efectos se producen debido a que el sistema inmune confunde a los β -mananos con patógenos invasores los cuales aumentan la fermentación en el intestino delgado debido a que es un excelente sustrato para muchas bacterias patógenas.

Prince (2014) dice que la estructura de los β -mananos es similar a microbios y agentes patógenos a la vez Scapini et al. (2019) mencionan que el sistema inmune puede considerarlos potencialmente perjudiciales y pueden provocar una activación innecesaria y costosa del sistema inmune aumentando el requerimiento de nutrientes y disminuyendo la energía disponible para el crecimiento de las aves, esta activación del sistema inmunológico se ha denominado “respuesta inmunitaria inducida por el alimento” (Feed Induced Immune Response, FIIR).

Prince y Chrystal (2014) indica que la energía requerida para romper el FIIR sería aproximadamente de 110 kcal/kg de la energía metabolizable aparente -EMA- del alimento balanceado, esto es una fracción significativa de energía que se pierde para el aumento de peso y la eficiencia alimenticia. Por otra parte, Prince (2014) manifiesta que el volumen de la respuesta depende de condiciones ambientales como productivas y que es necesario un 3 % de la ingesta de energía metabolizable para romper el FIIR. Fernandes, (2019) en estudios in vitro ha dado a conocer que solo un 0.05 % de β -mananos solubles es suficiente para provocar una respuesta inmune innata fuerte.

1.3 Justificación

Moraes et al. (2010) consideran que el uso de enzimas exógenas en el alimento presenta un potencial para mejorar la eficiencia productiva de las aves debido a la mejora de la digestión de productos considerados de baja calidad como los (PNA). Brufau (2016) indica que la incorporación de los enzimas puede mejorar la productividad con beneficios económicos muy aceptables, además la aplicación de enzimas estimula la reducción del consumo de agua en aves o el incremento de la disponibilidad de fósforo fítico por parte de las fitasas o las carbohidrasas que mejoran el valor nutricional de la harina de soya ya que datos obtenidos en estudios in vitro muestran cómo mejoran la degradación de PNA presentes en esta materia prima.

Estudios anteriores descritos a continuación justifican la importancia del desarrollo de esta investigación. Nagashiro (2008) afirma que se ha reportado que la adición de enzimas con actividad β -mannanasa en la producción de aves ha influenciado en el rendimiento sobre el metabolismo o función inmune de factores involucrados en la respuesta positiva.

Kong et al. (2011) mencionan que obtuvieron un efecto positivo de la β -mannanasa sobre la ganancia de peso corporal de las aves, la aparente materia seca total del tracto y la utilización de energía. Barros et al. (2015) observaron que la β -mannanasa se encarga de reducir la viscosidad intestinal y promover una mejor digestibilidad de los nutrientes.

La adición de β -mannanasa en 0.025 %, 0.05 % y 0.075 % mejoró el aumento de peso 2.86, 4.64 y 3.18 % de 0 a 6 semanas mientras que, el índice de conversión alimenticia para los grupos 0.025 y 0.05 % fue significativamente mejor que el grupo control de 0 a 6 semanas en 2.14 y 5.07 % respectivamente, además los pollos de engorde que recibieron 0.05 % de esta enzima produjeron un mejor aumento de peso y una mejor relación de conversión alimenticia que los otros grupos (Zou et al., 2006).

Riboty (2019) menciona que al usar esta enzima en dosis de 0.2 y 0.4 kg/t no hubo cambios positivos en el rendimiento zootécnico de los pollos por esta razón en el presente estudio se aplicará 0.4 kg/t y 0.8 kg/t para determinar si hay algún cambio en el rendimiento de pollos al aplicar una dosis más alta que la recomendada.

Esta investigación se realiza con la finalidad de mejorar la eficiencia de las aves y contrarrestar los efectos negativos de los elementos antinutricionales que posee la soya en este caso los β -mananos mediante la aplicación de Endo-1,4- β -D-Mannanasa que conllevará a disminuir los efectos negativos y por ende a mejorar los índices productivos de las aves.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la enzima Endo-1,4- β -D-Mannanasa en la producción de pollos engorde Cobb500 en La Granja Experimental La Pradera.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de Endo-1,4- β -D-mannanasa en los parámetros zootécnicos de pollos de engorde.
- Evaluar exclusión competitiva de la flora intestinal benéfica *Lactobacillus* sp. frente a enteropatógenos mediante conteo en laboratorio.
- Analizar la relación beneficio costo de los tratamientos en estudio.

1.5 Hipótesis

- Ho: La adición de la enzima Endo-1,4- β -D-mannanasa en el alimento balanceado de pollos de engorde no presenta influencia en el desempeño productivo de las aves.
- Ha: La adición de la enzima Endo-1,4- β -D-mannanasa en la alimentación de pollos de engorde si influye en el desempeño productivo de las aves.

CAPÍTULO II

2.1 Avicultura en el mundo

El sector avícola cada vez sigue industrializándose y creciendo en todo el mundo es importante destacar los métodos de reproducción que han dado lugar a aves que responden a fines especializados siendo cada vez más productivas. El desarrollo y la transferencia de nuevas tecnologías de alimentación, elaboración y sacrificio han ido mejorando la eficacia e inocuidad favoreciendo así a las unidades de gran escala. Uno de los principales productores a nivel mundial es los Estados Unidos con la mayor producción de carne avícola teniendo un 18 % de producción, mientras que China es el mayor productor de huevos con un 42 % de la producción mundial (FAO, 2020).

2.2 Avicultura en el Ecuador

En 2018 Ecuador produjo un aproximado de 340 millones de pollos con lo que se atendió el consumo per cápita de alrededor de 32 kilogramos por año. Esta cifra es menor a las registradas en Colombia y Perú, países en los que cada año una persona consume: 33 y 47 kilogramos respectivamente, el pollo es la fuente de la proteína más importante y también de bajo precio al alcance de todos los ecuatorianos. Frente al resto de proteína animal (huevos, carnes de cerdo y ganado, leche y pavo) el pollo es el que mayormente se consume en el país. Para la crianza de pollos se requiere de alimento balanceado que tiene como materias primas básicamente el maíz amarillo duro y la pasta de soya (Freire, 2019).

2.3 Línea de pollo Cobb

En el paso del tiempo el desarrollo y especialización que ha tenido el sector avícola se han generado varias líneas comerciales a través de planes de cruzamiento y selección con la finalidad de obtener aves con las características deseadas de producción (Ramos, 2014). Las principales líneas comerciales son: Hubbard, Shaver, Ross, Arbor Acres y Cobb (Zambrano, 2013).

El pollo de engorde Cobb500 se considera como la línea genética más eficiente del mundo por su excelente conversión alimenticia lo que le permite obtener una ventaja competitiva frente a otras líneas de pollos de engorde por su menor costo de producción por kilogramo de peso vivo (Cobb-Vantress, 2022).

Ramos (2014) describe que la línea genética Cobb presenta una alta velocidad de crecimiento, baja conversión alimenticia, facilidad en el manejo y buena adaptabilidad a cambios climáticos, también presenta plumaje blanco y en la actualidad es la línea que más se produce por su alto rendimiento; a continuación, la Figura 1 indica ejemplares de la línea Cobb.

Figura 1

Línea genética Cobb



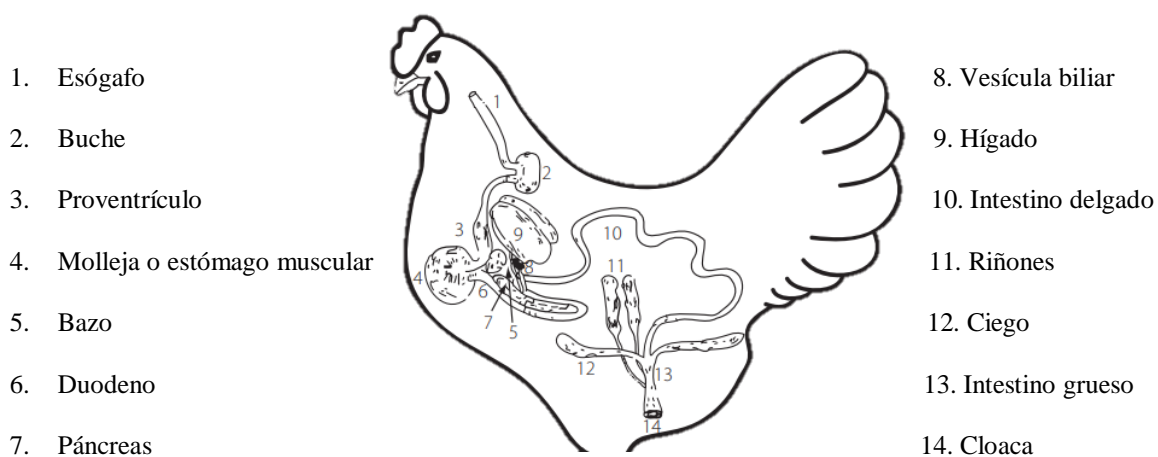
Fuente: Ramos (2014).

2.4 Sistema digestivo de las aves

El aparato digestivo es uno de los principales mediadores con el medio externo del organismo por lo que representa la principal vía de transporte de nutrientes y fármacos (Sumano y Gutiérrez, 2010). Compuesto por órganos y glándulas anexas que efectúan la actividad de digerir los alimentos transformándolos en sustancias nutritivas asimilables para que éstas sean llevadas por la sangre a los tejidos del cuerpo en un tiempo promedio de 12 a 14 horas (Vaca, 1968). El aparato digestivo está conformado por los siguientes órganos como se observa en la Figura 2:

Figura 2

Esquema del aparato digestivo de las aves



Fuente: Sumano y Gutiérrez (2010).

A continuación, se describe cada uno de los órganos que conforman el sistema digestivo:

a. Cavidad bucal

La cavidad está limitada por el pico que forma el techo y la base las aves carecen de dientes y en lugar de ellos poseen vainas corneas junto a la lengua que casi no tiene movilidad y cuya forma depende del pico constituyen la estructura de prensión, selección y deglución de los alimentos (Sumano y Gutiérrez, 2010). No existe separación entre la boca y la faringe en las paredes de la cavidad bucal se encuentran las glándulas salivales que se encargan de producir una secreción mucosa (agua, sialoproteínas, amilasas y lipasas) para lubricar los alimentos consumidos (Nieves, 2015; Sumano y Gutiérrez, 2010).

b. Esófago y buche

El esófago es un tubo hueco amplio y dilatado que va desde la faringe y cumple la función de transportar los alimentos desde la boca hasta llegar al buche que es la porción dilatada de este órgano (Nieves, 2015). El buche sirve como reservorio o depósito del alimento ya que permanece ahí un tiempo donde recibe un mucus segregado que cumple dos funciones: remojo, humectación, maceración de los alimentos y se encarga de regular la cantidad de alimento que pasan al estómago glandular o proventrículo (Sumano y Gutiérrez, 2010).

c. Proventrículo o estómago glandular

Es un órgano fusiforme y poco dilatado situado al final del esófago y se comunica con la molleja por un corto conducto (Nieves, 2015). El proventrículo forma el conducto de tránsito para los alimentos que proceden del buche y parten hacia la molleja, es el lugar donde se secretan jugos gástricos y ácido clorhídrico que durante un tiempo se ponen en contacto con el bolo alimenticio (Sumano y Gutiérrez, 2010; Angulo, 2009).

d. Molleja o estómago muscular

Sumano y Gutiérrez (2010) En la molleja que está ubicada entre el proventrículo y la parte superior del intestino delgado se dan fenómenos de mezcla y molienda de los alimentos debido a las fuertes contracciones de la potente masa muscular de dos paredes capaces de desarrollar contracciones frecuentes que ejercen presión sobre los alimentos preparándolos para la absorción en el intestino delgado.

Aves en libertad suelen beneficiarse del grit insoluble que obtienen del suelo para facilitar la rotura de las estructuras alimenticias, mientras que en explotaciones intensivas donde los componentes del pienso son molidos el agua ingerida facilita la dispersión de los gránulos y migajas (Angulo, 2009).

e. Intestino delgado

Comienza desde la molleja hasta la bifurcación de los ciegos y se encarga de producir secreciones que proporcionan agua, moco, inmunoglobulinas, iones de carbonato y enzimas que permiten diluir el alimento del intestino neutralizando la acidez del mismo, el moco y las inmunoglobulinas (IgA e IgAs) se adhieren a la mucosa intestinal y lo protegen de agentes físicos y bacterias (Angulo, 2009).

Se divide en tres partes: el duodeno que es la porción donde las enzimas del jugo gástrico ejercen la mayor acción, el yeyuno que está formado de diez asas pequeñas y suspendidas del mesenterio y el ileon que es el sitio de absorción de fármacos ubicado en el centro de la cavidad abdominal y desemboca en el intestino grueso (Sumano y Gutiérrez, 2010).

f. Intestino grueso

Marulanda (2017) el intestino grueso tiene poca acción digestiva y es relativamente corto su función principal es de almacén de residuos de la digestión en donde se recupera el agua remanente que estos contienen para ser aprovechada de nuevo por las aves. Angulo (2009) el intestino grueso desemboca en la cloaca que se encarga de eliminar el contenido residual del sistema digestivo (heces) junto a la orina y también se une al final del aparato reproductor de las aves, en la cloaca se diferencian tres zonas: el Protodeo es la zona que se prolapsa y se distinguen los órganos copuladores de los machos, el Coprodeo lugar donde finaliza el aparato digestivo y el Urodeo es el final del aparato genital y urinario.

g. Glándulas anexas: hígado y páncreas

• Hígado

Angulo (2009) es la glándula más grande del cuerpo y cumple diversas funciones que son muy importantes como: secreción de bilis, almacenamiento de vitaminas y glucosa, metabolismo de proteínas, hidratos de carbono y lípidos, producción de proteínas (albumen, protrombina y proteínas de transporte de hormonas, vitaminas), activación de tiroxina e inactivación de hormonas esta glándula está acompañada de la vesícula que cumple como almacenador de la bilis que se está formando continuamente.

• Páncreas

Tiene funciones muy dispares por una parte su función endocrina se encarga de producir hormonas como la insulina, glucagón somastatina y polipéptidos pancreáticos, por otro lado tiene un papel destacado en la digestión ya que en su función exocrina produce enzimas como el tripsinogeno (enzima proteolítica) que es activada en el intestino delgado por la acción de una enzima producida en la mucosa intestinal llamada enteroquinasa, además segrega otras enzimas como nucleasas, lipasas y amilasas (Angulo, 2009).

2.5 Sistema inmune

El organismo ha desarrollado dos maneras de enfrentar a los microorganismos, así el sistema inmune de las aves comprende órganos linfoides y dos tipos de inmunidad: Inmunidad innata (natural o inespecífica) es el sistema de defensa que permite controlar a los agentes patógenos que llegan al organismo constituyendo la primera barrera de defensa las plumas, la piel, la conjuntiva y las membranas mucosas, si el patógeno atraviesa produce una respuesta inflamatoria aguda o temprana en la que actúan componentes celulares y humorales (Perozo, 2015). Mientras que la inmunidad adquirida (adaptativa o específica) se inicia cuando la inmunidad innata no logra detener algún patógeno intervienen las inmunoglobulinas IgA y células con receptores de alta especificidad, los linfocitos B y T se caracteriza por presentar memoria inmunológica la cual evita que el mismo agente infeccioso provoque enfermedad en una segunda infección (Pascual y De Marzi, 2016; Verduzco et al., 2010).

2.5.1 Órganos linfoides

a. Tímos

Órgano que se encuentra a lo largo del nervio vago paralelo a la yugular procede del ectoendodermo y se forma completamente a los 15 días de incubación se encuentra dividido en corteza (rica en linfocitos) y médula es un órgano que posee siete a ocho pares de lóbulos relacionados con la inmunidad celular al llegar la madurez sexual se atrofia al incluirse en la grasa cervical pero aún es funcional (Ocar y Robin, 2008).

b. Bazo

El bazo es un sitio importante de procesamiento de antígenos y producción de anticuerpos en las aves maduras en el embrión en desarrollo en este órgano se producen los granulocitos para luego convertirse en un órgano de defensa se observa a las 48 horas de vida embrionaria como un cúmulo de células mesenquimatosas (Pascual y De Marzi, 2016).

En mamíferos el bazo es conocido como un lugar de reservorio de eritrocitos para una liberación rápida al torrente sanguíneo y como lugar de diferenciación de linfocitos, pero en aves este no es el caso porque el bazo cumple un rol de linfopoyesis embrionaria por lo que aquí es donde van las células B para después colonizar la bolsa de fabricio y madurar (Merino, 2017).

c. Bolsa de Fabricio (BF)

Este órgano linfoide se ubica como un saco ciego en la región dorsal de la cloaca en este sitio se realizan procesos de diferenciación y maduración de los linfocitos B que son las células existentes en la bolsa de las aves (Verduzco et al., 2010). El desarrollo de la BF es a partir del día 4 después entre los días 8 y 14 se presentan las células antecesoras (células madre) de los linfocitos B e involuciona cuando las aves alcanzan la madurez sexual, al nacimiento del pollo la BF está integrada por pliegues que desembocan en un ducto central o bursal el cual beneficia la comunicación directa entre el lumen de la BF y el lumen intestinal lo que permite la captación de antígenos (Gómez et al., 2010).

