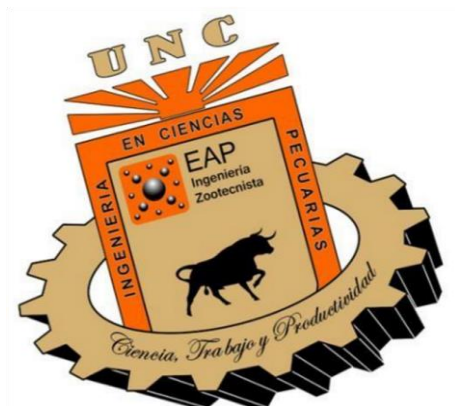


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ZOOTECNISTA



TESIS

**“EFECTO DEL REEMPLAZO DE MAÍZ MOLIDO POR GRANO ENTERO DE
MAÍZ EN LA DIETA DE FINALIZACIÓN SOBRE RENDIMIENTO
PRODUCTIVO Y PESO DE ÓRGANOS DIGESTIVOS EN PAVOS”**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Presentada por el Bachiller:

ADELBER PALOMINO MAYTA

ASESOR:

Dr. M. Cs. Ing. MANUEL EBER PAREDES ARANA

Cajamarca – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS PECUARIAS

Ciudad Universitaria 2J-Anexos 1110



ACTA QUE PRESENTA EL JURADO CALIFICADOR DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOTECNISTA

De acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Graduación y Titulación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO ZOTECNISTA**, se reunieron virtualmente, siendo las 16 horas con 10 minutos del día Viernes 21 de Junio del 2022, los siguientes Miembros del Jurado y el (los) Asesores.

- | | |
|---|-------------|
| ➤ Ph.D. LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNÁNDEZ | PRESIDENTE |
| ➤ M.Cs. Ing. RAÚL ALBERTO CÁCERES CABANILLAS | SECRETARIO |
| ➤ M.Sc. Ing. JORGE RICARDO DE LA TORRE ARAUJO | VOCAL |
| ➤ Mg.Sc. Ing. LINCOL ALBERTO TAFUR CULQUI | ACCESITARIO |

ASESOR (ES):

DR. MANUEL EBER PAREDES ARANA

Con la finalidad de recepcionar y calificar la Sustentación de la Tesis titulada:

EFFECTO DEL REEMPLAZO DE MAÍZ MOLIDO POR GRANO ENTERO DE MAÍZ EN LA DIETA DE FINALIZACIÓN SOBRE RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y PESOS DE ÓRGANOS DIGESTIVOS EN PAVOS"

La misma que fue realizada por el (la) Bachiller: **ADELBER PALOMINO MAYTA**

A continuación el Jurado procedió a dar por iniciado el acto académico, invitando al (los) Bachiller (es) a sustentar dicha tesis.

Concluida la exposición, los Miembros del Jurado formularon las preguntas pertinentes, luego el Presidente del Jurado invita a la participación del asesor y de los asistentes.

Después de las deliberaciones de estilo el Jurado anunció APROBAR por Unanimitad con la nota de Quince (15).

Siendo las 17 horas con 25 minutos del mismo día el Jurado dio por concluido el acto académico, indicando las correcciones y modificaciones para continuar con los trámites pertinentes.

.....
Ph.D. Luis Asunción Vallejos Fernández
Presidente

.....
M.Cs. Ing. Raúl Alberto Cáceres Cabanillas
Secretario

.....
M.Cs. Ing. Jorge Ricardo de la Torre Araujo
Vocal

.....
Dr. Manuel Eber Paredes Arana
Asesor

**“EFECTO DEL REEMPLAZO DE MAÍZ MOLIDO POR GRANO ENTERO DE
MAÍZ EN LA DIETA DE FINALIZACIÓN SOBRE RENDIMIENTO
PRODUCTIVO Y PESO DE ÓRGANOS DIGESTIVOS EN PAVOS”**

DEDICATORIA

A mi madre, SALOME MAYTA MALCA, por su gran cariño, sus consejos y por estar apoyándome incansablemente y por su infinito amor y por sus palabras de aliento, por su ejemplo en perseverar hasta el fin y hacer de mí una gran persona profesional al servicio de la sociedad.

A mis hermanos CORCINO Y LUZMILA PALOMINO MAYTA porque nunca dejaron de apoyarme, por estar conmigo en los buenos y malos momentos y a toda mi familia en general por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, la salud y la sabiduría por haber concluido con éxito parte de mis objetivos y metas trazadas durante mi estancia en la Universidad Nacional de Cajamarca.

A mi madre: SALOME MAYTA MALCA por darme la vida y por su apoyo incondicional durante la culminación de mi carrera profesional.

A mis hermanos CORCINO, LUZMILA Y REYNA PALOMINO MAYTA y más familiares en general, que siempre me apoyaron y me respaldaron para seguir adelante en este duro y arduo camino emprendido.

En especial agradezco a mi asesor: Dr. M. Cs. Ing. MANUEL EBER PAREDES ARANA, porque además de un docente y asesor, es un amigo, lo agradezco por su apoyo y paciencia durante la elaboración (preparación, ejecución y sistematización) de este trabajo de investigación. De igual forma agradezco a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Escuela Académico Profesional de ingeniería Zootecnista, a todo el personal docente y administrativo que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de dicho trabajo.

A mis amigos que formaron parte de mi entorno, que a pesar de las dificultades que cada uno pasamos siempre estuvimos unidos apoyándonos los unos a los otros.

A todos en general, infinitamente gracias por confiar en mi persona – los llevo en mi corazón – hoy, mañana y siempre – Dios los bendiga.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	12
1.4. HIPOTESIS Y VARIABLES.....	13
1.4.1. Hipótesis de la investigación	13
1.4.2. Variables.....	13
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.5.1. General	13
1.5.2. Específicos	13

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN	14
2.2. BASES TEÓRICAS.....	16
2.3. BASES CONCEPTUALES.....	20

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	21
3.2. DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS.....	21
3.3. AVES, PIENSO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	21
3.4. PROCESAMIENTO DEL GRANO DE MAÍZ	24
3.5. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y PESOS DE CARCASA Y ÓRGANOS DIGESTIVOS	24
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	25

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. RENDIMIENTO PRODUCTIVO	26
4.2. PESO RELATIVO DE CARCASA Y ÓRGANOS DIGESTIVOS	28