2.6 Salud e integridad intestinal

La salud intestinal hace referencia al mantenimiento de la estructura y funcionamiento de la integridad intestinal por lo que el ave necesita tener un intestino intacto y funcional para que no afecte la uniformidad de la parvada ya que al tener lesiones intestinales se puede desarrollar deficiencias nutricionales y estrés inmunológico que afecta la productividad de las aves (Alfaro y Briceño, 2013).

Cervantes (2011) asegura que una integridad intestinal saludable es primordial para obtener una óptima absorción de nutrientes, conversión eficiente de alimento y restricción del paso a agentes patógenos. Si la salud del tracto intestinal falla afecta directamente la digestión y absorción de nutrientes comprometiendo la salud, rendimiento y bienestar del ave (Bailey, 2019).

2.7 Causas que influyen en la integridad intestinal

Los problemas intestinales de las aves ocasionan más pérdidas económicas que las que alteran otros sistemas fisiológicos y las pérdidas por mortalidad no son tan significativas como las pérdidas por desempeño productivo de las aves ya que provoca susceptibilidad a otras enfermedades y poca uniformidad en la parvada (Alfaro y Briceño, 2013).

Bailey (2019) menciona que hay una serie de factores que pueden afectar el equilibrio la integridad intestinal entre los que destacan los siguientes Tabla 1:

Tabla 1

Factores que desequilibran la integridad intestinal

Factor	Descripción
Dieta	Cambios de alimento, calidad de materia prima y calidad física del alimento.
Condiciones de crianza	Condiciones óptimas garantizan el desarrollo de microbiota, teniendo mayor capacidad de enfrentar desafíos adversos.
Bioseguridad	Limpieza y desinfección ineficiente expondrán a las aves con patógenos que afectan el desarrollo del tracto intestinal.
Condiciones ambientales	Condiciones adecuadas dan un óptimo desarrollo del tracto digestivo.

Fuente: Bailey (2019).

Rodríguez (2004) el tracto gastrointestinal puede ser afectado en agresiones menores provocando una estimulación de la producción de moco (principalmente agua y glicoproteínas) que constituye la primera barrera de defensa contra estímulos nocivos como hongos, bacterias y la misma auto digestión mientras que, en agresiones mayores las células dañadas dejarán de ejercer sus funciones de absorción o secreción y la reposición de los enterocitos se hará más lenta y costosa cuanto más profunda sea la lesión.

2.8 Microbiota intestinal

La flora intestinal es una diversa población compuesta de hongos, protozoos, virus y de 600 a 800 especies de bacterias la cantidad y diversidad de estos organismos varían a lo largo del tracto gastrointestinal y se ha demostrado que los animales con una microbiota intestinal bien equilibrada son más resistentes a enfermedades y tienen tejidos inmunes bien desarrollados (Bailey, 2013). La comunidad bacteriana en el intestino delgado está conformada principalmente por *Lactobacillus*, *Enterococos*, *E coli*, *Clostridios*, *Eubacterias*, *Propionibacterias* y *Fusobacterias* (Bailey, 2019).

2.8.1 *Lactobacillus*

Las bacterias lácticas son microorganismos de diversos géneros con características morfológicas, metabólicas y fisiológicas en común y pueden crecer en pH bajos 3.2 y altos 9.6 siendo el pH óptimo 4 - 4.5, las *Lactobacillus* producen ácidos orgánicos para facilitar la fermentación de los carbohidratos lo que les permite sobrevivir en condiciones donde no pueden habitar otras bacterias (Ramírez et al., 2011).

La función principal es la formación de ácidos orgánicos como el ácido láctico que se obtiene a través de la fermentación de la lactosa ayudando a mejorar la calidad de los quesos, yogurt, embutidos y lo más importante es que inhiben el desarrollo y reproducción de enterobacterias en la flora intestinal (Parra, 2010).

2.8.2 *Escherichia coli*

Hernández et al. (2017) dicen que la *Escherichia coli* es una de las especies de entero bacterias que predominan en la microbiota de las aves que provocan pérdidas a nivel mundial en la avicultura al disminuir el de peso, la producción de huevo, mayores índices de conversión y sobre todo los elevados costos de los tratamientos causados por esta bacteria. Durairaj y Clark (2007) describen que al desequilibrar la microbiota intestinal *E. coli* puede provocar infecciones en donde las aves presentan diarrea aumentando la humedad de la cama y facilitando la infección al resto de la parvada. Rondón y Laurencio (2008) mencionan que las enterobacterias causan diversas enfermedades que provocan importantes pérdidas económicas no por la mortalidad de las aves sino por la disminución de la eficiencia productiva de los animales.

2.9 Exclusión competitiva

La exclusión competitiva se define como la incapacidad que tiene una especie para asentarse en un ecosistema debido a la presencia de otra que habita en el mismo nicho (Molfese, 2020). En términos veterinarios la exclusión competitiva hace referencia al efecto protector de la flora bacteriana benéfica en el intestino de las aves evitando la colonización por bacterias patógenas por lo que estas luchan constantemente por espacio y nutrientes para sobrevivir y a pesar de que comparten el microambiente tienen requerimientos diferentes por lo que la dieta de las aves influye sobre el desarrollo bacteriano y la disminución de cepas patógenas (Bailey, 2019; Sumano y Gutiérrez, 2010).

2.10 Nutrición y alimentación

La nutrición es la variable de mayor impacto en la productividad, la rentabilidad y el bienestar del pollo de engorde por lo que hay que suministrarle los contenidos nutricionales esperados, alimento de excelente calidad (energía, proteína, aminoácidos, minerales y vitaminas) y económicamente rentable para la producción ya que la dieta es un componente muy importante del costo total de producción del pollo de engorde (González, 2018).

La disponibilidad y el bajo precio de los piensos de alta calidad es fundamental para alcanzar un máximo rendimiento en la producción intensiva de aves es por eso que los avances en nutrición de aves se han enfocado en: lograr una mayor comprensión del metabolismo y necesidades de los nutrientes, determinar la disponibilidad de nutrientes en los ingredientes de

los alimentos, formular dietas de bajo costo que cubran necesidades nutricionales a partir de: granos y subproductos de cereales, grasas, fuentes de proteínas vegetales, suplementos vitamínicos y de minerales, aminoácidos y aditivos para alimentos (FAO, 2020).

2.11 Soya en nutrición avícola

El uso de la soya (*Glycine max*) en la alimentación animal ha abierto un amplio panorama a la industria de concentrados al permitir la formulación de dietas con una excelente concentración y disponibilidad de energía, aminoácidos y ácidos grasos esenciales además por su contenido de grasas 1.95 % y proteínas 45 - 48 % (Rostagno et al., 2018). La soya se presenta como una valiosa materia prima para su utilización en la industria destacándose la extracción de aceites y la formulación de alimentos balanceados para animales siendo parte en un 25 - 30 % de las dietas logrando satisfacer las necesidades nutricionales de las líneas modernas de aves que exigen raciones de alta calidad nutricional y sanitaria, así como de una elevada densidad energética y proteica (Garzón, 2010).

2.12 Factores antinutricionales o antinutrientes

El término antinutriente hace referencia a los compuestos que alteran el valor nutricional de algunos alimentos pues dificultan o impiden la asimilación de nutrientes de alimentos provenientes generalmente de origen vegetal (proteínas y minerales) estos factores pueden llegar a ser tóxicos o causar efectos fisiológicos como: distensión estomacal, afectaciones pancreáticas, aglutinación de glóbulos rojos, disminución en la asimilación de nutrientes, entre otros (Elizalde et al., 2009). Los factores antinutricionales son sustancias no fibrosas generadas por el metabolismo secundario de las plantas como mecanismo de defensa a situaciones ambientales estresantes o contra el ataque de fitopatógenos, bacterias, herbívoros, insectos y aves (Cano, 2018).

Los antinutrientes presentes en las materias primas pueden clasificarse como: termolábiles a los cuáles hay que realizar tratamientos térmicos que reducen su presentación como en el caso de la soja y termoestables en los que hay que optar por otros tratamientos como: hidrólisis, fermentación, enzimas, detoxificación y germinación ya que los tratamientos térmicos no hacen efecto (Cano, 2018).

La soya presenta sustancias antinutricionales, donde podemos determinar los siguientes:

Inhibidor de tripsina, limita la digestión de la fracción proteica de la soya aumenta el tamaño del páncreas (50 % - 100 %) de los pollos y produce problemas de tránsito rápido como las lectinas que se adhieren a las mucosas de la pared intestinal, ocasionando la reducción del área de absorción y pérdida de crecimiento en los animales: saponinas son glucósidos que dan un sabor amargo a la soya y presentan un cierto efecto hemolítico: oligosacáridos producen una reducción de la energía metabolizable de la digestibilidad de fibra y un incremento en la velocidad de tránsito intestinal y los agentes alergénicos que producen reacciones inflamatorias en el intestino alterando su morfología y reducen la digestibilidad de los nutrientes (Barragán, 2016).

Los factores antinutricionales presentes en la soya también se clasifican como termolábiles y termo-resistentes como lo muestra la Tabla 2.

Tabla 2*Clasificación factores antinutricionales presentes en la soya*

Termolábiles	Termorresistentes
Pepsina	Saponina
Lectina	Fitato
Lipoxidas	Oligosacárido
Factores antivitaminicos	Polisacáridos no amiláceos (PNA)

Fuente: Barragán (2016).

2.12.1 Agentes alergénicos

Elizalde et al. (2009) mencionan que estos agentes se encuentran en leguminosas como la soya y luego de ser absorbidas el sistema inmunológico las reconoce como extrañas produciendo anticuerpos para eliminarlas (respuesta inmune humoral) ya que son capaces de dañar la mucosa intestinal y alterar negativamente la función inmune junto con una reducción de la digestibilidad de la proteína, anomalías intestinales, baja absorción de nutrientes, susceptibilidad a diarreas, pérdidas de peso y se caracterizan por su resistencia a los procesos térmicos y al ataque enzimático que tiene en el sistema digestivo. Barragán (2016) informa que entre las sustancias consideradas como agentes alergénicos presentes en la soya tenemos la glicina, conglicina y los mananos (galactomananos, β -mananos) que pertenecen a los polisacáridos no amiláceos.

2.12.2 Carbohidratos o Polisacáridos no amiláceos o no almidones (PNA)

Zambrano, (2013) menciona que los polisacáridos son polímeros monosacáridos unidos por medio de enlaces glucosídicos, uno de estos polisacáridos son los PNA que son azúcares complejos de alto peso molecular que no son digeribles para los monogástricos y se encuentran presentes en las paredes celulares de los granos de algunas materias primas. Rehman et al. (2016) comunican que los PNA se encuentran presentes en la harina de soya en 29 % y en el maíz 9 %.

Más del 80 % de la alimentación proviene de la mezcla de ingredientes que aportan las especies de origen vegetal (Rehman et al., 2016). Los cereales y leguminosas como la soya contienen polisacáridos no amiláceos en su pared celular como: celulosa, hemicelulosa, pentosas y oligosacáridos como los manano-oligosacáridos (Rehman et al., 2016; Zambrano, 2013). Así mismo Rodríguez (2016) explica que los PNA son carbohidratos estructurales que tienen la función de almacenamiento de energía en la planta y sus azúcares están unidos por enlaces “ β ”.

2.12.3 β -mananos

Los β -mananos son PNA que se encuentran presentes en la pared celular vegetal en forma de glucomanano, galactomanano, glucogalactomanano y glucurono-mananos además, los β -mananos tienen la facilidad de unirse a las moléculas de agua en grandes cantidades lo que produce un aumento de la viscosidad de la digesta y menciona que la presencia de β -

mananos en la alimentación reduce la energía metabolizable, la retención de nitrógeno y aumenta la producción de heces en las aves (Rehman et al., 2016).

A continuación, la Tabla 3 indica el nivel estimado de β -mananos en algunas materias primas (sustancia seca).

Tabla 3

Contenido de β -mananos en varias materias primas

Ingrediente	Contenido basado en manosa (% en sustancia seca)
Cascarilla de soya	6-10
Soya de 44%	1.5 a 1.8
Soya de 48%	1 a 1.5
Girasol 34%	1 a 1.2
Harina de colza (canola)	0.57
Guisantes	0.39
Cebada	0.49
Trigo	0.1
Maíz	0.09

Fuente: Barragán (2016).

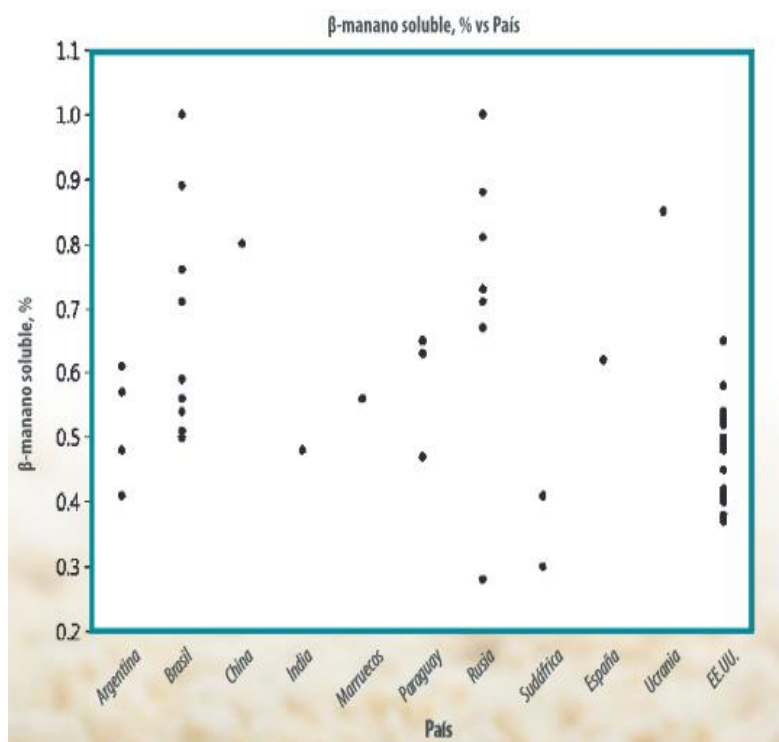
Así mismo, Fernandes (2019) reafirma que los β -mananos son altamente viscosos, solubles en agua, resistentes al calor y resisten a todos los procedimientos de secado y proceso térmico en la elaboración de los piensos como tostado y peletización además, estos compuestos son semejantes a estructuras moleculares de microorganismos patógenos y pueden causar una respuesta inmune innata que desvía y desperdicia nutrientes que podrían ser utilizados para el crecimiento y la producción.

El contenido estimado de β -mananos solubles presentes en las dietas comunes para pollos de engorde varía de acuerdo a la composición del alimento: desde 0.25 – 0.36 % para dietas de inicio y para dietas de acabado desde 0.24 – 0.35 % varios factores dificultan la estimación del contenido de β -mananos necesarios para causar inflamación intestinal y reducir el rendimiento del animal sin embargo en estudios in vitro se ha dado a conocer que solo un 0.05 % de β -mananos solubles es suficiente para provocar una respuesta inmune innata fuerte (Fernandes, 2019).

La Figura 3 indica el contenido en % de β -mananos en la harina de soya que proviene de diferentes países del mundo, donde se encontraron contenidos entre el 0.2 a 1 %.

Figura 3

% de β -mananos en harina de soya de diferentes países.



Fuente: Fernández (2019)

2.13 Enzimas

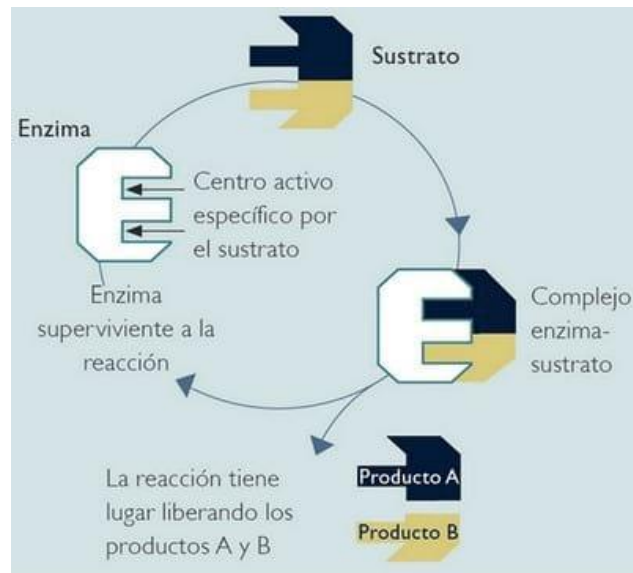
Las enzimas son catalizadores biológicos de origen orgánico con estructura proteica tridimensional que cumplen funciones específicas de sustrato y existen otras que actúan sobre varios sustratos y catalizan diversos tipos de reacciones provocando una alteración química mediante interacciones geométrica y físicamente complementarias (Rodríguez, 2016).

2.13.1 Funcionamiento de las enzimas

Una región específica de la enzima, que es el centro activo se adapta a determinados sustratos y se une a uno o más sustratos específicos por medio de este centro activo que presenta la enzima. La enzima y sustrato forman un complejo "enzima-sustrato" que llega a debilitar algunos de los enlaces del sustrato y este efecto dará lugar a la formación de diferentes moléculas en donde la enzima se llega a liberar y de esta manera retoma su forma original quedando libre y disponible para volver a trabajar (Bavera, 2014). La Figura 4 indica el modo de acción de las enzimas.

Figura 4

Trabajo de las enzimas sobre el sustrato



Fuente: (Bavera, 2014).

2.13.2 Enzimas en nutrición animal

En nutrición animal se utilizan enzimas hidrolíticas que apresuran o hacen posible la hidrólisis de un sustrato en uno o más productos esto se ha venido utilizando con la finalidad de incrementar la disponibilidad de nutrientes que no serían aprovechados por el animal sino excretados lo que termina en la necesidad de aumentar la inclusión de estos nutrientes en la dieta (Tedeschi dos Santos, 2019).

De la misma manera Pascual y López (2016) dicen que las enzimas que se incluyen en los piensos de los animales son con la finalidad de mejorar la disponibilidad de los nutrientes que no pueden ser digeridos para obtener una mejora en el valor nutritivo de las materias primas a la vez el rendimiento de los animales a través de una mejora del índice de conversión y una reducción del precio del pienso.

2.13.3 Enzimas de producción avícola

Martínez y Sanz (2012) el sistema digestivo de las aves de alta producción es limitado y no es capaz de asimilar todos los nutrientes además los “factores antinutricionales” que contienen las materias primas también impiden el total aprovechamiento de nutrientes ocasionando la pérdida del valor nutricional de la dieta por esta razón el desarrollo de enzimas para el uso en alimentación animal es uno de los mayores avances tecnológicos que empezaron a experimentarse hace años, pero en la década de los 90 empezaron a utilizarse de forma generalizada para la alimentación aviar y las primeras fueron las carbohidrasas. Sumano y Gutiérrez (2010) afirman que las enzimas facilitan la digestión y absorción de los alimentos al provocar la adecuada degradación de nutrientes.

Brufau (2014) a reportado diversas fuentes de extracción de enzimas en donde la mayoría son producidas a partir de hongos como *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Penicillium*, de bacterias como *Streptomyces*, *Bacillus* y también existen enzimas extraídas de tejidos de animales o plantas.

Prince (2014) refiere que al incluir las enzimas en la alimentación se logra reducir los costos de producción ya que se permite que el ave utilice de manera más eficiente los nutrientes que aporta la dieta balanceada y la vez se evita reacciones fisiológicas negativas a los complejos no digeribles. Actualmente se considera que las enzimas en producción de pollos de engorde, reproductoras y ponedoras comerciales alcanzan casi la totalidad de la producción de alimentos los cuales probablemente utilizan no solamente una enzima sino una combinación enzimática las enzimas más utilizadas son probablemente las fitasas, seguido de las carbohidrasas y por último las proteasas (Tedeschi dos Santos, 2019).

2.13.4 Beneficios de las enzimas en avicultura

Los autores Jaramillo et al. (2018) y Rodríguez (2016) mencionan que la aplicación de enzimas en alimentos para producción de animales tiene las siguientes ventajas:

- Remover o destruir factores anti-nutritivos en raciones para monogástricos.
- Aumentar la digestibilidad de polisacáridos no amiláceos (PNA) ya que los monogástricos carecen de la capacidad para digerir estos carbohidratos de este tipo por lo que cuando se adicionan las enzimas necesarias los componentes monosacáridos se pueden absorber y utilizar.
- Complementar la adición de las enzimas endógenas producidas por el animal especialmente en aves jóvenes cuando el sistema enzimático aún no se desarrolla completamente hay deficiencia de algunas enzimas.
- Reducir el impacto contaminante de las heces de los animales en el ambiente.
- Modificar la microbiota intestinal favoreciendo a especies benéficas lo que optimiza la salud intestinal mejorando la morfología del intestino y su integridad lo que resulta en una mejor digestión y absorción de nutrientes.
- Aumenta la flexibilidad de utilización de materias primas alternativas pudiendo ayudar a incluir ingredientes de baja digestibilidad y disminuir los costos de las dietas.
- En ingredientes que son de baja calidad la respuesta de la enzima será más evidente
- Mejora la calidad de la cama y bienestar animal ya que reducen la humedad de las heces disminuyendo problemas de patas, pechugas quemadas y corvejones quemados.

2.13.5 Clasificación, función y sustratos sobre los que actúan las enzimas

A continuación, la Tabla 4 indica la clasificación y respectiva función que cumplen las enzimas en la digestión de los animales, también se observa en la Figura 5 los sustratos que componen las materias primas y las enzimas que actúan sobre ellos.

Tabla 4

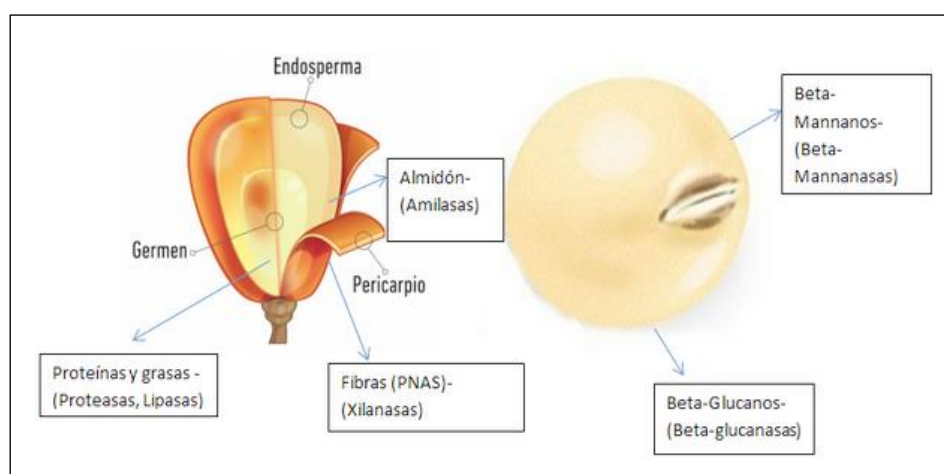
Enzimas y la función que cumplen en el proceso digestivo de las aves

Enzimas	Función
Carbohidrasas	
Xilanasas	Mejora la digestión de los arabinoxilanos
β -Glucanasas, Pectinasas	Mejora la digestión de los β -glucanos y Pectinas
Amilasa	Mejora la digestión del almidón
β -mananasa	Mejora la digestión de los β -mananos
Fitasas	Mejora la digestión del fitato
Proteasas	Mejora la digestión de la proteína
Lipasas	Mejora la digestión de las grasas

Fuente: Paulino (2018)

Figura 5

Sustratos presentes en materias primas y enzimas que actúan en ellos



Fuente: Paulino (2018).

2.14 Carbohidrasas

Son enzimas empleadas en la alimentación de las aves para disminuir el efecto antinutricional de los cereales y leguminosas que impiden que ciertos nutrientes (energéticos y proteicos) puedan ser aprovechados. Las carbohidrasas mejoran la digestibilidad de los polisacáridos no amiláceos (PNA) al romper la pared celular de los mismos permitiendo la liberación de nutrientes no “disponibles” o digeribles para las aves haciendo que estos se puedan asimilar en el intestino además permiten que otras enzimas endógenas o suplementadas aprovechen los nutrientes consiguiendo una doble acción enzimática (Martínez y Sanz, 2012).

Rodríguez (2016) las enzimas que actúan sobre los PNA mejoran el rendimiento productivo debido a su correcta digestión en el tracto gastrointestinal, trabajan cortando los

PNA en el proventrículo y continúan el proceso en el intestino delgado en donde el animal aprovecha los nutrientes que fueron liberados. Estas enzimas cortan los enlaces “ β ” y permiten el acceso de enzimas endógenas a los nutrientes aumentando la digestión endógena y absorción de nutrientes.

Martínez y Sanz (2012) explican que la aplicación de enzimas para mejorar la digestibilidad de PNA tiene un efecto directo sobre la disponibilidad de nutrientes por lo que es conveniente ajustar los niveles nutricionales para equilibrar los nutrientes de la fórmula.

2.14.1 Enzimas endo 1,4 β -mannanasa

Los organismos de los animales pueden producir únicamente enzimas dirigidas a enlaces “ α ” razón por la cual se requieren de enzimas que actúen sobre los enlaces “ β ” (Rodríguez, 2016). Las 1,4 β -mannanasas son enzimas que se dividen aleatoriamente dentro de la cadena de mananos 1,4 -d de glucomananos y galactomananos. Las mananasas están elaboradas por un compendio de microorganismos en gran parte aislados de los entornos naturales se sabe que una gran variedad de bacterias y levaduras son degradadores de manano algunas de las cuales se explotan comercialmente como cepas recombinantes son: *Pichia pastoris*, *Aspergillus sulphureus* *Bacillus subtilis*, *Bacillus lentus* (Li et al., 2010).

Por fermentación de *Bacillus lentus* se obtiene la enzima β -mananasa que es responsable de la hidrólisis de los β -mananos favoreciendo la viscosidad intestinal, la digestibilidad de los nutrientes y actuando sobre agentes patógenos así mismo, la suplementación con endocarbohidrasa β -1,4-mananasa puede atenuar la respuesta inmune de los pollos de engorde causada por la producción reducida de inmunoglobulinas (Ig) y leucocitos debido a que los mananos presentes en el alimento estimulan el sistema inmunológico (Genedy et al., 2018).

De la misma manera Ferreira et al. (2016) reafirman que la endocarbohidrasa β -1,4-mannanasa corta al azar los enlaces 1,4- β -glucosídicos del manano principal, galactomanano, glucomanano y galac-toglucomanano. El uso de β -mannanasa en las dietas de engorde es beneficioso porque hidroliza cierta clase de PNA lo que reduce la viscosidad en el ambiente intestinal, ayuda a una menor retención de agua de la desagregación de carbohidratos y aumenta la disponibilidad de carbohidratos que son absorbidos y utilizados por los animales.

CAPÍTULO III

3.1 Caracterización del área de estudio

El lugar establecido para la presente investigación es el galpón avícola de la Granja Experimental La Pradera en conjunto con la empresa integración avícola ORO S.A., ubicado en la provincia de Imbabura específicamente en la parroquia San José de Chaltura. Esta parroquia tiene las siguientes coordenadas $0^{\circ} 21' 32,37''$ de latitud Sur y $78^{\circ} 12' 14,95''$ de longitud Oeste, a una altura de 2267 m s.n.m., presenta una temperatura de $14 - 16^{\circ}\text{C}$ y una precipitación anual media de 500 - 750 mm.

La empresa integración avícola ORO S.A. es una entidad que se dedica a la producción de especies zootécnicas como es: pollos de engorde, gallinas reproductoras, gallinas ponedoras, pavos, cerdos y ganado bovino, además de esto la empresa se encarga de producir su propio alimento y entregan su producto (carne, huevos, embutidos) directamente al consumidor final.

En la Figura 6 se muestra el mapa de la localidad donde se realizó la investigación.

Figura 6

Ubicación del área de estudio



3.2 Materiales

A continuación, en la Tabla 5 se detallan los materiales que fueron usados en el desarrollo de la investigación.

Tabla 5

Materiales, equipos, insumos y herramientas

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Cascarilla de arroz	Calentadoras	Agua	Escoba
Gavetas	Comederos	Detergente	Rastrillo
	Bebederos de campana	Balanceado	Manguera
Papel periódico	Balanza	Vacunas (Newcastle + Bronquitis infecciosa)	
Cajas Petri	Bomba de fumigar	Enzima (β -mannanasa)	
Placas Petrifilm (<i>E. coli</i>)	Tanque de gas	Reactivos (Lactobacilli MRS Broth, Agar bacteriological)	
Guantes quirúrgicos	Equipo de cirugía menor	Yodo	
Fundas al vacío	Cooler	Espectorante	
Hielo		Alcohol	

3.3 Métodos

El desarrollo de esta investigación consta de una fase de campo en donde se evaluó el efecto de la aplicación de enzimas digestivas que actúan en la degradación de PNA (polisacáridos no amiláceos) como son los β -mananos.

3.3.1 Factores en estudio

En la presente investigación se estableció los siguientes factores:

- **FACTOR A:** Dosis de enzima endo 1,4 β -mannanasa en el rendimiento de pollos mixtos de engorde Cobb500
Dosis 1: 0 kg β -mannanasa/t de alimento
Dosis 2: 0.4 kg β -mannanasa /t de alimento
Dosis 3: 0.8 kg β -mannanasa /t de alimento
- **FACTOR B:** Niveles de energía
Nivel 1: Estándar
Nivel 2: Estándar -44 kcal/kg de alimento

Nivel 3: Estándar -88 kcal/kg de alimento

El producto utilizado en la investigación se obtiene a partir de la fermentación de *Bacillus lentus* y tiene una concentración de β -mannanasa de 160 MU/kg.

La mezcla de las dosis de la enzima con el alimento se realizó en una mezcladora de 100 kg, las cantidades de enzima establecidas en la inclusión del alimento (0.4 y 0.8 kg/t) se mezclaron homogéneamente, por lo que estas cantidades de aditivos son normales para poder mezclar y no ha existido inconveniente en las formulaciones incluso otros aditivos diferentes a las enzimas se aplican en menor cantidad 0.15 kg/t de alimento.

3.3.2 Tratamientos

La Tabla 6 detalla la interacción de los factores establecidos que se trabajaron en el presente estudio.

Tabla 6

Tratamientos que resultan de la interacción entre los factores en estudio

Tratamientos	Descripción	Código
T1	Dieta estándar + dosis 1 (0 kg/t)	D1
T2	Dieta estándar + dosis 2 (0.4 kg/t)	D2
T3	Dieta estándar + dosis 3 (0.8 kg/t)	D3
T4	Dieta estándar -44 kcal/kg + dosis 1 (0 kg/t)	D1-44
T5	Dieta estándar -44 kcal/kg + dosis 2 (0.4 kg/t)	D2-44
T6	Dieta estándar -44 kcal/kg + dosis 3 (0.8 kg/t)	D3-44
T7	Dieta estándar -88 kcal/kg + dosis 1 (0 kg/t)	D1-88
T8	Dieta estándar -88 kcal/kg + dosis 2 (0.4 kg/t)	D2-88
T9	Dieta estándar -88 kcal/kg + dosis 3 (0.8 kg/t)	D3-88

3.3.3 Diseño experimental

Para realizar esta investigación se aplicó un DBCA, diseño por Bloques Completos al Azar con 8 bloques. A continuación, la Figura 7 ilustra el esquema del diseño experimental planteado para el estudio.

Figura 7*Esquema del diseño experimental*

B1	B3	B5	B7
D1-44	D3-88	D1-44	D1
D3-88	D3-44	D1-88	D2-88
D1	D2-88	D3-44	D1-88
D3	D1-88	D2	D2
D1-88	D2	D1	D3
D3-44	D1-44	D3-88	D3-44
D2	D1	D2-44	D2-44
D2-44	D2-44	D3	D3-88
D2-88	D3	D2-88	D1-44
D1	D2-88	D3-88	D1-88
D2-44	D3-88	D2	D2-44
D2	D3	D1-44	D3
D3	D1	D2-44	D2
D2-88	D2-44	D3-44	D1-44
D1-44	D3-44	D1	D3-44
D3-44	D2	D1-88	D2-88
D1-88	D1-44	D3	D3-88
D3-88	D1-88	D2-88	D1
B2	B4	B6	B8

3.3.4 Características del experimento

- Factor en estudio/tratamiento: 9
- Bloques: 8
- Número de unidades experimentales: 72
- Área total del ensayo: 115.2 m²

3.3.5 Características de la unidad experimental

La investigación estuvo compuesta por 72 unidades experimentales, cada unidad experimental comprendió una jaula que tuvo a 20 pollos mixtos de la línea genética Cobb500. En la Tabla 7 expuesta a continuación se describe la unidad experimental.

Tabla 7*Características de la unidad experimental*

Datos	Medidas (m)
-------	-------------

Largo	1.60
Ancho	1.00
Altura	0.70

3.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el software Infostat versión 2020. La Tabla 8 indica el análisis de varianza (ADEVA) empleado en el experimento.

Tabla 8

Análisis de varianza (ADEVA)

Fuentes de Variación	gl
Dosis de enzima	2
Niveles de energía	2
Dosis x nivel de energía	4
Bloques	7
Error	56
Total	71

3.5 Variables evaluadas

A continuación, se describen las variables evaluadas en esta investigación de pollos de engorde Cobb500.

3.5.1 Parámetros zootécnicos

Los parámetros zootécnicos que se evaluaron en esta investigación son: consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia.