CAPITULO V

1. CONCLUSIONES	30
2. RECOMENDACIONES	31
BIBLOGRAFÍA.....	32
ANEXOS	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ingredientes del pienso y contenido nutricional calculado de la dieta basal de finalización utilizada en todos los tratamientos..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 2. Proporciones de mezcla de maíz molido y entero según tratamientos¹(%) **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 3. Medias de indicadores de rendimiento semanal y acumulado del pavo en finalización según tratamientos y edad.¹ **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 4. Rendimiento de carcasa (RC) y peso relativo de órganos digestivos de pavos de 13 semanas de edad¹ alimentados con diferentes proporciones de maíz entero en fase de finalización **¡Error! Marcador no definido.**

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la inclusión de grano entero de maíz en la última fase alimenticia sobre el rendimiento y el peso de los órganos digestivos de pavos comerciales. Ochenta pavos machos Hybrid Converter de diez semanas de edad fueron asignados aleatoriamente a 20 corrales y 5 tratamientos. El diseño experimental fue completamente al azar con 5 niveles de reemplazo de maíz molido por maíz entero (0, 25, 50, 75 y 100%). No hubo diferencias encontradas en el peso corporal final, la ganancia media diaria o el índice de conversión alimenticia del pavo de engorde en finalización entre 11 y 13 semanas de edad, pero si en el consumo de alimento. El maíz amarillo provocó el agrandamiento de la molleja y del hígado, y disminuyó el rendimiento de la carcasa en pavos de engorde alimentados con piensos con grano entero de maíz al 50, 75 y 100 % de reemplazo del maíz molido.

Palabras clave: pavo, maíz entero, rendimiento productivo, peso de órganos digestivos.

ABSTRACT

The aim of this research was to determine the effect of inclusion of whole grain corn in last phase feed on performance and digestive organs weight in commercial turkey. Eighty Hybrid Converter male turkeys ten week old, were randomly assigned to 20 pens and 5 treatments. The experimental design was a completely randomized with 5 replacement levels of ground corn by whole corn (0, 25, 50, 75 and 100%). No differences were found in final body weight, average daily gain or feed conversion ratio, of finishing turkeys between 11 and 13 weeks of age, but it was found in feed intake. Whole grain corn caused gizzard and liver enlargement, and decreased carcass yield in broiler turkeys fed whole corn at 50, 75, and 100% replacement for ground corn.

Keywords: Turkey, whole corn, productive performance, digestive organs weight.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

Los carbohidratos son los nutrientes que en mayor proporción componen la dieta de las aves, siendo el maíz el principal ingrediente y fuente de carbohidratos utilizado en la industria de piensos avícolas en muchas regiones del mundo (Córdova-Noboa et al., 2020) y en el Perú. El maíz antes de incluirse en la fabricación de los piensos para aves de corral es sometido a un proceso de secado y también a molienda. De los tratamientos previos dependerá el valor nutricional del cereal para los animales. Procesamientos inadecuados pueden generar complejos no digeribles que podrían perjudicar la digestibilidad y absorción de los nutrientes, con depresión del rendimiento de las aves (Huart et al., 2018).

El tamaño de las partículas de grano es un factor importante porque podría influir en varios aspectos de la fisiología gastrointestinal del pavo de engorde, como tasa de pasaje de los alimentos, desarrollo de tracto gastrointestinal (TGI), perfil de microbiota, utilización de nutrientes y ritmo de crecimiento, (Kheravii et al., 2018; Xu et al., 2015; Pacheco et al., 2014; Amerah et al., 2009). En dietas de aves de corral, las partículas finas se han asociado con una mayor área de superficie relativa, lo que posiblemente resulte en una mayor digestibilidad debido a la mayor actividad de las enzimas digestivas sobre el sustrato en el TGI (Amerah et al., 2007). De otro lado, se ha determinado que las partículas gruesas mejoran la motilidad del TGI, estimulan la función de la molleja y reducen la población de patógenos en el intestino delgado, lo que genera mayor eficiencia digestiva (Xu et al., 2015). También se ha observado mejor rendimiento de las aves de corral cuando ingieren granos de cereales molidos groseramente debido al aumento del peso y la funcionalidad de la molleja (Moss et al., 2017). El grano molido reduce el trabajo de la molleja y su masa muscular (Ferket, 2000). Criadores traspatio de los Andes peruanos utilizan el grano entero de maíz en la alimentación de aves adultas, por la facilidad del suministro.

Los pavos de engorde de líneas comerciales requieren grandes cantidades de alimento con altas concentraciones de proteína en la fase inicial y con altos valores energéticos en la fase final (Flores y Grimes, 2022). Pavos machos de la línea Hybrid Converter requieren 22.7 kg

de pienso para alcanzar 11.6 kg de peso corporal hasta las 12 semanas de edad (Struthers et al., 2022). En las fases de finalización la necesidad energética del pavo de engorde es alta, debiendo formularse dietas con más de 3400 kcal de energía metabolizable por kg de alimento (Flores et al., 2021b), lo cual es cubierto principalmente por almidones y lípidos. El endospermo del maíz contiene 65% de almidón (Zaefarian et al., 2015). Por tanto, las dietas finalizadoras de pavos comerciales contienen grandes cantidades de ingredientes energéticos, utilizándose el maíz molido y con diferente granulometría (Kaczmarek et al., 2014).

La finalidad de este trabajo de investigación fue evaluar el efecto del reemplazo del maíz molido (3500 μm) por diferentes proporciones de grano entero de maíz en la dieta finalizadora (11 a 14 semanas de edad) del pavo de engorde sobre el rendimiento productivo y el desarrollo de los órganos gastrointestinales e hígado.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el efecto del reemplazo de maíz molido por grano entero de maíz en la dieta de finalización sobre el rendimiento productivo y peso de órganos digestivos en pavos?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El pavo es una especie monogástrica granívora que puede consumir el grano de maíz sin moler, lo que produciría un ahorro en el proceso mecánico de molienda; sobre todo en la fase de finalización, que es cuando el pavo consume el 40% de alimento respecto del consumo que tendría en toda la fase de engorde. Este trabajo reviste importancia porque trata de identificar si la granulometría del maíz afecta el rendimiento productivo y características anatómicas de los órganos digestivos del pavo comercial. No se observa algún efecto perjudicial sobre la biología del ave y sobre el rendimiento productivo, excepto en el rendimiento de carcasa, por lo que podría constituirse el resultado de la presente investigación en un aporte muy importante a la crianza comercial de pavos.

1.4. HIPOTESIS Y VARIABLES

1.4.1. Hipótesis de la investigación

El reemplazo del maíz molido por diferentes niveles de grano entero de maíz en la dieta finalizadora (11 a 14 semanas de edad) genera diferentes rendimientos productivos del pavo de engorde y diferencias en el peso de sus órganos gastrointestinales

1.4.2. Variables

1.4.2.1. Variable independiente

- Niveles de reemplazo del maíz molido por grano entero: 0, 25, 50, 75 y 100%.