3.5.1.1 Consumo de alimento.

Se mantuvo un registro de la cantidad del alimento suministrado diariamente y en cada cambio de alimento se registró el balanceado sobrante (Figura 8). Posteriormente al finalizar la crianza se calculó el consumo de cada unidad experimental a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo de alimento} = \text{Alimento suministrado} - \text{Alimento sobrante}$$

Figura 8

Consumo de alimento de las aves



Nota. (A) Pesaje alimento, (B) Consumo alimento aves

3.5.1.2 Ganancia de peso

La ganancia de peso de cada tratamiento se determinó a partir de la toma del peso inicial al primer día y del peso final a los 42 días de todos los pollos de cada unidad experimental. Para el cálculo de esta variable se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Ganancia de peso} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

3.5.1.3 Conversión alimenticia

Para la conversión alimenticia se determinó en cada una de las unidades experimentales con la ayuda de los datos del consumo de alimento y el incremento de peso en gramos, utilizando la siguiente fórmula:

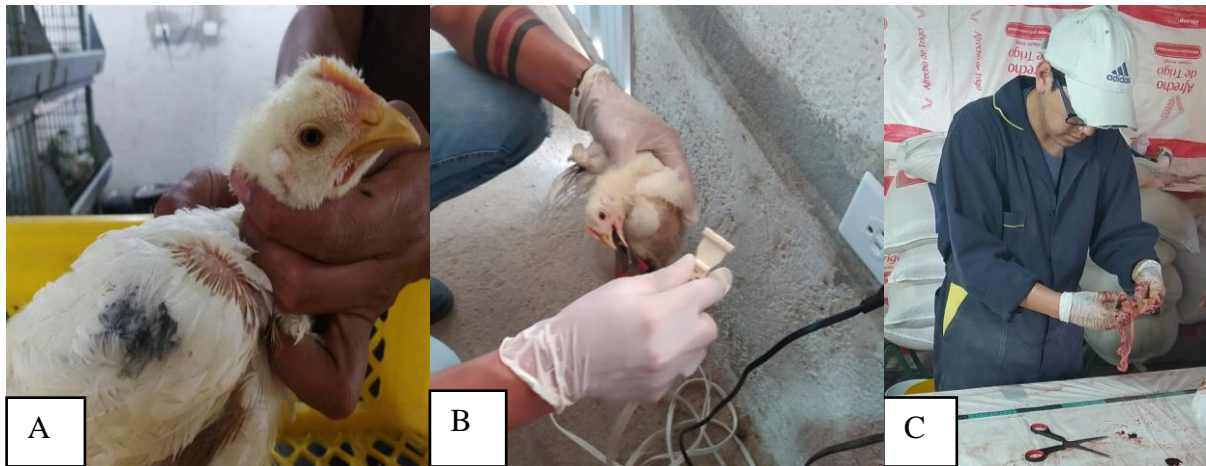
$$\text{Conversión Alimenticia (CA)} = \frac{\text{Consumo alimento}}{\text{Ganancia de peso}}$$

3.5.2 Prevalencia de *Lactobacillus* y *E. coli* en la flora intestinal

Se tomó una muestra de 10 g de intestino delgado a los 21 días de edad de las aves, como se puede ver en la Figura 9 para lo cual se seleccionó un ave macho de las unidades experimentales evaluadas y se sacrificó mediante un choque eléctrico.

Figura 9

Proceso para la toma de muestra



Nota. (A) Selección del ave, (B) Sacrificio (C) Obtención de muestra intestinal.

En la Figura 10 indica que las muestras fueron almacenadas en fundas al vacío e inmediatamente llevadas al laboratorio para realizar los respectivos análisis que constan de hacer un cultivo de las muestras en placas petrifilm para la demostración y aislamiento de entero bacterias patógenas (*E. coli.*) y aislamiento de organismos benéficos *Lactobacillus* sp., para finalmente realizar un conteo de unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g) y determinar si hubo más prevalencia de organismos benéficos o patógenos.

Figura 10

Toma y almacenamiento de muestra intestinal



Nota. (A) Almacenamiento de la muestra y (B) Muestra para ser analizada.

a. Recuento de *E. coli*

Se realizó un cultivo en placas petrifilm las cuales funcionan sin necesidad de estar preparando un caldo nutritivo para los microorganismos ya que viene lista con un medio de

cultivo para un microorganismo específico en este caso la bacteria *E. coli*. Una vez que se tuvieron las muestras en el laboratorio se procedió a tomar una muestra de diez gramos de intestino para realizar las diluciones adecuadas, seguido de esto se inocula 1 ml de la dilución de la muestra en la placa petrifilm, después se incubó durante 48 h a una temperatura de 35 °C y finalmente se realizó el conteo de las colonias azules que son las que pertenecen a *E. coli*.

b. Recuento de *Lactobacillus sp.*

Para preparar el medio de cultivo de *Lactobacillus sp.* se llevó a cabo el siguiente proceso: Se añadió 55 g de Agar bacteriológico a un litro de agua destilada, esta mezcla se hizo hervir por un minuto, posteriormente se esterilizó en el autoclave a 121 °C durante 15 minutos y se dejó enfriar a 45 °C para ubicar en la caja petri, después se vertió 1 ml de las muestras del intestino para incubar las placas a 35 °C durante 3 días en un ambiente aeróbico y finalmente se realizó el conteo de *Lactobacillus sp.*

3.5.3 Beneficio costo (B/C)

Para calcular la relación B/C se tomó en cuenta la suma de todos los ingresos por ventas y se dividió para la suma de los costos de producción por tratamiento. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Beneficio/costo} = \frac{\Sigma \text{ total de ingresos}}{\Sigma \text{ total de egresos}}$$

3.6 Manejo del experimento

En este apartado se detalla las actividades y manejo técnico del experimento llevado a cabo durante la fase de campo.

3.6.1 Limpieza y preparación de instalaciones para el experimento

- Primeramente, se realizó una limpieza de la parte interna y externa de todo el galpón eliminando residuos de lotes anteriores.
- A continuación, se desinfectó por primera vez las cortinas con amonio cuaternario por aspersión.
- Después se lavó con detergentes y se aplicó una segunda desinfección con amonio cuaternario en el piso, paredes y cortinas.
- Seguidamente se hizo la limpieza, lavado y desinfección de equipos (comederos, bebederos, criadoras).
- Se colocó cascarilla de arroz en todas las unidades experimentales con un espesor no menos de 10 cm, esta cama sirvió para toda la crianza de las aves.
- Se puso papel periódico en cada una de las unidades experimentales, esto servirá para los primeros días de vida del pollito.
- En cada unidad experimental se ubicó un comedero de tolva y un bebedero de campana. Además, se colocó las criadoras estratégicamente en todo el galpón para crear el ambiente adecuado y homogéneo para la crianza de las aves.
- Se cerró el galpón con cortinas externas e internas para dar el ambiente requerido por los pollos de engorde.

- Por última vez se desinfectó mediante aspersión con amonio cuaternario todo el galpón incluido las camas y equipos que son utilizados para el desarrollo de esta investigación.
- Finalmente, cinco horas antes de la llegada de los pollitos se realizó un precalentamiento de la cama con el fin de obtener las condiciones necesarias de temperatura inicial de los pollitos que es de 33 °C.

La Figura 11 presentada a continuación muestra el aspecto del galpón después de realizar las actividades detalladas anteriormente.

Figura 11

Galpón preparado para la crianza de las aves.



3.6.2 Recepción de pollitos

Se recibió 1440 pollitos mixtos y se ubicó 20 aves en cada unidad experimental. Los pollitos llegaron con la identificación del n° de lote de reproductoras que es el 140. La Figura 12 indica cómo se procedió a la revisión, clasificación de 20 pollitos. Además, se tomó el registro del peso inicial y finalmente los pollitos fueron distribuidos en la unidad experimental correspondiente.

La diferencia de peso entre cada tratamiento del mismo bloque fue de diez gramos por ejemplo el tratamiento D1 del bloque uno dio un peso de 1040 g y los siguientes tratamientos del mismo bloque no tuvieron una diferencia de más de diez gramos. Se tomó la misma dinámica para repartir las aves en los siguientes tratamientos y, por último, se proporcionó agua y alimento indicado según la dieta de las aves en estudio (Figura 12).

Figura 12*Actividades en la recepción de pollitos Cobb500*

Nota. (A) Revisión de los pollitos, (B) Clasificación (C) Registro de peso y (D) Distribución de las aves.

3.6.3 Manejo de temperatura y luz

En la primera etapa de crecimiento se creó el ambiente adecuado con calentadoras a gas y durante los primeros cuatro días se dejó el galpón 24 horas/luz. La Figura 13 ilustra la comodidad de las aves en el ambiente óptimo después de los primeros días de crecimiento lo cual se logró con el manejo de cortinas evitando cambios bruscos de temperatura.

Figura 13*Manejo de temperatura y luz para confort de las aves*

Nota. (A) Distribución óptima de los pollos y (B) Control de temperatura por manejo de cortinas.

La Tabla 9 muestra los valores de temperatura requeridos según la edad de las aves y los días de luz que se propició a las mismas.

Tabla 9

Valores de temperatura para las aves de acuerdo a la edad y días de luz

Edad del ave	Temperatura °C	Luz
1 a 7 días	31-33	Apagar la luz desde el 4to día
8 a 14 días	29	
15 a 21 días	27	
22 a 28 días	25	
29 a 35 días	23	
36 a 42 días	21	

3.6.4 Pesajes

El primer pesaje se lo realizó en el momento de la recepción de los pollitos antes que sean repartidos en las unidades experimentales y el pesaje final fue el día del saque de las aves (42 días). En el último pesaje se restringió agua y alimento a todas las aves con el objetivo de evitar errores, debido a que pueden estar con alimento en el buche lo que va influir directamente en el peso del animal. El pesaje se hizo a primeras horas de la mañana antes de propiciar alimento a los pollos y para esto se utilizó una balanza digital con precisión de 1g (Figura 14).

Figura 14

Pesaje de aves en estudio



Nota. (A) Pesaje inicial de las aves y (B) Pesaje final

3.6.5 Vacunas

La vacuna se suministró al agua y se dio lugar a los 14 días de edad de los pollos. La Figura 15 en el literal A expone la vacuna utilizada, en el literal B podemos observar la disolución de la vacuna, el literal C nos ilustra cómo se preparó la vacuna y el literal D nos muestra cómo se vacunó a los animales estudiados.

Figura 15*Proceso de vacunación de las aves*

Nota. (A) Vacuna utilizada, (B) Dilución de la vacuna, (C) Preparación de la vacuna y (D) Suministro de vacuna.

La Tabla 10 indica el cronograma y actividades de la vacunación establecida de acuerdo a la edad de los pollos.

Tabla 10*Cronograma de vacunación establecido para la investigación*

Edad ave	Vacunas	Actividad
14 días	Ma5 (Bronquitis Infecciosa) + Clone 30 (Newcastle)	1.- Dejar reposar agua por 48 h antes de vacunación. 2.- No dar agua con cloro 24 h después de vacunación.

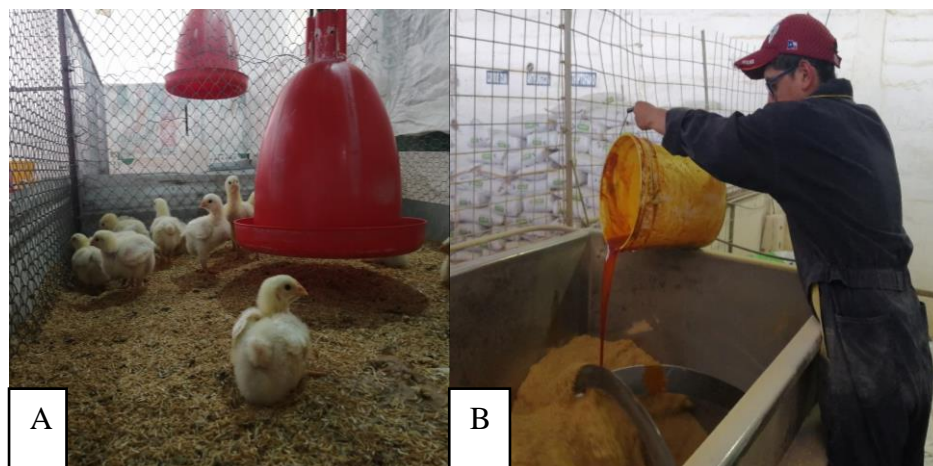
3.6.6 Agua y alimento

La administración del agua fue de forma automática por medio de bebederos de campana y el alimento fue formulado de acuerdo a la etapa fisiológica de los animales: engorde 1 (0-14 días), engorde 2 (15-28 días) y engorde 3 (29-42 días). De la misma manera se tomó en cuenta los requerimientos nutricionales establecidos en las dietas que fueron evaluadas

(estándar, estándar -44 kcal/kg, estándar -88 kcal/kg). El alimento balanceado fue preparado en una mezcladora industrial de la planta de alimentos de la empresa Integración Avícola Oro S.A. que se encuentra ubicada en la parroquia Yaruquí, provincia de Pichincha (Figura 16).

Figura 16

Suministro de agua y elaboración de dietas



Nota. (A) Bebederos utilizados y (B) Preparación y mezcla de alimento

A continuación, la Tabla 11 indica la dieta estándar para cada etapa de desarrollo de los pollos.

Tabla 11

Composición nutritiva de la dieta estándar

Criterio	Unidad	Engorde 1	Engorde 2	Engorde 3
Edad	Días	0 – 14	15 – 28	29 – 42
Prot.	%	21.39	19.28	18.26
EM	Kcal/kg	3011	3081	3200
Grasa	%	7.5	7.13	8.62
Fibra Cruda %		3.1	3.06	2.97
Ca	%	0.89	0.81	0.81
P Disp.	%	0.46	0.4	0.38
Na	%	0.17	0.16	0.16
Lys	%	18.76	1.07	0.99
Met	%	0.63	0.54	0.5
Met.+ Cist.	%	0.92	0.82	0.77
Treon	%	0.84	0.72	0.67

Fuente: Riboty (2020)

A continuación, la Tabla 12 indica la dieta estándar -44 kcal/kg para cada etapa de desarrollo fisiológico de los pollos.

Tabla 12

Composición nutritiva de la dieta estándar -44 kcal/kg de alimento

Criterio		Engorde 1	Engorde 2	Engorde 3
Edad	Días	0 – 14	15 – 28	29 – 42
Prot.	%	21.25	19.24	18.29
EM	Kcal/kg	2967	3029	3155
Grasa	%	6.52	6.11	7.66
Fibra Cruda %		3.16	3.11	3
Ca	%	0.88	0.81	0.81
P Disp.	%	0.45	0.4	0.38
Na	%	0.17	0.16	0.16
Lys	%	1.23	1.07	0.99
Met	%	0.62	0.54	0.5
Met.+ Cist.	%	0.92	0.82	0.77
Treon	%	0.84	0.72	0.67

Fuente: Riboty (2020)

A continuación, la Tabla 13 indica la dieta estándar -88 kcal/kg para cada etapa de crecimiento de las aves.

Tabla 13

Composición nutritiva de la dieta estándar -88kcal/kg de alimento

Criterio	Unidad	Engorde 1	Engorde 2	Engorde 3
Edad	Días	0 – 14	15 – 28	29 – 42
Prot.	%	21.27	19.33	18.33
EM	Kcal/kg	2924	2991	3111
Grasa	%	5.27	4.83	6.7
Fibra cruda	%	3.19	3.12	3.03
Ca	%	0.88	0.82	0.81
P Disp.	%	0.45	0.4	0.38
Na	%	0.17	0.16	0.16
Lys	%	1.23	1.07	0.99

Met	%	0.62	0.54	0.5
Met.+ Cist.	%	0.92	0.82	0.77
Treon	%	0.84	0.72	0.67

Fuente: Riboty (2020)

3.6.7 Manejo complementario

- La primera actividad del día fue apagar las calentadoras y bajar las cortinas
- La altura de comederos y bebederos se niveló de acuerdo al desarrollo de las aves buscando siempre permitirles llegar con facilidad al agua de bebida y al alimento.
- Así mismo, se retiró materiales extraños (aserrín o heces de los pollos) que estaban presentes en los comederos con balanceado (cernir si es necesario).
- Se agregó el alimento pesado tomando en cuenta el número de aves por unidad experimental y el día de crianza.
- El lavado de bebederos se realizó todas las mañanas desde el inicio hasta el final del experimento.
- En caso de mortalidad se anotó el peso del ave, alimento residuo del buche, tratamiento y fecha de ave muerta.

CAPÍTULO IV

4.1 Resultados y Discusión

A continuación, se muestra los resultados que se obtuvo en las variables: parámetros zootécnicos, prevalencia de *Lactobacillus* sp. y *Escherichia coli* en la flora intestinal y análisis beneficio costo de pollos en un período de 42 días. El análisis estadístico se realizó con el programa InfoStat (versión, 2020).

4.1.1 Parámetros zootécnicos

Con respecto a parámetros zootécnicos, se analizó los resultados de Consumo de alimento, Ganancia de peso y Conversión alimenticia, los cuales se presentan a continuación:

4.1.1.1 Consumo acumulado de alimento

El análisis de varianza en la variable consumo acumulado de alimento que se presenta en la Tabla 14 indica que no existe interacción entre Dosis de enzima y Nivel de energía ($F=0.80$; $gl= 4,56$; $p=0.5327$). De forma independiente para cada fuente de variación, no existe diferencia significativa, para los factores Dosis de enzima ($F=2.44$; $gl= 2,56$; $p= 0.0961$) y Nivel de energía ($F= 0.14$; $gl= 2,56$; $p=0.8657$).

Tabla 14

Análisis de varianza para la variable consumo acumulado de alimento/ave

Fuentes de Variación	gl FD	gl Error	F-valor	p-valor
Dosis de enzima	2	56	2.44	0.0961
Nivel de energía	2	56	0.14	0.8657
Dosis de enzima: Nivel de energía	4	56	0.80	0.5327

Nota. **gL FD.** Grados de libertad fuente de variación

El análisis estadístico descrito en la Tabla 15 indica que la Dosis 1 (β -mannanasa 0 kg/t alimento) reporta un consumo aproximado de 4173 g, mientras que la Dosis 2 (β -mannanasa 0.4 kg/t alimento) presenta una media aproximada de 4099 g, en tanto que la Dosis 3 (β -mannanasa 0.8 kg/t alimento) se diferencia en 0.7 % con respecto a la Dosis 1.

Tabla 15

Consumo de alimento para dosis de enzima

Dosis de enzima	Media (g) \pm E.E
Dosis 1 (β -mannanasa 0 kg/t alimento)	4173.10 \pm 23.46
Dosis 2 (β -mannanasa 0.4 kg/t alimento)	4099.47 \pm 28.33
Dosis 3 (β -mannanasa 0.8 kg/t alimento)	4143.63 \pm 21.56

Se debe tener en cuenta al hacer referencia al consumo acumulado de alimento en las aves que no se evidenció significancia estadística; similares resultados obtenidos por Zou et al.

(2006), donde se evaluó pollos de engorde línea Avine durante 42 días con dietas basadas en harina de maíz y soya a las que se incluyó β -mannanasa en dosis de 0 %, 0.05 % y 0.075 % mencionando que la mayor dosis reporta un consumo de alimento de 3188 g valor inferior a este estudio en donde la Dosis 3 (β -mannanasa 0.8 kg/t alimento) que representa 0.08 % presentó un consumo aproximado de 4143 g. Lo antes expuesto se debe a que los pollos utilizados para los ensayos son de diferentes líneas genéticas y a que la mayor dosis de la presente investigación contiene un 0.005 % (50 g) más en su composición dietética.

Jackson et al (2004) en el estudio con alimentación de β -mannanasa en pollos de engorde provistos de dietas basadas en harina de maíz y soya en el que se utilizó dosis de 0, 0.78, 1.25 kg/t de alimento del día 0 al día 42 no tuvieron diferencias significativas en el consumo de alimento, sin embargo, con la dosis de 1.25 kg/t de alimento mostró un valor de 5099 g, este valor es superior a 4143 g que se obtuvo en esta investigación cuando se aplicó la dosis de 0.8 kg/t de alimento.

Diferentes resultados presentaron Mussini et al. (2011) al obtener significancia implementando tratamientos con dosis de β -mannanasa 0, 0.25, 0.5 y 1 kg/t de alimento en dietas de maíz y soya, donde la dosis de 1 kg/t entre los 19 y 33 días para el consumo de alimento obtuvo 1862 g difiriendo en 27 g a la dieta sin enzima. En cambio, en esta investigación que duró 42 días, el tratamiento con dosis de β -mannanasa 0.4 kg/t de alimento, obtuvo un consumo de 74 g. Este valor difiere a lo expuesto por los autores debido al período de suministro de β -mannanasa, ya que en la presente investigación se empleó la enzima durante 42 días, mientras que los autores utilizaron la enzima por un período de 14 días, lo que hace evidente la contrariedad de los resultados obtenidos en este estudio y el que los autores exponen.

Sung et al. (2019) durante un período de 30 días en condiciones climáticas calientes adicionaron a la dieta alimenticia la enzima β -mannanasa en 0, 0.5 y 1 kg/t de alimento en pollos de engorde y al igual que en esta investigación no presentaron diferencias significativas en el consumo de alimento existiendo una diferencia de 53 g entre la dosis de 0.5 kg/t de alimento y el tratamiento sin enzima (2098 g). Siendo un valor inferior a esta investigación que presentó una diferencia de 74 g entre la dosis (β -mannanasa 0.4 kg/t alimento) y la dosis sin enzima (4173 g). Se debe tener en consideración que a pesar de poseer un resultado similar las condiciones como el tiempo de crianza del ave y la temperatura a la cual estuvo sometida son disímiles.

En lo referente al consumo de alimento por el factor nivel de energía en la Tabla 16 se muestra diferencias numéricas en donde el Nivel 1 (Dieta estándar) tiene una media de 4135 g que se diferencia en 4 g al Nivel 2 (Dieta estándar -44 kcal/kg alimento) y en 13 g al Nivel 3 (Dieta estándar -88 kcal/kg alimento).

Tabla 16*Consumo de alimento para nivel de energía*

Nivel energía	Media (g) ± E.E
Nivel 1 (Dieta estándar)	4135.73 ± 27.38
Nivel 2 (Dieta estándar -44 kcal/kg alimento)	4131.60 ± 26.91
Nivel 3 (Dieta estándar -88 kcal/kg alimento)	4148.87 ± 21.37

Kong et al. (2011) en su estudio con dietas para pollos de engorde por un período de 42 días establecieron tratamientos como dieta estándar (AE) y dieta estándar – 100 kcal/kg (LE), no demostraron significancia con respecto al consumo de alimento con valores de 4975 g y 5026 g respectivamente con una diferencia numérica de 51 g. De la misma manera la presente investigación no posee significancia estadística entre tratamientos para consumo de alimento, debido a que se obtuvo como resultado una diferencia numérica de 13 g entre el nivel 1 (dieta estándar) y el nivel 3 (dieta estándar -88 kcal/kg alimento). Con lo expuesto anteriormente se determina que la dieta -88 kcal obtuvo una diferencia de 38 g en comparación a los valores reportados por los autores en la dieta -100kcal, esta amplia diferencia de consumo de alimento se da porque los autores suministraron alimento a voluntad y en este estudio el alimento se dio pesando diariamente.

Así también, O'Neill et al. (2012) coincide con lo expuesto en esta investigación, debido a que no muestra significancia en consumo de alimento al evaluar aves de 0-42 días alimentadas con dietas a base de maíz y soya, ya que con un control positivo que contenía niveles energéticos adecuados y el control negativo – 100 kcal/kg, en donde la dieta con energía adecuada se diferencia en 2.55 % del control negativo. En cambio en este estudio la dieta estándar se diferencia en 0.31 % y 0.9 % en comparación a la dietas -44 y -88 kcal/kg de alimento.

4.1.1.2 Ganancia de peso

Al realizar el análisis de varianza que se presenta en la Tabla 17 en lo que corresponde a ganancia de peso se puede apreciar que no existe interacción entre Dosis de enzima: Nivel de energía ($p= 0.3784$). Sin embargo, si existe significancia estadística para los factores Dosis de enzima ($p= 0.0024$) y Nivel de energía ($p= <0.0001$); es decir que cada factor de manera individual presenta diferencias estadísticas.

Tabla 17*Análisis de varianza para la variable Ganancia de peso*

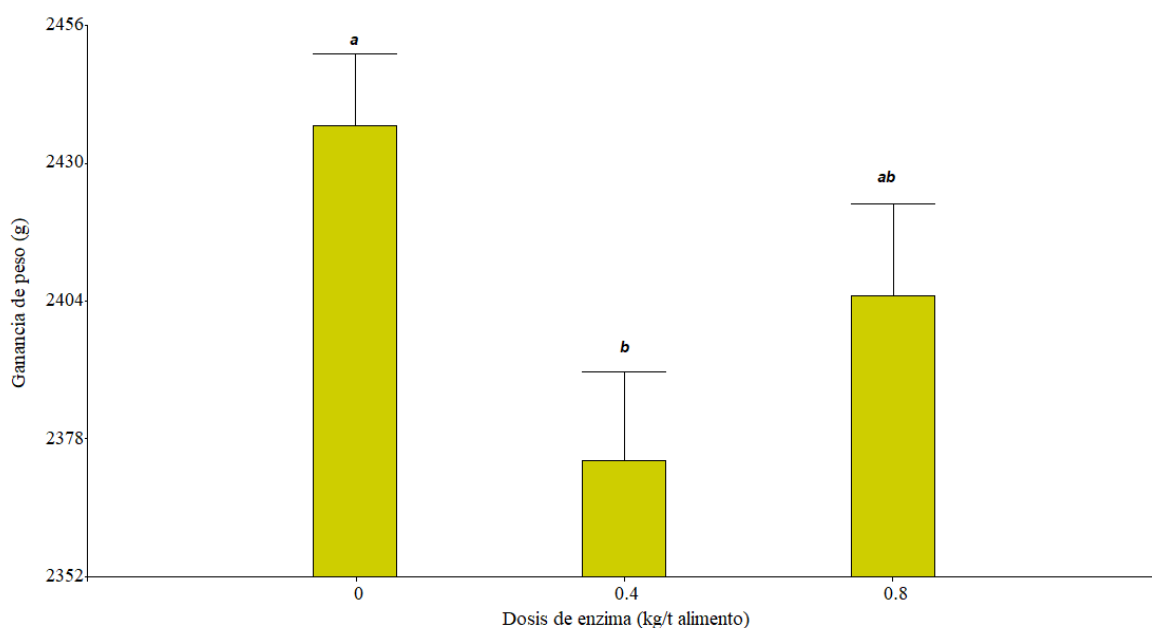
Fuentes de variación	gl FD	gl Error	F-valor	p-valor
Dosis de enzima	2	56	6.71	0.0024
Nivel de energía	2	56	17.05	<0.0001
Dosis de enzima: Nivel de energía	4	56	1.07	0.3784

Nota. **gL FD.** Grados de libertad fuente de variación

En la prueba de Fisher 5% se observa que la ganancia de peso fue mayor en la dieta sin adición de enzima, ubicándose en el primer rango estadístico con 2437.04 g, seguido de la dieta estándar con Dosis de 0.8 kg β -mannanasa/t alimento con 2404.96 g y superando en 2.58 % a la dieta estándar con Dosis de 0.4 kg β -mannanasa/t alimento (Figura 17).

Figura 17

Ganancia de peso por dosis de enzima



A diferencia Ouhida et al. (2002) no mostró significancia estadística en el estudio de influencia de la β -mannanasa en el rendimiento, la digestibilidad y la fermentación intestinal del pollo de engorde, en un período de 36 días con dosis de 0, 0.35 y 0.87 kg/t, donde se obtuvo como resultado que la dosis 0.87 kg/t presentó un valor de 2048 g, lo que difiere con lo mostrado en esta investigación, ya que la dosis similar a lo expuesto por el autor 0.80 kg/t obtuvo un valor de 2404.96 g; esto se debe a la diferencia del período de estudio entre las investigaciones.

Con respecto a la ganancia de peso Ferreira et al. (2016) en su investigación expone sobre los efectos de adición de β -mannanasa en pollos de engorde por un período de tiempo de 42 días, donde se empleó dosis de la enzima en concentraciones de 0 y 0.5 kg/t respectivamente; se obtuvo como resultado una diferencia significativa, debido a los valores arrojados por esta investigación, los cuales son: 2583 g y 2648 g correspondientemente, lo que difiere con lo expuesto por esta investigación, ya que el resultado arrojado con respecto al tratamiento que no posee la enzima obtuvo un valor de 2437.04 g, superior a aquellos tratamientos que presentaron influencia de β -mannanasa; esto puede ser porque la recomendación técnica del producto menciona que tiene más acción cuando se ofrece el alimento en pellet como lo hicieron los autores, en cambio en esta investigación se dio el alimento sin pelletizar.

Diferentes resultados obtuvieron Latham et al. (2018), al no existir significancia estadística con respecto a la ganancia de peso en pollos de engorde, con dosis de β -mannanasa de 0 kg/t, 0.2 kg/t y 0.4 kg/t. En el estudio expuesto por el autor se obtuvo que la dieta con

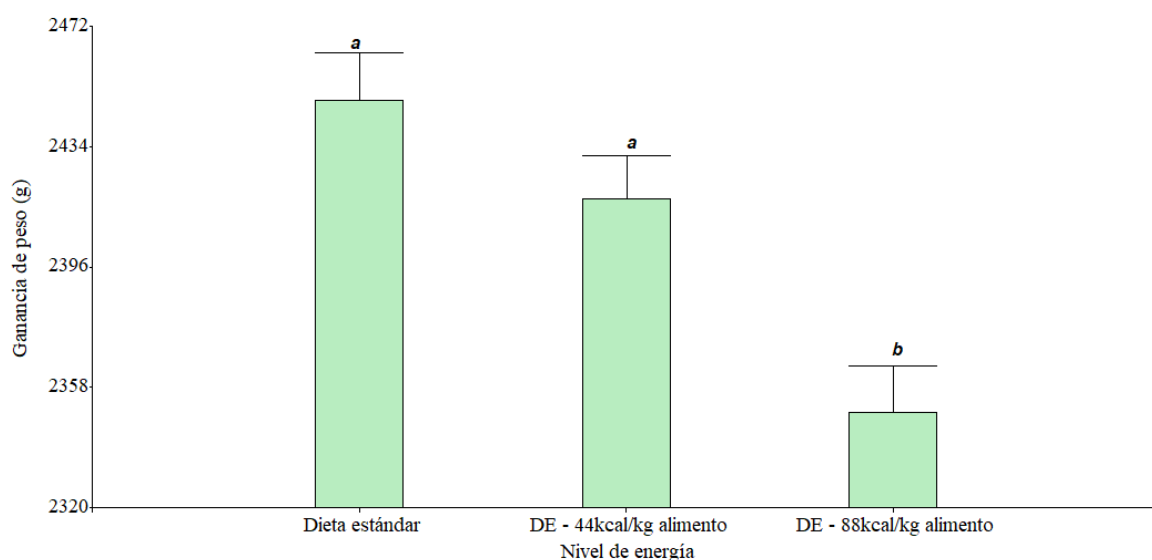
inclusión de enzima a razón de 0.4 kg/t reportó 2413 g en ganancia de peso, esto indica que este valor es superior a lo expuesto en la presente investigación, ya que se obtuvo una ganancia de 2374 g al aplicar la misma dosis de enzima y al aplicar una dosis de enzima 0.8 kg/t se alcanzó una ganancia superior en 1.25 % en relación a la dosis 0.4 kg/t.

Caldas et al. (2018) estudiaron pollos de la línea Cobb500 de 7 a 21 días con dietas a base de harina de maíz, soya, goma guar (leguminosa) y huesos con tres niveles de β -mannanasa 0, 0.2 y 0.4 kg/t. Donde no hubo diferencias estadísticas en relación a la ganancia de peso siendo superior en 2.26 % la dosis de 0.4 kg/t de alimento a la dieta sin adición de enzima que alcanzó una ganancia de 718 g. Al contrario la presente investigación, las aves de 1 a 42 días presentaron diferencias significativas, en donde la dieta sin enzima presentó una ganancia de peso superior en 2.58 % al comparar con la dosis de 0.4 kg/t de alimento, debido a que el efecto de la enzima en los individuos de esta investigación se evaluó al finalizar el proceso de crianza, en tanto que los autores evaluaron las aves en etapa inicial, la edad de las aves puede ser determinante para aprovechar todos los beneficios que proporciona la enzima.

Balasubramanian et al. (2018) en su investigación por un período de 35 días en pollos de engorde con distintas dosis de enzima: 0, 100, 200 y 300 g/t de alimento, muestran que la dosis de β -mannanasa 300 g/t fue la que obtuvo una ganancia de peso significativamente mayor al resto de dietas, alcanzando 1688 g; por el contrario. Estos resultados son diferentes a lo presentado en esta investigación, donde la dieta sin adición de enzima obtuvo 2437 g superando a las dietas que contenían β -mannanasa. Lo expuesto anteriormente se da porque los autores utilizaron enzima procedente de *Trichoderma citrinoviride* y la enzima usada en este ensayo se obtiene a partir de *Bacillus lentus*

Con respecto al nivel de energía que influye directamente en la ganancia de peso como se puede apreciar en la Figura 18, la dieta estándar posee superioridad con respecto al resto de resultados con un valor de 2448.42 g, seguido de la dieta estándar -44 kcal/kg de alimento con una diferencia numérica de 30.96 g, que corresponde a 1.26 % y superando con el 4.01% a la dieta estándar -88 kcal/kg de alimento. Estos resultados se dan porque las dietas que no contienen niveles adecuados de energía no alcanzan a cubrir todas las necesidades energéticas que las aves requieren para su crecimiento. Por lo tanto, con los resultados obtenidos en esta investigación se determina que a menor nivel de energía menor eficiencia en la ganancia de peso.

Ferreira et al. (2016) en su investigación obtuvieron significancia estadística en la ganancia de peso al comparar la dieta estándar con la dieta -100 kcal/kg, alcanzando una mejor ganancia de peso la dieta estándar 2.42 % en relación a la dieta estándar -100 kcal/kg la cual posee un valor de 2618 g. En esta investigación la dieta estándar supera en 4.01 % a la dieta -88 kcal/kg que alcanzó 2350.13 g. Con lo expuesto se confirma que la disminución de energía afecta la ganancia de peso y los valores numéricos de los autores son superiores a la presente investigación porque controlaron la temperatura del galpón con luces infrarojas. Grieve y Rubinoff (2015) afirman que al usar este tipo de luz estimula el hipotálamo de las aves para optimizar el crecimiento, ganancia de peso y producción de huevos.