1.4.2.2. Variables dependientes

- Rendimiento productivo
 - Peso corporal
 - Ganancias de peso
 - Ingesta de alimento
 - Conversión alimenticia
- Características de carcasa
 - Rendimiento de carcasa
 - Peso de órganos digestivos: molleja, intestinos e hígado

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. General

Evaluar el efecto del reemplazo de maíz molido por grano entero de maíz en la dieta de finalización sobre el rendimiento productivo y peso de órganos digestivos en pavos.

1.5.2. Específicos

- Determinar el rendimiento productivo del pavo de engorde, finalizado con dietas que incluyen niveles crecientes de grano entero de maíz.
- Determinar las características de carcasa y peso de órganos digestivos del pavo de engorde, finalizado con dietas que incluyen niveles crecientes de grano entero de maíz.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN

Flores et al. (2021a), manifiestan que la mayor parte de la investigación en pavos se ha realizado con un tamaño de partícula de maíz regular establecido a través de programas de alimentación por fases; por lo que realizaron un estudio con el objetivo de determinar el efecto del aumento del tamaño de las partículas de maíz a lo largo de las fases de alimentación sobre el rendimiento en crecimiento y al procesamiento, y el uso de energía de molienda en la producción de pavos machos comerciales Large White. Encontraron una reducción del 36% en el uso de energía de la peletizadora cuando se agregó maíz grueso después del peletizado. Las aves alimentadas con un tamaño medio de partícula creciente de maíz grueso fueron mejores en promedio en peso corporal que las aves alimentadas con un tamaño medio de partícula de control constante. No se encontraron diferencias en la ingesta de alimento o la tasa de conversión de alimento. En conclusión, encontraron que al aumentar el tamaño de partícula de maíz y agregarlo después del pelet podría ahorrar dinero durante la molienda del alimento; sin embargo, las aves pueden tener un peso corporal ligeramente más bajo.

Sánchez et al. (2021), evaluaron el rendimiento del crecimiento, los atributos de la molleja, la viscosidad de la digesta ileal, el ácido úrico plasmático (PUA) y las características de las excretas en pollos y pavos de engorde alimentados con dietas a base de maíz o trigo con o sin suplemento multienzimático (MES). En cada experimento, las aves tuvieron acceso libre al alimento y al agua durante 28 días. Se recolectaron muestras de excretas durante 3 días antes del final y el día 28, se registró el peso corporal y la ingesta de alimento, se desangraron las aves y posteriormente se hizo la necropsia para obtener muestras gastrointestinales. Los pollos de engorde alimentados con maíz tuvieron un peso corporal mayor (1,462 vs 1,424 g) y ganancia de peso (1,416 vs 1,378 g) más alto que las aves alimentadas con dietas de trigo. Los pavos alimentados con dietas de trigo tuvieron un peso corporal mayor ($P < 0.05$) (1,441 vs. 1,408 g) y ganancia de peso (1,376 vs 1,343 g) que los pavos alimentados con dieta de maíz. En conclusión, hubo diversas respuestas fisiológicas y de crecimiento en pollos de

engorde y pavo, lo que sugiere la necesidad de refinar la aplicación de enzimas para diferentes especies de aves de corral, según el tipo de alimento.

Jankowsky et al. (2013), evaluaron el efecto de aumentar los niveles dietéticos de trigo entero aplicado a expensas del trigo granulado molido sobre el desarrollo intestinal y los índices morfológicos, la microbiota cecal y el rendimiento del crecimiento de las aves. La dieta básica se componía de trigo peletizado molido y concentrado de proteína-grasa-mineral-vitamina peletizado mezclado en una proporción de 50:50 y 60:40 (p/p) en 5–8 y 9–12 semanas de alimentación del pavo macho Hybrid Converter. En la semana 9-12, el consumo diario de alimento tendió a disminuir con un aumento en el contenido de trigo entero. Durante todo el experimento, un aumento en la inclusión de grano entero provocó una disminución lineal en las ganancias de peso corporal y la tasa de conversión alimenticia de pavos. La viscosidad de la digesta del intestino delgado, así como el peso relativo del tejido de la molleja y la digesta cecal aumentó linealmente con dietas elevados niveles de trigo entero. Al mismo tiempo, el pH de la digesta, las concentraciones de amoníaco y las concentraciones totales de ácidos grasos de cadena corta en el ciego disminuyeron linealmente en los tratamientos con mayores cantidades de trigo integral. Un aumento en los niveles de trigo entero en la dieta estuvo acompañado por una tendencia hacia un aumento lineal en el grosor de la capa muscularis externa y una disminución en la profundidad de la cripta en el duodeno y una disminución lineal en la altura de las vellosidades cecales. El aumento de los niveles de grano entero en las dietas no influyó en los recuentos bacterianos totales por g de digesta cecal, incluidas bacterias, lactobacillus, enterococos, bifidobacterium, salmonella y bacteroides, mientras que se observó una disminución lineal en los conteos de *Escherichia coli*, Clostridiaceae y *Clostridium perfringens*. El reemplazo de trigo molido con niveles más altos de grano entero aumentó linealmente las concentraciones de materia seca en las excretas y alivió los síntomas de la dermatitis plantar en pavos.

2.2. BASES TEÓRICAS

Importancia del cultivo de maíz

El maíz sufre una diversificación muy grande en su grado de tecnificación. La calidad de los granos deberá permanecer como centro de la atención en programas avanzados de producción agrícola, a medida que se dan nuevas modificaciones en la agricultura, como consecuencia de los avances de la biotecnología, del cultivo de diferentes variedades, de la tecnología para mejorar el desempeño de las semillas, de la diversidad de exigencias de los consumidores y de la evolución de la tecnología de divulgación, el mercado exigirá mayor eficiencia en la calidad de los granos (Sartori et al., 2002).

Valor nutricional del grano de maíz

El grano de maíz puede dividirse en tres partes: el pericarpio, que representa el 5,5% del grano y está constituido, principalmente, por fibra, almidón y proteínas, el embrión, que representa el 11,5% del grano y está constituido, principalmente, por lípidos, proteínas, azúcares, almidón y materia mineral, y el endosperma, que representa el 83% del grano y está constituido, principalmente, por almidón y proteínas (Regina y Solferini, 2002). Típicamente, el endosperma está constituido por 90% de almidón y 10% de proteína y aproximadamente el 70% de las proteínas del endosperma están constituidas por varias clases de zeinas (Gibbson y Larkins, 2005).