Figura 18*Ganancia de peso por nivel de energía*

Los resultados expuestos en esta investigación concuerdan con Li et al. (2010) al encontrar significancia estadística estudiando una dieta control con niveles adecuados de energía y tres dietas bajas en energía -120 kcal/kg suplementadas con β -mannanasa en concentraciones de 0, 1 y 2 kg/t, en donde la ganancia de peso para las aves alimentadas con la dieta basada en niveles adecuados de energía fue significativamente mayor con un valor de 2171 g, es decir 3.17 % más que la dieta de -120 kcal/kg que obtuvo un peso de 2102 g, en esta investigación la dieta estándar supera en 1.26 % y en 4.01 % a las dietas -44 kcal/kg alimento y -88 kcal/kg alimento respectivamente. La diferencia de peso entre las dos investigaciones se da porque los autores utilizaron pollos de la línea Arbor Acres, con esto reafirmamos lo expuesto por Ramos (2014) donde menciona que la línea de pollos Cobb son mejores en rendimiento productivo.

Coppedge et al. (2012) en la evaluación del rendimiento de pollos de engorde por un período de 41 días con tratamientos como dieta control positivo y dieta -133 kcal/kg de alimento, donde no encontraron significancia en ganancia de peso alcanzado 2400 g para la dieta estándar, la cual supera en 1.66 % a la dieta -133 kcal/kg de alimento. Estos valores concuerdan con lo presentado en esta investigación, ya que la dieta estándar alcanzó un valor de 2448.42 g, pero superó en 4.01 % a la dieta -88 kcal/kg. La diferencia numérica de 48 g entre las dos investigaciones se da por la diferencia de un día en el período de evaluación de las aves.

4.1.1.3 Conversión alimenticia

A continuación, se presenta los resultados del análisis de varianza para la variable conversión alimenticia (Tabla 18), muestra que no existe interacción entre dosis de enzima y Nivel de energía ($F= 1.19$; $gl= 4,56$; $p= 0.3249$), sin embargo, se puede observar significancia estadística para el factor Nivel de energía ($F= 20.45$; $gl= 2,56$; $p= <0.0001$),

independientemente del factor dosis de enzima que no presenta significancia estadística ($F=0.68$; $gl= 2,56$; $p=0.5130$).

Tabla 18

Análisis de varianza para conversión alimenticia

Fuentes de variación	gl FD	gl Error	F-valor	p-valor
Dosis de enzima	2	56	0.68	0.5130
Nivel de energía	2	56	20.45	<0.0001
Dosis de enzima: Nivel de energía	4	56	1.19	0.3249

Nota. **gL FD.** Grados de libertad fuente de variación

La Tabla 19 ilustra las disimilitudes numéricas en conversión alimenticia para el factor dosis de enzima, donde la dosis 1 (β -mannanasa 0 kg/t alimento) presenta un índice de conversión alimenticia de 1.71, mientras que la dosis 2 (β -mannanasa 0.4 kg/t alimento) se diferencia en 1.16 % a la dosis 1 y la dosis 3 (β -mannanasa 0.8 kg/t alimento) muestra un valor de conversión de 1.72.

Tabla 19

Conversión alimenticia para dosis de enzima

Dosis β-mannanasa	Media (g) \pm E.E
Dosis 1 (β -mannanasa 0 kg/t alimento)	1.71 \pm 0.01
Dosis 2 (β -mannanasa 0.4 kg/t alimento)	1.73 \pm 0.01
Dosis 3 (β -mannanasa 0.8 kg/t alimento)	1.72 \pm 0.01

Zou et al. (2006) obtuvieron significancia estadística al añadir β -mannanasa a la dieta en dosis de 0, 0.25, 0.5 y 0.75 kg/t de alimento evaluando el rendimiento de 0 a 6 semanas en pollos de engorde, dando una mejor conversión la dosis de 0.5 kg/t con un índice de 1.64, en tanto, que en esta investigación las dosis de enzima no presentaron significancia arrojando valores de 1.71, 1.73, 1.72 con dosis de enzima 0, 0.4 y 0.8 kg/ t de alimento respectivamente. La superioridad en el índice de conversión alimenticia en el trabajo de los investigadores es porque proporcionaron alimento a voluntad durante el período del experimento.

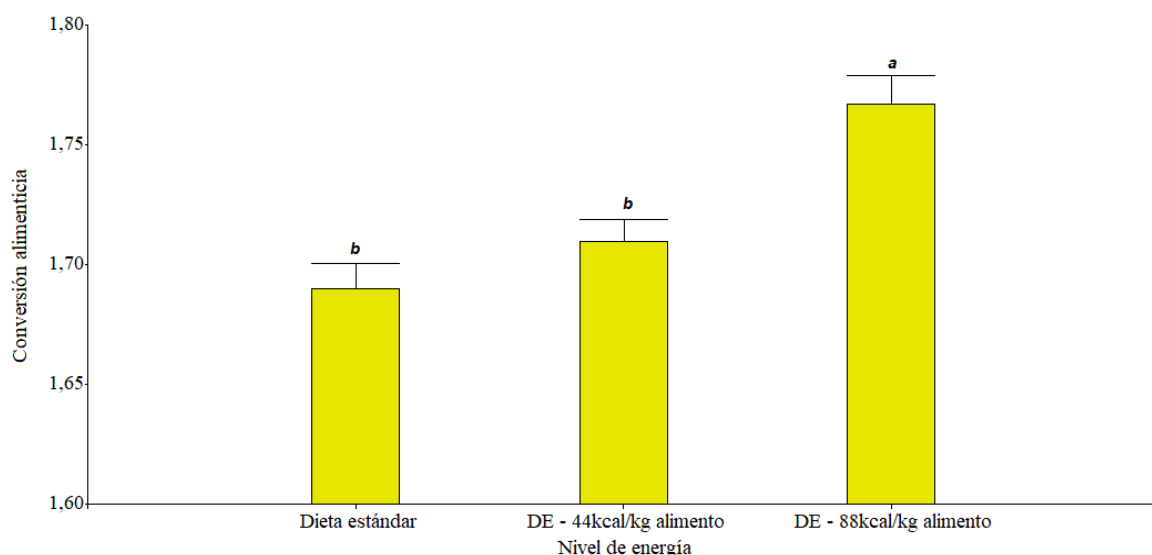
Scapini et al. (2019) en su investigación evaluaron el rendimiento en pollos de engorde machos Cobb500 durante un período de 42 días al suplementar β -mannanasa en dietas alimenticias, donde adicionaron una dosis de enzima de 0.4 kg/t alimento y no reportaron significancia en los índices de conversión, cuyos resultados fueron 1.68 para la dieta con inclusión de la enzima, valor inferior a esta investigación ya que al adicionar la misma dosis de enzima 0.4 kg/t alimento se obtuvo un índice de conversión alimenticia de 1.73. En el manual de Cobb-Vantress (2022) informa que las aves machos de la línea Cobb500 presentan un mejor índice de conversión alimenticia en 3.77% con respecto a las hembras a los 42 días, lo que justifica la mejor eficiencia en el índice de conversión que presentaron los autores.

Balasubramanian et al. (2018) en su ensayo con dosis de β -mannanasa 0, 0.1, 0.2 y 0.3 kg/t alimento por 35 días alcanzaron resultados significativos al reducir el índice de conversión alimenticia en los tratamientos que se suministró la dosis más alta de enzima obtuvo un índice de 1.47, a diferencia en esta investigación no se reportó significancia y se obtuvo valores de 1.73 en dosis de 0.4 kg de enzima por tonelada de alimento, la mejor eficiencia del índice de conversión de los investigadores se da por el período de estudio de las aves y también se puede dar por el origen de la enzima.

La Prueba de Fisher 5% indica que la conversión alimenticia para el nivel de energía, ubica a la dieta estándar con un mejor índice de conversión con una media de 1.69 seguido de la dieta -44 kcal/kg con una media de 1.71 a diferencia la dieta -88 kcal/kg fue la que presentó menor eficiencia en el índice de conversión alimenticia con una media de 1.77. Esto muestra que las aves de la dieta estándar fueron más eficientes en comparación a la dieta -44 kcal/kg en 1.17% y en 4.52 % a las aves de la dieta - 88 kcal/kg de alimento (Figura 19).

Figura 19

Conversión alimenticia por nivel de energía



En lo referente a conversión alimenticia para nivel de energía (Figura 19) se observa que a menor nivel de energía mayor es el índice de conversión alimenticia. Es así que los resultados de la dieta estándar superan 4.73 % a los presentados por la dieta estándar -88 kcal/kg, los cuales coinciden con lo indicado por O'Neill et al. (2012) al estudiar pollos de engorde de 0-42 días con dietas a base de maíz y soya al presentar significancia en conversión alimenticia determinaron que el control positivo que contiene los niveles energéticos óptimos para la producción fue más eficiente en 5.11 % en comparación al control negativo al cual se le redujo 100 kcal/kg. La diferencia de 0.38 % que se da entre las dos investigaciones se debe a que los investigadores redujeron 12 kcal más que el presente estudio.

Wu et al. (2005) en la investigación de gallinas ponedoras gallinas Hy-Line W-36 utilizaron dietas a base de maíz y soya con nivel de energía óptimo 2951 kcal/kg y bajas en energía 2831 kcal/kg reportando significancia ($p < 0.05$), donde la dieta baja en energía presentó

un índice de conversión alimenticia más alto 2.15 en comparación a la otra dieta que se diferencia en 4.4 %. En cambio en este ensayo de pollos de engorde por 42 días la dieta baja en energía (-88 kcal/kg) presentó el índice de conversión alimenticia más alto 1.77 el cual fue mayor en 4.52 % a la dieta estándar. Lo mencionado por los autores ayuda a deducir que el nivel energético influye en el índice de conversión alimenticia en cualquier etapa del ciclo productivo de las aves (huevos, carne). Así también la diferencia numérica entre los índices de conversión es más alta en el estudio de los investigadores debido a que el período de investigación fue por 84 días.

Klein et al. (2015) al estudiar pollos de engorde de 1 a 47 días no presentaron significancia en el índice de conversión alimenticia al usar una dieta con niveles adecuados de energía alcanzando un índice de 1.85, mientras que la dieta baja en energía -132 kcal/kg presentó una conversión de 1.88. Por el contrario en esta investigación se encontró significancia estadística, en donde la dieta -88kcal/kg obtuvo 1.78 de conversión y a la vez la dieta estándar presentó un valor de 1.69. Las disimilitudes entre los resultados de las dos investigaciones se da porque los períodos de estudio no fueron los mismos y los autores redujeron 44kcal/kg más que la presente investigación.

Así mismo Ferreira et al. (2016) indican que la disminución de 100 kcal aumentó en 1.92 % en comparación al tratamiento que contenía los niveles energéticos recomendados sin encontrar significancia ($p>0.05$) en el índice de conversión. Esto difiere con lo expuesto en este estudio al encontrar significancia ya que el tratamiento dieta estándar fue más eficiente en 4.52 % al comparar con la dieta -88 kcal/ kg en el índice de conversión alimenticia.

4.1.2 Prevalencia de *Lactobacillus* sp. y *Escherichia coli*

En lo referente a la variable prevalencia de *Lactobacillus* sp. y *E. coli*, al analizar los resultados estadísticamente se obtuvo los siguientes resultados:

4.1.2.1 Prevalencia de *Lactobacillus* sp.

Al realizar el análisis de varianza, para prevalencia de *Lactobacillus* sp. que se presenta en la Tabla 20 indica la existencia de diferencias significativas para los dos factores independientemente y de la misma manera la interacción entre los factores dosis de enzima y nivel de energía ($F=34.82$; $gl=4,24$; $p<0.0001$); esto permite inferir que la prevalencia de *Lactobacillus* sp. presenta un comportamiento diferente en los tratamientos estudiados.

Tabla 20

Análisis de varianza para prevalencia de Lactobacillus sp.

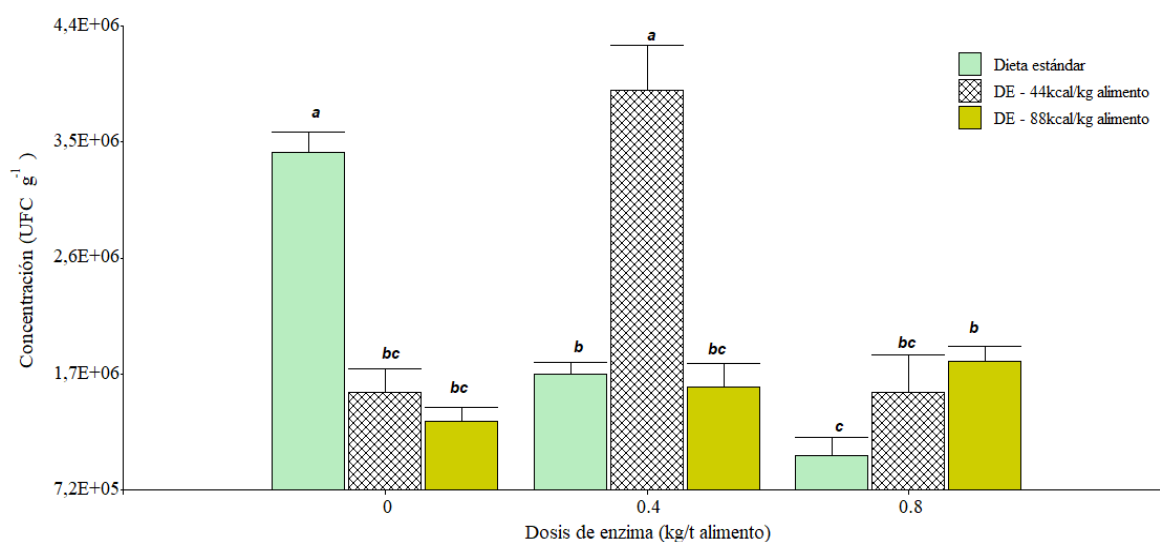
Fuente de variación	gl FD	gl Error	F-valor	p-valor
Dosis de enzima	2	24	17.39	<0.0001
Nivel de energía	2	24	11.43	0.0003
Dosis de enzima: Nivel de energía	4	24	34.82	<0.0001

Nota. **gL FD.** Grados de libertad fuente de variación.

El análisis estadístico de Fisher 5 % para prevalencia de *Lactobacillus* sp. que presenta la Figura 20 se observa que el tratamiento dieta estándar – 44 kcal/kg + β -mannanasa 0.4 kg/t de alimento con concentraciones de 3.9×10^6 unidades formadoras por gramo (UFC/g⁻¹) y la dieta estándar se encuentran en el rango A. Sin embargo, la dieta estándar es inferior en un 12.74% al tratamiento antes mencionado, cabe mencionar que los dos tratamientos fueron los que mayor concentración de (UFC/g⁻¹) presentaron; mientras que el tratamiento dieta estándar + 0.8 kg/t de β -mannanasa con 1×10^6 UFC/g⁻¹ es la que se encuentra en el rango C y presenta la menor concentración representando únicamente el 25.48% del tratamiento con mayor concentración. Sumano y Gutiérrez (2010) exponen que la concentración de *Streptococos* y *Lactobacillus* fluctúa entre 10^5 y 10^8 lo que concuerda con la presente investigación en donde las concentraciones independientemente del tipo del tratamiento tienen concentraciones entre 10^5 y 10^6 .

Figura 20

Concentración de Lactobacillus sp. UFC/g-1 por dosis de enzima y nivel de energía



El estudio presentado por Khanongnuch et al. (2006) muestra que al tratar la harina de copra (fibra de coco) con 1.25 kg de β -mannanasa/t de alimento en las dietas de pollos de engorde, obtuvo como resultado la presencia *Lactobacillus* sp. y no evidenció incremento significativo de las mismas, lo que concuerda con la presente investigación, en donde se presenta como resultados que la suplementación de β -mannanasa 0.4 y 0.8 kg/t alimento, no tuvo influencia alguna con en el aumento de *Lactobacillus* sp. en las aves estudiadas. Con lo expuesto en los dos estudios se muestra que existe la presencia de *Lactobacillus* sp. independientemente de la dieta que se suministra a las aves con o sin enzima.

Yang et al. (2008) en su investigación en pollos por un período de 21 días compararon la dieta a base de maíz y la dieta a base de trigo a las cuales suplementaron 0 y 0.2 kg de enzima/ t de alimento, obteniendo como resultados que la dieta a base de trigo con 0.2 kg de enzima contiene un 27.24 % más de UFC/g en comparación a la dieta que estuvo compuesta a base de maíz con 0.2 kg de enzima. Por el contrario en la presente investigación la dieta estándar superó en 57 % a la dieta estándar + β -mannanasa 0.4 kg/t alimento. Las diferencias

porcentuales entre las dos investigaciones se da porque los autores utilizaron el efecto de la enzima sobre la microbiota intestinal (*Lactobacillus* sp.) con dos dietas alimenticias, en cambio en el presente trabajo se suministró la enzima en una sola dieta.

Bortoluzzi et al. (2019) al evaluar la suplementación de β -mannanasa en la composición de la microbiota intestinal establecieron una dieta control, dieta control + 0.4 kg/t de enzima y la dieta control con inoculación de 2 ml de *Eimeria* sp. + 0.4 kg/t de enzima, donde tomaron muestras intestinales de pollos Cobb500 a los 21 días de edad y reportaron que la β -mannanasa estimula la proliferación de grupos benéficos como *Lactobacillus*, *Ruminococcaceae* y *Akkermansia* independientemente del desafío con *Eimeria* sp. A diferencia en esta investigación a pesar de existir *Lactobacillus* sp. no se observó el beneficio de la enzima para proliferar el crecimiento de estas bacterias benéficas como mencionan los autores en su investigación.

4.1.2.2 Prevalencia de *Escherichia coli*

Al realizar el análisis estadístico la Tabla 21 indica que existen diferencias estadísticas para las tres fuentes de variación analizadas; en donde la interacción entre factor dosis de enzima y Nivel de energía presenta ($F=28.94$; $gl=2,24$; $P<0.0001$) con respecto a la prevalencia de *Escherichia coli*.

Tabla 21

Análisis de varianza para prevalencia de Escherichia. coli

Fuente de variación	gl FD	gl Error	F-valor	p-valor
Dosis de enzima	2	24	4.85	0.0170
Nivel de energía	2	24	16.91	<0.0001
Dosis de enzima: Nivel de energía	4	24	28.94	<0.0001

Nota. **gL FD.** Grados de libertad fuente de variación.

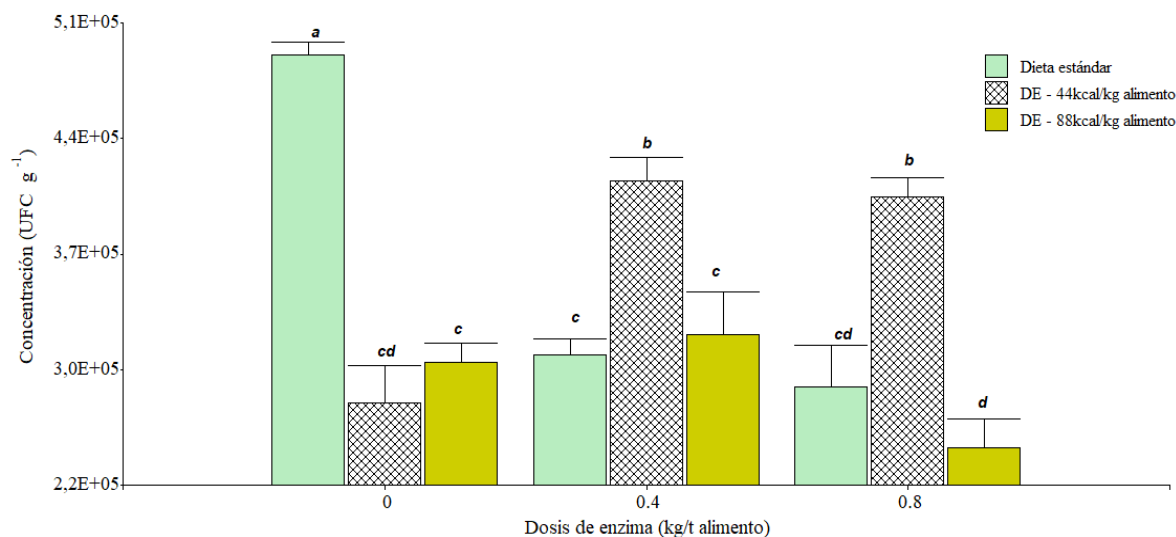
Al ejecutar la prueba Fisher 5% (Figura 21) identifica al tratamiento dieta estándar como único en el rango A, debido a que presentó un mayor crecimiento de *Escherichia. coli* con 4.9×10^5 de UFC/g⁻¹ de muestra intestinal, seguido de la dieta estándar -44 kcal/kg +0.4 kg/t y de la dieta estándar -44 kcal/kg +0.8 kg/t que se encuentran en el rango B con concentraciones que difieren en 15.82 % y 17.86 % respectivamente. Por el contrario, el tratamiento dieta estándar -88 kcal/kg +0.8 kg/t se ubica en el último rango (D) y se destaca por su bajo contenido bacteriano de *Escherichia. coli* con un valor de 2.5×10^5 UFC/g⁻¹ lo que indica una diferencia en 49.5 % en comparación al tratamiento que cuenta con mayor contenido de *Escherichia. coli*.

Sumano y Gutiérrez (2010) mencionan que el uso de las enzimas como β -glucanasa, celulasas, proteasas y xilanasas suplementadas con dietas a base de trigo reducen la población de *E. coli* en 41.6 % y en dietas a base de centeno en 55 % con respecto a esta bacteria patógena que habita en el intestino de las aves. El resultado expuesto por los autores hace comprender que el uso de cualquier tipo de enzima que actúe en el intestino de las aves ayuda a disminuir

el número de este tipo de bacterias como sucedió en la presente investigación, en donde la dieta suplementada con 0.8 kg de enzima redujo la población de *E. coli* en 41.8 % con respecto a la dieta estándar.

Figura 21

Concentración *Escherichia. coli* UFC/g⁻¹ por dosis de enzima y nivel de energía



Mathlouthi et al. (2002) en su experimento con pollos de engorde por un período de 25 días utilizando una dieta control a base de trigo/cebada y una dieta a base de trigo/cebada + enzima 0.2 kg/t de alimento consiguieron un 12.3 % menos de proliferación bacteriana con esta última dieta. Lo que concuerda con Khanongnuch et al. (2006) al suplementar β -mannanasa en dietas a base de harina de copra con dosis de 0 y 1.25 kg/t en pollos, donde la dieta con enzima disminuye la población de *Salmonella* y *Escherichia coli* de 10^7 a 10^5 UFC/g (99%) en las cuatro semanas de vida. Similares resultados se muestran en este estudio, ya que la dieta estándar + 0.4 kg/t y la dieta estándar + 0.8 kg/t redujo la proliferación bacteriana en 37.76 % y 41.84 % respectivamente al comparar con la dieta estándar. Con los resultados obtenidos en los estudios se deduce que al incrementar la dosis de enzima sin reducción de energía afecta negativamente a la proliferación de *E. coli*, así mismo la reducción de energía en las dietas alimenticias influye en la población de este patógeno.

Mohammadigheisar et al. (2021) al evaluar el efecto de β -mannanasa en pollos de engorde por un período de 35 días implementaron tratamientos como dieta estándar y dieta estándar + 0.5 kg/t de alimento encontrando que esta última dieta redujo la proliferación de *E. coli* en 16.64 % al comparar con la concentración bacteriana de la dieta estándar. A la vez en este estudio la dieta estándar + 0.4 kg/t de alimento disminuyó la proliferación en 37.76 % con respecto al contenido bacteriano de la dieta estándar. Las diferencias porcentuales en contenido de *E. coli* entre las investigaciones es porque los autores tomaron la muestra intestinal a los 35 días, mientras que en este ensayo el análisis se realizó a los 21 días, deduciendo que a mayor edad de los pollos menor actividad de la enzima.

4.2 Relación beneficio costo

La Tabla 22 muestra el análisis económico, en donde se tomó en cuenta los egresos dados por los costos de producción de los tratamientos y los ingresos que fueron obtenidos mediante la venta de pollos en pie.

Tabla 22

Análisis económico de los tratamientos

CONCEPTO	D1 (USD)	D2 (USD)	D3 (USD)	D1 - 44 (USD)	D2 - 44 (USD)	D3 - 44 (USD)	D1 - 88 (USD)	D2 - 88 (USD)	D3 - 88 (USD)
COSTOS FIJOS									
Número de pollos /unidad experimental	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Pollo bb (Línea genética Cobb500)	73.60	73.60	73.60	73.60	73.60	73.60	73.60	73.60	73.60
Programa vacunal (tratamiento)	9.12	9.12	9.12	9.12	9.12	9.12	9.12	9.12	9.12
Programa de desinfección (tratamiento)	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
Cascarilla	11.43	11.43	11.43	11.43	11.43	11.43	11.43	11.43	11.43
Expectorante	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
Amonio cuaternario	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
Gas	61.87	61.87	61.87	61.87	61.87	61.87	61.87	61.87	61.87
Mano de obra	64.07	64.07	64.07	64.07	64.07	64.07	64.07	64.07	64.07
Otros (3% imprevistos)	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77
Total costos fijos/tratamiento	232.28	232.28	232.28	232.28	232.28	232.28	232.28	232.28	232.28
Total costos fijos/ave	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
COSTOS VARIABLES									
Alimentación									
Engorde 1									
Alimento consumido	70.92	69.95	68.90	68.93	66.29	70.80	70.81	71.00	70.07
Costo/kg	0.48	0.48	0.49	0.46	0.46	0.47	0.45	0.46	0.46
Costo de alimentación	33.88	33.74	33.56	31.66	30.77	33.19	32.00	32.43	32.33
Engorde 2									
Alimento consumido	223.60	193.86	223.02	222.60	219.22	224.09	224.28	222.15	229.02
Costo/kg	0.47	0.47	0.48	0.46	0.47	0.47	0.46	0.46	0.47
Costo de alimentación	105.13	92.06	106.96	103.13	102.60	105.93	102.39	102.47	106.72
Engorde 3									
Alimento consumido	380.34	337.47	378.01	390.46	369.04	381.14	384.71	381.23	376.18
Costo/kg	0.48	0.48	0.49	0.47	0.48	0.48	0.47	0.47	0.48
Costo de alimentación	182.60	163.62	185.05	185.27	176.85	184.45	180.37	180.54	179.92
Costo total de alimentación/tratamiento	321.61	289.42	325.57	320.06	310.21	323.57	314.76	315.43	318.97
TOTAL DE EGRESOS	575.31	543.12	579.27	573.76	563.91	577.27	568.46	569.13	572.67
INGRESOS									
Venta de animales en pie									

Total en kilogramo	401.34	396.15	401.84	404.21	388.41	391.86	388.32	379.06	384.82
Precio por kg de pollo en pie	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13
Ingreso por tratamiento	855.67	844.59	856.72	861.78	828.08	835.45	827.91	808.15	820.44
BENEFICIO/COSTO	1.49	1.56	1.48	1.50	1.47	1.45	1.46	1.42	1.43

D1: Dieta estándar + dosis 1 (0 kg/t); D2: Dieta estándar + dosis 2 (0.4 kg/t); D3: Dieta estándar + dosis 3 (0.8 kg/t); D1-44: Dieta estándar (-) 44 kcal/kg + dosis 1 (0 kg/t); D2-44: Dieta estándar (-) 44 kcal/kg + dosis 2 (0.4 kg/t); D3-44: Dieta estándar (-) 44 kcal/kg + dosis 3 (0.8 kg/t); D1-88: Dieta estándar (-) 88 kcal/kg + dosis 1 (0 kg/t); D2-88: Dieta estándar (-) 88 kcal/kg + dosis 2 (0.4 kg/t); D3-88: Dieta estándar (-) 88 kcal/kg + dosis 3 (0.8 kg/t).

En el análisis económico detallado con anterioridad en la Tabla 22 se puede observar que, existe rentabilidad en todos los tratamientos en relación beneficio/costo, enfatizando con mayor utilidad al tratamiento D2 (dieta estándar +0.4 kg/t) con un valor de 1.56 USD, es decir que por cada dólar invertido se obtiene 0.56 USD de utilidad (56 % de rentabilidad). Por el contrario, el tratamiento que presentó menor utilidad fue el tratamiento D2 - 88 (dieta estándar -88 kcal/kg +0.4 de enzima) con 0.42 USD, es decir que por cada dólar invertido se gana 0.42 USD, lo que representa un 14 % menos de rentabilidad que el tratamiento con mejores beneficios económicos.

Según Narváez (2021) por medio del estudio evaluación de complejos enzimáticos en parámetros productivos de pollos de engorde en la Granja Experimental La Pradera determina que el análisis costo – beneficio con más réditos económicos fue aquel denominado como control positivo, el cual tiene un 11 % de rentabilidad; sin embargo, al comparar con otros tratamientos analizados en el estudio se obtuvo una ganancia promedio de 0.08 centavos de dólar. Diferentes resultados se obtuvieron en este trabajo, en el cual el tratamiento D2 (dieta estándar +0.4 kg/t) alcanzó 56 % de rentabilidad diferenciándose en 0.07 USD a la dieta estándar y en 0.14 USD al tratamiento con menor rentabilidad.

CAPÍTULO V

5.1 Conclusiones

- La dosis 1 (dieta estándar) alcanzó un mayor incremento de peso ya que superó en 2.58 % a la dosis 2 (dieta estándar + 0.4 kg/t) y 1.32 % a la dosis 3 (dieta estándar + 0.8 kg/t) respectivamente, en tanto que el nivel de energía influye directamente sobre la ganancia de peso y el índice de conversión alimenticia, siendo el nivel 1 (dieta estándar) más eficiente con 4 % en ganancia de peso y 4.52 % en el índice de conversión alimenticia al comparar con el nivel 3 (dieta estándar -88 kcal/kg alimento) que fue el de menor eficiencia para las variables en estudio.
- La población de *E. coli* (UFC/g) disminuyó en las dietas que se aplicó la enzima sin reducir la energía, teniendo al tratamiento dieta estándar + 0.8 kg/t con 41.8 % menos de contenido bacteriano que la dieta estándar, mientras que al aplicar la enzima en dosis de 0.8 kg/t con la reducción de - 88 kcal/kg se disminuyó la proliferación bacteriana en 49.49 %. Acorde al contenido de *Lactobacillus* sp. no se favoreció la proliferación de esta bacteria al aplicar las dosis de enzima ya que el tratamiento dieta estándar supera en 70.80 % de UFC/g a la dieta estándar + 0.8 kg/t que presentó menor concentración de bacterias en comparación al resto de tratamientos de la investigación.
- La inclusión de la enzima sin reducir la energía ayuda a disminuir los niveles de *E. coli* en 41.8 % y no influye en el aumento de la población de *Lactobacillus* sp. Sin embargo, en la flora intestinal existe un mayor número de bacterias benéficas en comparación de las patógenas.
- Se concluye que todos los tratamientos analizados en la presente investigación presentaron rentabilidad económica; sin embargo, el tratamiento D2 (dieta estándar +0.4 kg/t) fue aquel que presento mayor beneficio costo con un valor de 1.56 USD a pesar de no presentar una mejora significativa en el índice de conversión alimenticia.

5.2 Recomendaciones

- Realizar nuevas investigaciones utilizando dietas sin reducción de energía y con dosis más altas de enzima, para evidenciar si existe una mejor eficiencia en el índice de conversión alimenticia en pollos de engorde.
- Analizar la acción de β -mannanasa en la reducción de otra clase de enterobacterias como *Eimeria* sp. y *Clostridium* sp. porque estas bacterias patógenas afectan severamente la integridad intestinal y son de gran importancia económica en la producción avícola.
- Evaluar la acción de β -mannanasa en parámetros zootécnicos realizando pesajes a los 14 y 28 días para ampliar la información del efecto que produce la enzima en las diferentes etapas de crecimiento de los pollos de engorde ya que la edad puede ser determinante en el funcionamiento de esta enzima.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, E., y Briceño, V. (25 de octubre de 2013). Importancia de la Salud intestinal en las aves y diseño de programas anticoccidiales [Webinar]. Engormix. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/importancia-salud-intestinal-aves-t30275.htm>
- Åman, P., y Graham, H. (1990). Chemical evaluation of polysaccharides in animal feeds. *Feed stuff Evaluation*, 161-177.
- Angulo, E. (2009). Fisiología aviar. Lleida: Universitat de Lleida.
- Bailey, R. (2013). *Salud Intestinal en Aves Domésticas*. <https://www.elsitioavicola.com/articles/2464/salud-intestinal-en-las-aves-el-mundo-interior-2/>
- Bailey, R. (2019). *Salud del tracto digestivo de las aves: el mundo interior*. https://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/AviagenBrief-GutHealth-2019-ES.pdf
- Balasubramanian, B., Ingale, S., Hong, J., Rathi, P., Shanmugam, S., y Kim, I. (2018). Inclusion of dietary β -mannanase improves performance and ileal digestibility and reduces ileal digesta viscosity of broilers fed corn-soybean meal based diet. *Poultry science*, 97(9), 3097-3101. <https://doi.org/10.3382/ps/pey157>
- Barragán, J. (2016). La importancia actual de los factores antinutricionales de la Soja. *nutriNews*, 92 - 99.
- Barros, V., Quintão, V. S., Quintão, M., Roberto, A. F., y Neto, J. (2015). β -mannanase and mannan oligosaccharides in broiler chicken feed. *Ciencia Rural*, 45(1), 111-117. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131544>

- Brito, M., Oliveira, C., Silva, T., Lima, R., Morais, S., y Silva, J. (2008). Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos. *Acta Veterinaria Brasilica*, 2(4), 111-117. <https://doi.org/10.21708/avb.2008.2.4.917>
- Brufau, J. (2014). Enzimas en la alimentación animal. *nutriNews*, 19 - 21.
- Brufau, J. (2016). Introducción al uso de enzimas en alimentación animal un proceso de innovación. *nutriNews*, 17-21.
- Bu, G., Bryant, M., Voitle, R., y Roland, D. (2005). Effects of β -mannanase in corn-soy diets on commercial leghorns in second-cycle hens. *Poultry Science*, 84(6), 894-897. <https://doi.org/10.1093/ps/84.6.894>
- Caldas, J. V., Vignale, K., Boonsinchai, N., Wang, J., Putsakum, M., England, J. A., y Coon, C.N. (2018). The effect of β -mannanase on nutrient utilization and blood parameters in chicks fed diets containing soybean meal and guar gum. *Poultry Science*, 97(8), 2807-2817. <https://doi.org/10.3382/ps/pey099>
- Cano, J. (2018). Factores anti-nutricionales las materias primas para nutrición animal. *nutriNews*, 7-8.
- Cervantes, H. (24 de noviembre de 2011). Integridad intestinal en aves [Webinar]. Industria Avícola. <https://www.industriaavicola.net/enfermedades-y-sanidad/integridad-intestinal-en-aves/>
- Cobb-Vantress. (2022). *Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición*. <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/c8850fbe02/6998d7c0-12d1-11e9-9c88-c51e407c53ab.pdf>
- Coppedge, J., Oden, L., Ratliff, B., Brown, B., Ruch, F., y Lee, J. (2012). Evaluation of nonstarch polysaccharide-degrading enzymes in broiler diets varying in nutrient and energy levels as measured by broiler performance and processing parameters.