El uso de maíz en alimentación de aves

Para la avicultura, el maíz asume un rol de vital importancia en la alimentación por el hecho de componer el 60% de una dieta de pollos de engorde y aproximadamente el 65% de la energía metabolizable, y debido al gran porcentaje de participación en las formulaciones contribuye con aproximadamente del 20 al 30% de la provisión de proteína y aminoácidos para las aves (Barbarino, 2001). Según Barbarino (2001), el maíz presenta el más alto tenor de energía para aves entre los diversos cereales, además de otras diversas características

nutricionales relevantes. Presenta alta palatabilidad y su almidón es altamente digerible. Rico en xantofilas otorga buena pigmentación a la yema del huevo y a la piel del pollo y mejora su atractivo visual, siendo el cereal que presenta el mayor tenor de ácido linoleico. Presenta bajo tenor de fibra bruta y no presenta factores antinutricionales. Pero, a pesar de tener tenores proteicos de alrededor de 8 a 10% de la materia seca, la proteína del grano de maíz no es considerada adecuada para la nutrición de aves, su perfil de aminoácidos es desbalanceado, con exceso de leucina y deficiencias de lisina y de triptófano. Esto se debe al hecho de que el endosperma, aproximadamente el 80% del peso seco del grano, tiene bajo porcentaje de proteínas (Regina y Solferini, 2002). La principal fuente de almacenamiento de carbohidratos en el endosperma es el almidón, molécula compuesta de dos polímeros: amilosa y amilopectina, que están organizados como gránulos cristalinos en los amiloplastos. Además de almidón y proteína, el endosperma acumula lípidos, compuestos orgánicos e inorgánicos en pequeñas cantidades (Lopes y Larkins, 1993). Existen diversos factores que pueden determinar la variabilidad nutricional del maíz y han ocurrido modificaciones debido a los errores cometidos en la plantación, recolección, almacenamiento y otras manipulaciones que el producto sufre hasta el momento de su consumo. Estas modificaciones llevan al producto a perder su calidad, principalmente desde el punto de vista nutricional, que puede dar como resultado pérdidas en el desempeño animal y, consecuentemente, en la lucratividad del sector productivo (Rodríguez, 2013).

El aumento del tamaño medio de las partículas o la alimentación con grano entero de maíz incrementa la masa muscular de la molleja y podría modificar la digestibilidad, debido a que este órgano influye en la regulación de la motilidad intestinal (Flores et al., 2021a). En todo el mundo existe un creciente interés por la alimentación de las aves con granos enteros para reducir los costos de alimentación y por los efectos positivos informados sobre la función digestiva (Singh et al., 2014). La práctica de ofrecer grano entero de cereal a los pollos de engorde junto con un alimento balanceado se ha aceptado en ciertas regiones, incluidas Europa, Canadá y Australia, lo que además genera mejor aprovechamiento de la energía y eficiencia alimenticia (Liu et al., 2014).

Los posibles efectos del tamaño de partícula han sido ampliamente investigados en pollos de engorde y también en pavos, estableciendo comparaciones entre el tamaño medio de partícula del maíz molido y el rendimiento de las aves durante cada fase de alimentación (Favero et al., 2012; Jankowski et al., 2013; Singh et al., 2014; Liu et al., 2015). Pero el efecto de la inclusión de grano entero de maíz sobre el rendimiento del pavo comercial en fase de finalización viene siendo recientemente estudiado. Flores et al. (2021a), encontraron pesos de beneficio a las 14 semanas de edad de 13.2 kg con una dieta que contenía 37.5% maíz molido y 10% maíz entero, y pesos de 13.4 kg en pavos que consumieron una dieta control que incluyó 47.5% de maíz molido. Existe la premisa que el peso y desarrollo corporal del animal es determinante para decidir qué tamaño de partícula debe tener el alimento. Se ha demostrado mejor rendimiento de pollos de engorde con maíz finamente molido en dietas iniciadoras, sin embargo, en fase de finalización las dietas con maíz grueso generan mejores indicadores productivos (Lv et al., 2015). Otras especies animales de mayor peso alcanzan mayor rendimiento productivo con grano entero de maíz que cuando consumen maíz molido. Dietas altas en grano de maíz entero mejoró el rendimiento animal y cambió la composición y diversidad bacteriana digestiva en corderos de engorde (Wang et al., 2022).

Acerca de la calidad del maíz.

Lazzari (1993), cita que algunos factores como el tenor de humedad, la presencia de granos dañados por hongos (granos enmohecidos, mohoso, con gérmenes dañados, descoloridos, calentados, fermentados o ardidos), granos rotos, materias ajenas, impurezas, presencia de micotoxinas, tenores de aceite y niveles de proteína pueden informar con cierta precisión la calidad de un lote de granos. Según Baidoo et al. (1991), existe una correlación positiva entre la densidad de los granos y los valores de Energía Metabolizable Aparente (EMA), en que una disminución del 20% en la densidad de los granos está relacionado con una reducción del 4,3% en el valor de EMA (Kato, 2005).

La presencia de hongos en los granos de maíz, puede representar importantes pérdidas en términos de la calidad nutricional, y el proceso de descontaminación se torna costoso y difícil (Krabbe et al. 1994). Estos problemas pueden reducirse si se adoptan una serie de medidas,

como la reducción en el período de almacenamiento de la ración y la peletización, que reducen el contagio de moho, o por la utilización de programas más complejos y costosos como la introducción de antifunguicidas que inhiben la producción de colonias de hongos en los granos y raciones. A los efectos de la evaluación de la calidad, el maíz es clasificado en Brasil con los tipos 1, 2 y 3 de acuerdo con el grado de impurezas, granos rotos, pasados o con moho, según las especificaciones para la estandarización, la clasificación y la comercialización interna del maíz que son reglamentadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento, aunque varias empresas utilizan estándares privados de evaluación y clasificación del maíz (Rodríguez, 2013). Si bien el maíz es clasificado conforme sus características físicas, esto no representa mucha información para el nutricionista, ya que varias muestras, clasificadas como del mismo tipo, tienen una composición química muy variable. Siendo primordial su clasificación en base a sus atributos nutricionales (Silva, 2006).

De acuerdo con Albino y Silva (1996), el uso de las ecuaciones, a pesar de ser un método indirecto de estimar los valores de energía metabolizable de los alimentos, puede ser útil para aumentar la precisión en la formulación de raciones de forma tal de corregir los valores energéticos, de acuerdo con las variaciones en la composición química de los alimentos.

De acuerdo con Pinto y Pastore (1995), el maíz se caracteriza como una excelente fuente energética y de pigmentos para aves, pero con problemas que deben ser tenidos en cuenta en una fábrica de piensos, entre los cuales se encuentran: Exceso de humedad, de altos tenores de granos rotos, ardidos y podridos, de semillas de plantas invasores de los cultivos, de material ajeno y con moho, de aflatoxinas. Se permite inferir que puede haber modificaciones en la composición nutricional de las raciones, lo que contribuye a provocar pérdidas en el desempeño. Rodríguez et al (2009), cita que las raciones deben formularse de acuerdo con las correcciones de estas diferencias químicas y propiedades físicas del maíz, siendo las ecuaciones de predicciones importantes herramientas para complementar y adecuar los valores de los mismos. Por lo tanto, evaluar la calidad de las raciones pasa obligatoriamente por la evaluación correcta del maíz.

Importancia del tamaño de partícula del pienso.

Amerah et al., (2007), determinaron mejora en el desempeño de las aves alimentadas con pienso granulado acompañada por una disminución en la longitud relativa de todos los componentes del tubo digestivo, aunque la extensión de la capa mucosa es mayor tanto en el duodeno y yeyuno de aves alimentadas con alimentos granulados. Otro factor como la temperatura de secado y las interacciones del tamaño de las partículas influyen en el rendimiento vivo de los pollos de engorde, el desarrollo de los órganos gastrointestinales, la digestibilidad de los nutrientes y la utilización de la energía (Córdoba-Noboa et al., 2020).

2.3. BASES CONCEPTUALES.

Ganancia media diaria (GMD): Es un indicador del crecimiento utilizado en la evaluación de aves de carne. Es el promedio de peso incrementado en un determinado periodo de evaluación sobre la duración del mismo (Amerah et al., 2007).

Ingesta diaria de alimento (IDA): Es la cantidad promedio de consumo de alimento por ave (Pacheco et al., 2013).

Índice de conversión alimenticia (ICA): Indicador de eficiencia alimenticia, muy utilizado en evaluación del crecimiento de las aves. Se lo reporta en revistas redactadas en el idioma inglés como Feed Conversion Ratio (FCR). Muestra el consumo de alimento por cada 1 kg de peso ganado (Jankowsky et al., 2013).

Rendimiento de carcasa: Es la relación entre el peso de la carcasa y el peso corporal del ave viva previo al sacrificio (Flores y Grimes, 2022).

Peso relativo de órganos digestivos: Se determina para evaluar el efecto de algunos ingredientes alimenticios o de la dieta cuando tienen características especiales como altas en fibra o diferente granulometría. Indica el peso de los órganos estomacales o intestinales en relación al peso vivo del ave (Karunaratne et al., 2021).

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el galpón de aves López-La Molina, ubicado en el Distrito, Provincia y Departamento de Cajamarca, bajo las siguientes condiciones geográficas y climatológicas:

3.2. DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS

- Altitud: 2673 m.s.n.m.
- Latitud sur: 7° 17' 28"
- Longitud oeste: 78° 49' 11"
- Temperaturas promedio / año: 15 °C
- Humedad Relativa: 70 %
- Precipitación pluvial: 635 mm
- Clima frío y seco, la temporada de lluvias es de diciembre a marzo.

Fuente: SENAMHI – Cajamarca-2021

La presente investigación, tuvo una duración de 13 semanas. Una fase pre experimental de 10 semanas y la fase de control y evaluación experimental durante las 3 últimas semanas de crecimiento de las aves.

3.3. AVES, PIENSO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Ochenta pavos de engorde machos de la línea Hybrid Converter de 70 días de edad, fueron alojados en un galpón dividido en 20 corrales, de una superficie de 4 m² cada uno, hasta los 91 días de edad. Cada pavo individualmente fue pesado al inicio del experimento. El alimento, en forma de harina más grano entero de maíz (excepto en el grupo control), fue suministrado de acuerdo a tratamiento y el agua fue provista *ad libitum*. La fórmula alimenticia del pienso de finalización y el contenido nutricional estimado se presentan en el

Cuadro 1. Los 80 pavos fueron distribuidos en 5 tratamientos con 4 corrales por cada tratamiento, se consideró cada corral como una unidad experimental o repetición. Cada corral contenía 4 pavos. Todos los tratamientos recibieron el mismo pienso indicado en el **Cuadro 1**, variando las proporciones de grano entero en reemplazo del grano molido de maíz, que fueron en el orden de 0, 25, 50, 75 y 100%, lo que determinó los cinco tratamientos en estudio (**Cuadro 2**).

Cuadro 1. Ingredientes del pienso y contenido nutricional calculado de la dieta basal de finalización utilizada en todos los tratamientos.

	%
Ingredientes	
Maíz amarillo	36.0
Arroz quebrado	20.5
Torta de soya	35.0
Aceite de palma	5.0
Carbonato de calcio	1.0
Fosfato dicálcico	1.4
DL Metionina	0.2
L-Lisina	0.2
Cloruro de sodio	0.4
Cloruro de colina	0.2
Premezcla de vitaminas y minerales ¹	0.1
TOTAL	100
Nutrientes calculados	
Materia seca	88.41
Proteína cruda	20.38
Energía metabolizable (kcal/kg)	3294
Lisina	1.01
Metionina	0.49
Calcio	1.08
Fósforo disponible	0.52

¹ Cada kg contiene: Vit. A 10 000 mil UI, Vit. D3 3 000 mil UI, Vit. E 12 000 UI, Vit. K3 2.5 g, tiamina 2 g, riboflavina 6 g, cianocobalamina 12 mg, ácido pantoténico 16 g, ácido fólico 21,5 g, niacina 120 mg, Mn 65 g, Zn 65 g, Fe 80 g, Cu 10 g, I 1 g, Se 200 mg. Producto comercializado como Proapack Pavos por Distribuidora Montana S.A. Perú.

Cuadro 2. Proporciones de mezcla de maíz molido y entero según tratamientos¹ (%)

	Maíz molido	Maíz entero
Tratamientos		
0%	36	0
25%	27	9
50%	18	18
75%	9	27
100%	0	36

¹Inclusión de maíz amarillo como porcentaje de la dieta total

3.4. PROCESAMIENTO DEL GRANO DE MAÍZ

El grano de maíz utilizado en el experimento procedió de un mismo lote de maíz cosechado por un agricultor del valle Jequetepeque, molido cuando el grano de maíz contenía una humedad menor a 15%, en molino de martillos con una criba de 3500 μm . Se realizaron evaluaciones físicas del grano de maíz, como la determinación de la densidad, pesando el grano contenido en un vaso Beaker de 1 litro de capacidad. Asimismo, se determinó el porcentaje de impurezas, en base a 100 g de maíz. La mezcla de los cinco alimentos utilizados se los hizo tres días antes de iniciar el experimento, manualmente.