Journal of Applied Poultry Research, 21(2), 226-234.
<https://doi.org/10.3382/japr.2011-00329>

- Cho, J., y Kim, I. (2013). Effects of beta-mannanase supplementation in combination with low and high energy dense diets for growing and finishing broilers. *Science Direct*, 154(1-3), 142. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.03.004>
- Chriystal, P. (2014). Una ojeada al mundo de las Enzimas. *Selecciones avícolas*, 56(5), 24-26.
- Daskiran, M., Teeter, R., Fodge, D., y H.Y., H. (2004). An evaluation of endo- β -D-mannanase (Hemicell) effects on broiler performance and energy use in diets varying in β -mannan content. *Poultry Science*, 83(4), 662-668.
- Dierick, N. (1989). Biotechnology aids to improve feed and feed digestion: Enzymes and fermentation. *Archiv für Tierernaehrung*, 39(3), 241-261.
<https://doi.org/10.1080/17450398909429530>
- Dourado, L., Barbosa, N., y Sakomura, N. (2014). Enzymes in monogastric nutrition. *Nutrición de no rumiantes*, 468-481.
- Durairaj, V., y Clark, D. (2007). Escherichia Coli: Un oportunista que causa enteritis. *Avian Advice*, 9(3), 7-8.
- Elizalde, A., Pismag, Y., y Chaparro, D. (2019). Factores Antinutricionales en semillas. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 7(1), 46-47.
- FAO. (2019). Producción avícolas [Webinar]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/es/>
- FAO. (2020). Nutrición y alimentación [Webinar]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/nutrition feeding/es/>

- Fernandes, A. (2019). Contenido de β -mananos en Ingredientes de Piensos Comunes. *nutriNews*, 38-41.
- Ferreira, H., Hannas, M., Albino, L., Rostagn, H., Neme, R., Faria, B., y Rennó, L. (2016). Effect of the addition of β -mannanase on the performance, metabolizable energy, aminoacid digestibility coefficients, and immune functions of broilers fed different nutritional levels. *Poultry Science*, 95(8), 1848-1857. <https://doi.org/10.3382/ps/pew076>
- Freire, E. (2019). Es indispensable tener precios razonables de la materia prima [Webinar]. Maíz y soya. <http://www.maizysoya.com/lector.php?id=20190901>
- García, Y., y García, Y. (2015). Uso de aditivos en la alimentación animal: 50 años de experiencia en el Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(2), 174.
- Garzón, V. (07 de septiembre de 2010). La soya, la principal fuente de proteína en la alimentación de especies menores [Webinar]. Engormix. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/soya-principal-fuente-proteina-t28541.htm>
- Genedy, H., Shousha, S., Azab, M., Ismail, R., y Nafeaa, A. (2018). Effect of β -Mannanase (Hemicell®) on Growth Performance and Immunity of Japanese quail. *Benha Veterinary Medical Journal*, 34(9), 84-111. <https://doi.org/10.21608/BVMJ.2018.29415>
- Gómez, G., López, C., Maldonado, C., y Ávila, E. (2010). El sistema inmune digestivo en las aves. *Investigación y Ciencia*, 18(48), 9-16.
- González, K. (2018). Alimentación en pollos de engorde [Webinar]. Zootecnia y Veterinaria es mi Pasión. <https://zoovetespasion.com/avicultura/pollos/nutricion-en-la-primera-y-ultima-semana-de-pollitos/>

- Grieve, D., & Rubinoff, I. (2015). Entendiendo la luz en la avicultura: Guía del uso de las luces led y de otras fuentes de luz para ayudar a los productores de huevo. Guayaquil : Hy-Line Internacional
- Hernández, R., Báez, M., Zamora, A., y Espinosa, I. (2017). Antimicrobial susceptibility and biofilm formation in *Escherichia coli* isolates from laying hens. *Revista de Salud Animal*, 39(3), 1-13.
- Hsiao, H.-Y., Anderson, D., y Dale, N. (2006). Levels of β -Mannan in Soybean Meal. *Poultry science*, 85(8), 1430-1432. <https://doi.org/10.1093/ps/85.8.1430>
- Jackson, M., Geronia, K., Knox, A., McNab, J., y McCartney, E. (2004). A dose-response study with the feed enzyme beta-mannanase in broilers provided with corn-soybean meal based diets in the absence of antibiotic growth promoters. *Poultry Science*, 83(12), 1992-1996. <https://doi.org/10.1093/ps/83.12.1992>
- Jaramillo, M., Rodríguez, M., y Rodríguez, D. (2018). Rol de las enzimas en la alimentación de mono-gástricos con énfasis en pollos de engorde. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 2(3), 30.
- Josse, J. (2020). Precio de la soya genera debate [Webinar]. Maíz y soya. <http://www.maizysoya.com/lector.php?id=20200586&tabla=articulos#:~:text=Precio%20de%20la%20soya%20genera%20debate&text=A%20trav%C3%A9s%20del%20Acuerdo%20Ministerial,del%20quintal%20de%20soya%20nacional>.
- Josse, J. (2018). Ecuador no puede ser autosuficiente en Soya [Webinar]. Maíz y soya: <http://www.maizysoya.com/lector.php?id=20180913&tabla=articulos>
- Khanongnuch, C., Sa-nguansook, C., y Lumyong, S. (2006). Nutritive quality of β -Mannanase treated copra meal in broiler diets and effectiveness on some fecal bacteria. *International Journal of Poultry Science*, 5(11), 1087-1091. <https://doi.org/10.3923/ijps.2006.1087.1091>

- Klein, J., Williams, M., Brown, B., Rao, S., y Lee, J. (2015). Effects of dietary inclusion of a cocktail NSPase and β -mannanase separately and in combination in low energy diets on broiler performance and processing parameters. *Journal of Applied Poultry Research*, 24(4), 489-501. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv055>
- Kong, C., Lee, J.H., y Adeola, O. (2011). Supplementation of β -mannanase to starter and grower diets for broilers. *Canadian Journal of Animal Science*, 91(3), 389-397. <https://doi.org/10.4141/cjas10066>
- Latham, R., Williams, P., HG, W., Carter, B., y Lee, J. (2018). Efficacy of β -mannanase on broiler growth performance and energy utilization in the presence of increasing dietary galactomannan. *Poultry science*, 97(2), 549-556. <https://doi.org/10.3382/ps/pex309>
- Li, Y., Chen, X., Chen, Y., Li, Z., y Cao, Y. (2010). Effects of β -mannanase expressed by *Pichia pastoris* in corn–soybean meal diets on broiler performance, nutrient digestibility, energy utilization and immunoglobulin levels. *Technology, Animal Feed Science and Technology*, 159(1-2), 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.05.001>
- Martínez, M., Bostvironnois, C., Naranjo, V., y Karl, P. (2013). *El uso de β -mananasa para Controlar el Impacto de la Respuesta Inmunitaria Inducida por Alimentos (RIIA) y sus Implicaciones en la Avicultura Comercial*. https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/martinez-cummer.pdf
- Martínez, R., y Sanz, A. (2012). Enzimas en alimentación aviar: novedades y aplicación práctica. *Selecciones avícolas*, 15-18.
- Marulanda, J. (29 de 03 de 2017). Sistema digestivo de las aves, características, órganos y glándulas [Webinar]. Paradise Spynx. <https://aves.paradai-sphynx.com/temas/sistema-digestivo-de-las-aves.htm>

- Mathlouthi, N., Mallet, S., Saulnier, L., Quemener, B., y Larbier, M. (2002). Effects of xylanase and β -glucanase addition on performance, nutrient digestibility and physico-chemical conditions in the small intestine contents and caecal microflora of broiler chickens fed a wheat and barley-based diet. *Animal Research*, 51(5), 395-406. <https://doi.org/10.1051/animres:2002034>
- Merino, Á. (2017). Evaluación serológica de cuatro esquemas de vacunación para newcastle en pollos de engorde por un período de seis semanas en la granja experimental nono UDLA [Trabajo de pregrado, Universidad de las Américas]. Archivo digital. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8110>
- Molfese, I. (2020). Uso de exclusión competitiva en aves [Webinar]. Las plumas ala. <https://las-plumas-ala.com/2020/05/14/brasil-uso-de-exclusion-competitiva-en-aves/>
- Moraes, D., Camargos, J., Antoniol, D., André, M., Costa, L., y Queiroz, F. (2010). Uso de Enzimas exógenas na Avicultura: Uma visao crítica. *Boletim da Indústria Animal*, 67(2), 191-198.
- Mussini, F., Coto, C., Goodgame, S., Lu, C., Karimi, A., Lee, J., y Waldrouyp, P. (2011). Effect of β -Mannanase on broiler performance and dry matter output using corn-soybean meal based diets. *International Journal of Poultry Science*, 10(10), 778-781. <https://doi.org/10.3923/ijps.2011.778.781>
- Nagashiro, C. (21 de mayo de 2008). *Actualidad del Uso de Enzimas en la Nutrición de Aves. 1º Pre-Congreso de Enzimas.* https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/actualidad_del_uso_de_enzimas_en_la_nutricion_de_aves_nagashiro.pdf
- Narváez, S. (2021). Evaluación de complejos enzimáticos en parámetros productivos de pollos de engorde en la Granja Experimental La Pradera [Trabajo de pregrado, Universidad

- Técnica del Norte]. Repositorio digital Universidad Técnica del Norte
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11572>
- Navarrete, E. (10 de 2020). Importancia de la producción avícola en el contexto nacional [Webinar]. Revista Técnica Maíz y Soya.
<https://pwa.maizsoya.com/revistas/29/paginas/4>
- Nieves, Á. (2015). *Control y manejo de aves en la explotación avícola*. España: Editorial Elearning, S.L.
- O'Neill, M. H., Mathis, G., Lumpkins, B., y Bedford, M. (2012). The effect of reduced calorie diets, with and without fat, and the use of xynalase on performance characteristics of broilers between 0 and 42 days. *Poultry Science*, 9(6), 1356-1360.
<https://doi.org/10.3382/ps.2011-01867>
- Ocar, J., y Robin, M. (2008). Sistema inmune aviar: estrategia de protección de las aves e importancia de su buen funcionamiento. https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/dr._oscar_robin.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013).
<http://www.fao.org/3/a-i3531s.pdf>
- Ouhida, I., Perez, F., Anguita, M., y Gasa, J. (2002). Influence of β -mannase on Broiler Performance, Digestibility, and Intestinal Fermentation. *Journal of Applied Poultry Research*, 11(3), 244-249. <https://doi.org/10.1093/JAPR/11.3.244>
- Parra, A. (2010). Bacterias ácido lácticas: Papel funcional en los alimentos. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 8(1).
- Pascual, G., y De Marzi, M. (2016). El sistema inmune de las aves [Webinar]. Engormix.
<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/sistema-inmune-aves-t39895.htm>

- Pascual, J., y López, M. (2016). Enzimas en alimentación animal [Webinar]. Ganadería http://www.revistaganaderia.com/alimentacion/alimentacion/enzimas-en-alimentacion-animal_8750_112_10831_0_1_in.html
- Paulino, J. A. (2018). Las enzimas exógenas en las dietas Maíz/Sorgo-Harina de soya para aves y cerdos [Webinar]. Engormix: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/las-enzimas-exogenas-dietas-t42624.htm>
- Perozo, F. (junio de 2015). Importancia del sistema inmunológico sano en aves comerciales [Webinar]. Selecciones Avícolas: <https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2015/06/importancia-del-sistema-inmunologico-sano-en-aves-comerciales>
- Prince, T., y Chriystal, P. (2014). Una ojeada al mundo de las Enzimas. *Selecciones avícolas*, 56(5), 24-26.
- Ramírez, C., Ulloa, P., Velázquez, M., Ulloa, A., y Arce, F. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Revista Fuente*, 2(7).
- Ramos, I. (2014). Crianza producción y comercialización de pollos de engorde. Lima: Macro EIRL.
- Rehman, Z. U., Aziz, T., Bhatti, S. A., Ahmad, G., Kamran, J., Umar, S., y Ding, C. (2016). Effect of β -mannanase on the Performance and Digestibility of Broilers. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11(7), 394-396. <https://doi.org/10.3923/ajava.2016.393.398>
- Riboty, R. (15 de febrero de 2020). Formulación de alimento. (D. Mediavilla, Entrevistador)
- Riboty, R. (30 de noviembre de 2019). β -mannanasa en dietas para aves con inclusión de palmist . (D. Mediavilla, Entrevistador)

- Rodríguez, D. (2016). Uso de enzimas: consideraciones prácticas y su influencia en los costos de producción del alimento en Ecuador [Webinar]. ResearchGate: <https://www.researchgate.net/publication/326679017>
- Rodríguez, J. (2004). Integridad Intestinal del Pollo de Engorde. I Congreso Internacional de Ciencias Aplicadas (págs. 2-4). [Webinar]. <http://bibliotecavirtual.corpmontana.com/handle/123456789/2504>
- Rondón, A., y Laurencio, M. (2008). Utilización de las mezclas de exclusión competitiva en la avicultura moderna. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42(1), 3-11.
- Rostagno, Horacio; Teixeira, Fernando y Hannas Melissa. (2018). Composición y Valor Nutritivo de los Alimentos. En H. Rostagno (Ed.), *Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos* (pp. 199). Departamento de Zootécnia.
- Sá, P., Rodrigues, F., Rodrigues, M., y Ribeiro, M. (2012). Limitações da utilização da soja integral e farelo de soja na nutrição de frangos de corte. *Centro Científico Conhecer*, 8(15), 1140. <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3689>
- Scapini, L., de Cristo, A., Schmidt, J., Buzim, R., Nogueira, L., Palma, S., y Fernandes, J. I. (2019). Effect of B-Mannanase Supplementation in Conventional Diets on the performance, immune competence and Intestinal Quality of Broilers Challenged with *Eimeria* sp. *Revista de investigación avícola aplicada*, 28(4), 1048-1057. <https://doi.org/10.3382/japr/pfz066>
- Sumano, H., y Gutiérrez, L. (2010). *Farmacología Clínica en aves comerciales* (Cuarta Edición ed.). México: Mc Graw Hill.
- Sung, T., Chan, M., Martinez, F., Seok, H., y Yong, D. (2019). Dietary β -mannanase decreases cloacal temperature of broiler chickens under hot conditions without affecting growth performance. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 32(3), 184-191. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v32n3a03>

- Tedeschi dos Santos, T. (06 de 08 de 2019). Novedades en el uso de enzimas y su aplicación en pollo de engorde, reproductoras pesadas y ponedora comercial [Webinar]. Engormix. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/novedades-uso-enzimas-aplicacion-t44336.htm>
- Vaca, L. (1968). Producción Avícola. EUNED.
- Verduzco, G., López, C., Maldonado, C., y Ávila, E. (2010). El sistema inmune digestivo en las aves. *Investigación y Ciencia*, 18(48), 9-16.
- Wu, G., Bryant, M., Voitle, R., y Roland, D. (2005). Effects of β -mannanase in corn-soy diets on commercial leghorns in second-cycle hens. *Poultry Science*, 84(6), 894-897. <https://doi.org/10.1093/ps/84.6.894>
- Zambrano, P. (2013). *Aplicación de las enzimas digestivas: amilasa, proteasa y xilanasas (AVIZYME) en la alimentación de pollos de engorde en el cantón La Concordia* [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/2892>
- Zou, X. T., Qiao, X. J., y Xu, Z. R. (2006). Effect of β -Mannanase (Hemicell) on Growth Performance and Immunity of Broilers. *Poultry Science*, 85(12), 2176-2179. <https://doi.org/10.1093/ps/85.12.2176>

ANEXOS

Anexo 1

Prueba de medias en consumo de alimento para Dosis de enzima: Nivel de energía

Tratamiento	Medias (g)	Error estándar
D1-88	4189	43.57
D1-44	4185	43.57
D3-44	4162	43.57
D1	4144	43.57
D3	4136	43.57
D3-88	4132	43.57
D2	4126	43.57
D2-88	4124	43.57
D2-44	4047	43.57

Anexo 2

Prueba de medias en ganancia de alimento para Dosis de enzima: Nivel de energía

Tratamiento	Medias (g)	Error estándar
D1-44	2476	23.78
D3	2461	23.78
D1	2458	23.78
D2	2425	23.78
D3-44	2398	23.78
D2-44	2377	23.78
D1-88	2376	23.78
D3-88	2354	23.78
D2-88	2318	23.78

Anexo 3

Prueba de medias en conversion alimenticia de alimento para Dosis de enzima: Nivel de energía

Tratamiento	Medias	Error estándar
D2-88	1.78	0.02
D1-88	1.77	0.02
D3-88	1.76	0.02
D3-44	1.73	0.02
D2-44	1.70	0.02
D2	1.70	0.02
D1-44	1.69	0.02
D1	1.69	0.02
D3	1.68	0.02