3.5. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y PESOS DE CARCASA Y ÓRGANOS DIGESTIVOS

El peso corporal (PC) e ingesta de alimento por corral fueron determinados en una balanza electrónica de plataforma marca TCS de 100 kg de capacidad y precisión de 10g. Los datos se registraron semanalmente. Se determinó la ingesta de alimento promedio por ave para todo el periodo experimental, para lo cual se estimó el consumo de alimento según tratamiento considerando el suministro de alimento menos el residuo que el ave no consumió. El índice de conversión alimenticia (ICA) fue determinado por la relación consumo de alimento/incremento de PC.

A la edad de 91 días, 2 pavos por corral, fueron elegidos al azar, aturdidos eléctricamente y sacrificados previo ayuno de 8 horas. La carcasa, hígado, molleja e intestinos se pesaron en balanza de precisión de 0.01g. Fue considerada como carcasa todo el cuerpo del animal desprovisto de plumas desde la cabeza, cuello, alas, patas, así como hígado, corazón y molleja lavada. Los pesos relativos de carcasa y órganos digestivos fueron determinados en relación al peso vivo del ave. Se determinó el rendimiento de carcasa (RC) y peso relativo de los órganos digestivos mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{RC} = (\text{peso de carcasa} / \text{peso vivo final}) \times 100;$$

$$\text{Molleja} = (\text{peso de molleja} / \text{peso vivo final}) \times 100;$$

$$\text{Intestinos} = (\text{peso de intestinos} / \text{peso vivo final}) \times 100;$$

$$\text{Hígado} = (\text{peso de hígado} / \text{peso vivo final}) \times 100.$$

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos del experimento se sometieron a análisis estadístico utilizando análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar. En los indicadores de rendimiento productivo un corral constituyó una unidad experimental. En los indicadores de rendimiento de carcasa y peso relativo de órganos digestivos, los datos de dos aves representaron una repetición. Los valores presentados en las tablas son medias con error estándar agrupado de la media (SEM). Al detectarse un efecto significativo, las diferencias entre tratamientos o efectos principales se analizaron por prueba de rango múltiple de Duncan.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento productivo

El peso corporal, la ingesta de alimento, ganancia de peso e índice de conversión alimenticia de pavos de 11 a 13 semanas de edad alimentados con diferentes proporciones de maíz entero en reemplazo del maíz molido se muestran en el cuadro 3. Durante todo el experimento no se encontraron diferencias ($p>0.05$) entre tratamientos para el peso final, GMD e ICA, pero si hubo diferencias ($p<0.05$) en la ingesta de alimento, observándose menor IDA a medida que los pavos consumieron mayores cantidades de maíz entero. Este comportamiento ingestivo se observó durante las tres semanas evaluadas. La GMD e ICA fueron diferentes entre tratamientos solo en pavos de 11 semanas de edad.

La inclusión de grano entero de maíz en reemplazo del maíz molido no afectó el incremento de peso en pavos de engorde en fase de finalización, lo que concuerda con lo manifestado con Liu et al. (2015), quienes refieren, que regímenes alimenticios con grano de cereal entero proporcionan ventajas económicas y fisiológicas porque generan mejoras en la utilización de energía y en la conversión alimenticia. Sin embargo, en pollos de engorde alimentados con grano entero de trigo se reportan bajas en el peso corporal final entre 1.81 y 12.90%, respecto de un tratamiento control (Amerah y Ravindran, 2008; Svihus et al., 2010). En el presente estudio, el peso corporal final en el grupo control fue de 10.90 kg y en el tratamiento con reemplazo total (100%) del maíz molido por maíz entero fue de 9.86 kg, con una diferencia de 1.04 kg, lo que representaría una disminución del peso corporal cercana al 10%. Flores et al. (2021a), encontró una merma de 1.5% en el peso final en pavos de engorde de 14 semanas de edad con inclusión de 25% de maíz entero, con similares IDA e ICA, con menores ingestas en pavos que consumieron grano entero de maíz y sin efectos adversos sobre el ICA, tal como se encontró en la presente investigación.

Cuadro 3. Medias de indicadores de rendimiento semanal y acumulado del pavo en finalización según tratamientos y edad.¹

	Tratamientos (Reemplazo de maíz molido por maíz entero)					SEM	Valor P
	0%	25%	50%	75%	100%		
Peso inicial (kg)	6.40	6.12	6.40	6.22	6.12	0.062	0.514
Peso final (kg)	10.90	10.22	10.49	10.10	9.86	0.178	0.209
Semana 11							
GMD (kg)	0.193 ^a	0.168 ^b	0.168 ^b	0.150 ^c	0.143 ^c	0.009	0.006
IDA (kg)	0.712 ^a	0.547 ^b	0.533 ^b	0.461 ^c	0.441 ^c	0.048	<0.001
ICA	3.71 ^a	3.27 ^b	3.18 ^{bc}	3.08 ^c	3.13 ^c	0.113	0.032
Semana 12							
GMD (kg)	0.214	0.207	0.207	0.200	0.196	0.003	0.193
IDA (kg)	0.730 ^a	0.723 ^a	0.654 ^b	0.653 ^b	0.587 ^c	0.026	0.003
ICA	3.44	3.72	3.26	3.33	3.01	0.116	0.195
Semana 13							
GMD (kg)	0.236	0.211	0.209	0.204	0.195	0.007	0.104
IDA (kg)	0.826 ^a	0.723 ^b	0.828 ^a	0.800 ^a	0.728 ^b	0.027	0.006
ICA	3.61	3.72	3.98	4.01	3.76	0.113	0.096
Semanas 11-13							
GMD (kg)	0.214	0.195	0.195	0.185	0.178	0.007	0.072
IDA (kg)	0.756 ^a	0.723 ^b	0.672 ^c	0.638 ^d	0.585 ^e	0.030	<0.001
ICA	3.54	3.73	3.47	3.48	3.31	0.069	0.208

¹Cada valor representa la media de 4 repeticiones por tratamiento. Cada repetición estuvo conformada por 4 pavos machos. GMD: ganancia media diaria. IDA: ingesta diaria de alimento. ICA: índice de conversión alimenticia SEM: Error estándar de la media.

^{a, b, c, d, e} Las medias dentro de una fila que no comparten igual superíndice difieren significativamente ($p < 0.05$).

La ingesta reducida de alimento en los pavos que consumieron mayor cantidad de maíz entero pudo haber mejorado la utilización de nutrientes con la consecuente mayor producción de energía (Liu et al., 2014), lo cual posiblemente provocó menor ingesta de alimento y mayor eficiencia alimenticia, generando similares datos de ICA en los pavos de engorde con grano entero de maíz. Otro aspecto a considerar y que puede explicar los resultados de menor ingesta de alimento encontrado en el presente estudio, es la digestibilidad del almidón y su dinámica digestiva que abarcan

la extensión, la velocidad y el sitio de la digestión a lo largo del intestino delgado, que por lo general suele ser de alto orden en la parte terminal del íleon, así como la absorción de glucosa (Weurding et al., 2003), por lo que la provisión de almidón de digestión lenta como es la proveniente del grano entero de maíz pudo haber mejorado la absorción de glucosa, manteniendo una buena eficiencia digestiva del pavo.

4.2. Peso relativo de carcasa y órganos digestivos

En el **cuadro 4** se observan los valores promedio del rendimiento de carcasa y pesos relativos de molleja, intestinos e hígado de pavos de 13 semanas de edad alimentados con diferentes proporciones de maíz entero en la fase de finalización. Se observaron diferencias ($p > 0.05$) entre las medias de los tratamientos para el rendimiento de carcasa y pesos relativos de molleja e hígado.

Cuadro 4. Rendimiento de carcasa (RC) y peso relativo de órganos digestivos de pavos de 13 semanas de edad¹ alimentados con diferentes proporciones de maíz entero en fase de finalización.

	Tratamientos (Reemplazo de maíz molido por maíz entero)					SEM	Valor P
	0%	25%	50%	75%	100%		
RC (%)	86.57 ^a	86.35 ^a	86.15 ^b	85.72 ^c	85.42 ^c	0.209	0.006
Molleja (%)	1.75 ^b	1.82 ^b	1.85 ^{ab}	1.89 ^a	1.90 ^a	0.026	0.009
Intestinos (%)	3.83	3.82	3.85	3.87	3.86	0.010	0.527
Hígado (%)	1.33 ^d	1.39 ^d	1.48 ^c	1.70 ^b	1.94 ^a	0.111	0.004

¹Cada valor representa la media de 4 repeticiones. Cada repetición estuvo conformada por datos de 2 pavos
SEM: Error estándar de la media.

^{a, b, c, d} Las medias dentro de una fila que no comparten igual superíndice difieren significativamente ($p < 0.05$).

RC = (Peso de carcasa/Peso vivo final) x 100. Molleja (%) = (Peso molleja/Peso vivo final) x 100. Intestinos (%) = (Peso intestinos/Peso vivo final) x 100. Hígado (%) = (Peso hígado/Peso vivo final) x 100.

La capacidad del régimen alimenticio con grano entero de maíz para aumentar los pesos relativos de la molleja es observable en el presente estudio. Al respecto, está demostrado en pavos de engorde por Paredes et al. (2021), que el forraje verde de alfalfa tiene un alto impacto en el tamaño de la molleja; respuesta fisiológica atribuida al alto contenido fibroso de la alfalfa. Sin embargo, el

maíz es un cereal rico en almidón y de muy bajo contenido en fibra; por lo que resulta importante explicar el efecto del maíz entero sobre el desarrollo de la molleja. Al respecto, Ferket (2000), indica que el reflujo gástrico de las aves recicla la digesta de la molleja hacia el proventrículo y el reflujo del intestino delgado recicla el quimo desde el duodeno y el yeyuno hacia el área gástrica, lo cual aumenta la degradación de las proteínas en polipéptidos por la pepsina y su conversión en pequeños péptidos y aminoácidos por la tripsina y otras proteasas endógenas en el intestino delgado. Dichos reflujos digestivos podrían intensificarse por la presencia de almidones de lenta digestión contenidos en el grano entero de maíz, lo que amplificaría mollejas más pesadas, de gran beneficio para el ave por cuanto el mayor reflujo del intestino delgado daría lugar a mayor exposición de la digesta a los jugos gástricos en la molleja. Por lo que el pavo con una molleja más desarrollada y exposición más intensa de las proteínas de la dieta a la pepsina y HCl, podría mejorar tanto el inicio de la digestión de proteínas y su posterior digestión por enzimas pancreáticas, incluidas la tripsina y la quimotripsina, en el intestino delgado; además de estimular la vesícula biliar para secretar bilis, indispensable en la digestión de grasa (Nishi et al., 2001), que tendría relación causal con la disminución del ICA encontrado en el presente estudio. Por tanto, el grano entero de maíz al inducir agrandamiento de la molleja, también produciría eficiencia digestiva, contrario a lo que se podría suponer, por ser el grano entero un ingrediente que requiere de mayor gasto energético para su fragmentación y aprovechamiento nutricional.

Se observa en el presente trabajo de investigación que el peso relativo de la molleja guarda cierta correlación con el tamaño de hígado. También se encontró que el incremento de peso de estos dos órganos digestivos podría generar la disminución del rendimiento de carcasa, aunque el grupo control muestra RC similar al tratamiento con 25% de maíz entero, disminuyendo el RC a 86.15% en el tratamiento con 50% de reemplazo de maíz entero, y entre 85.72 y 85.42% de RC en los tratamientos con 75 y 100%.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- El reemplazo parcial o total del maíz molido por grano entero de maíz no afecta el peso corporal ni la conversión alimenticia del pavo de engorde en fase de finalización entre 11 y 13 semanas de edad.
- La inclusión de maíz entero reduce la ingesta del pienso a medida que el pavo consume mayor proporción de grano entero.
- El grano entero de maíz generó agrandamiento de la molleja e hígado y disminución del rendimiento de carcasa en pavos de engorde que consumieron alimentos con maíz entero en 50, 75 y 100% de remplazo del maíz molido.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- Continuar evaluando al grano entero de maíz en la alimentación de pavos, en temas sobre digestibilidad a nivel ileal, a fin de conocer su verdadero valor energético del maíz cuando es consumido como grano entero.
- Evaluar la repercusión digestiva y productiva de la alimentación con grano entero de maíz en otras especies avícolas como patos, gallos de pelea y gallinas criollas.
- Evaluar el efecto del grano entero de maíz sobre características físicas, organolépticas y gastronómicas de la carne de aves en general.

BIBLOGRAFÍA

1. Albino LF, Silva MA. 1996. Valores nutritivos de alimentos para aves y porcinos determinados en Brasil. In: Simposio Internacional sobre Exigencias Nutricionales de Aves y Porcinos. Anais. Viçosa: UFV, p. 303-318.
2. Amerah AM, Ravindran V, Lentle RG. 2009. Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 50: 366-375. doi: 10.1080/00071660902865901.
3. Amerah AM, Ravindran V. 2008. Influence of method of whole-wheat feeding on the performance, digestive tract development and carcass traits of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 147, 326-339. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2008.01.014.
4. Amerah AM, Ravindran V, Lentle RG, Thomas DG. 2007. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. *Poult. Sci.* 86: 2615-2623. doi:10.3382/ps.2007-00212.
5. Córdova-Noboa H, Oviedo-Rondón E, Ortiz A, Matta Y, Hoyos S, Buitrago G, Martinez J, Yanquen J, Peñuela L, Sorbaraz J, Cowieson A. 2020. Corn drying temperature, particle size, and amylase supplementation influence growth performance, digestive tract development, and nutrient utilization of broilers. *Poult. Sci.* 99:5681-5696. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.07.010>.
6. Favero A, Maiorka A, da Silva AVF, de Paula-Valle FL, dos Santos SA, Muramatsu K. 2012. Influence of feed form and corn particle size on nutrient digestibility and energy utilization by young turkeys. *R. Bras. Zootec.* 41:86–90. ISSN 1806-9290 www.sbz.org.br.
7. Ferket PR, Gernat AG. 2006. Factors that affect feed intake of meat birds: a review. *Int. J. Poult. Sci.* 5:905–911. <https://dx.doi.org/10.3923/ijps.2006.905.911>.
8. Flores KR, Grimes JL. 2022. Performance and processing yield comparisons of Large White male turkeys by genetic lines, sources, and seasonal rearing. *Poult. Sci.* 101:101700 <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101700>.
9. Flores KR, Fahrenholz A, Ferket PR, Biggs TJ, Grimes JL. 2021a. Effect of methionine chelated Zn and Mn and corn particle size on Large White male turkey live performance and carcass yields. *Poult. Sci.* 100:101444. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101444>.
10. Flores KR, Fahrenholz A, Grimes JL. 2021b. Effect of pellet quality and biochar litter amendment on male turkey performance. *Poult. Sci.* 100:101002. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.01.025>.
11. Gibbson B, Larkins BA. 2005. Molecular genetic approaches to developing quality protein maize. *Trends in Genetics* 21(4): 227-233.
12. Huart F, Malumba P, Odjo S, Al-Izzi W, Bera F, Beckers Y. 2018. In vitro and in vivo assessment of the effect of initial moisture content and drying temperature on the feeding value of maize grain. *Br. Poult. Sci.* 59:452-462. <https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1477253>.
13. Jankowski J, Zduńczyk Z, Mikulski D, Przybylska-Gornowicz B, Sosnowska E, Juśkiewicz J. 2013. Effect of whole wheat feeding on gastrointestinal tract development and performance of growing turkeys. *Anim. Feed Sci. Technol.* 185:150-159. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.07.012>.
14. Kaczmarek SA, Cowieson AJ, Jozefiak D, Rutkowski A. 2014. Effect of maize endosperm hardness, drying temperature and microbial enzyme supplementation on the performance of broiler chickens. *Anim. Prod. Sci.* 54:956–965. ISSN: 1836-0939.
15. Karunaratne ND, Classen HL, Ames NP, Bedford MR, Newkirk RW. 2021. Effects of hullless barley and exogenous beta-glucanase levels on ileal digesta soluble beta-glucan molecular

- weight, digestive tract characteristics, and performance of broiler chickens. *Poultry Science* 100:100967 <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.064>.
16. Kato RK. 2005. Energía metabolizable de algunos Ingredientes para pollos de corte en diferentes edades. Tesis de Doctorado en Zootecnia. Universidad Federal de Lavras, MG.
 17. Kheravii SK, Swick RA, Choct M, Wu SB. 2018. Nutrient digestibility response to sugarcane bagasse addition and corn particle size in normal and high Na diets for broilers. *Poult. Sci.* 97:1170-1176. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex403>.
 18. Krabbe EL, Penz AM, Lazzari FA, Reginatto MF. 1994. Efeito da umidade e do ácido propiônico sobre las características bromatológicas e microbiológicas de grãos de milho. In: CONFERENCIA APINCO DE CIENCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Santos, 1994. Anais, FACTA, Campinas-SP, p. 27
 19. Lazzari FA. 1993. Humedad, Hongos y Micotoxinas en la Calidad de Semillas, Granos y Raciones, Curitiba-PR. 140p.
 20. Liu SY, Truong HH, Selle PH. 2015. Whole-grain feeding for chicken-meat production: Possible mechanisms driving enhanced energy utilization and feed conversion *Anim. Prod. Sci.* 55:559-572. <http://dx.doi.org/10.1071/AN13417>.
 21. Lopes MA, Larkins B. 1993. Endosperm Origin, development, and function. *The plant Cell, Rockville* 5(10): 1383-1399.
 22. Lv M, Yan L, Wang Z, An S, Wu M, Lv Z. 2015. Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. *Animal Nutrition* 1: 252-256. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2015.06.001>.
 23. Moss AF, Chrystal PV, Truong HH, Selle PH, Liu SY. 2017. Evaluation of ground grain versus pre- and post-pellet whole grain additions to poultry diets via a response surface design. *Br. Poult. Sci.* 58:718-728. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2017.1370698>.
 24. Nishi T, Hara H, Hira T, Tomita F. 2001. Dietary protein peptic hydrolysates stimulate cholecystokinin release via direct sensing by rat mucosal cells. *Experimental Biology and Medicine* 266, 1031-1036.
 25. Pacheco WJ, Stark CR, Ferket PR, Brake J. 2014. Effects of trypsin inhibitor and particle size of expeller-extracted soybean meal on broiler live performance and weight of gizzard and pancreas. *Poult. Sci.* 93:2245-2252. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2014-03986>.
 26. Paredes M, Tocas C, Hobán C, Ortiz P. 2021. Efectos de la restricción del pienso y suplementación con alfalfa sobre el rendimiento productivo, características de carcasa, índices cardiacos y parámetros hematológicos del pavo criado en condiciones hipobáricas. *Rev Inv Vet Perú* 32(6): e21691. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i6.21691>.
 27. Pinto JH, Pastore S. 1995. Control de calidad de materia prima. In: Simposio goiano de avicultura. Anais, Goiânia: AGA/UFG p.11-22.
 28. Regina R, Solferini O. 2002. Producción de variedades de maíz de ingredientes de alto valor nutricional: características y beneficios. In Simposio sobre ingredientes en la alimentación animal, Uberlândia, MG. Anais... Campinas, SP: CBNA p. 105-116.
 29. Rodrigues S, Stringuini JH, McManus CM. 2013. Calidad del maíz. Universidad de Brasilia. Brasil.
 30. Rodrigues S. 2009. Evaluación de la calidad del maíz y predicción de la energía metabolizable para uso en avicultura. Tesis de Doctorado en Zootecnia. Universidad Federal de Brasília, DF.
 31. Sanchez, J., S. Barbut, R. Patterson, and E. G. Kiarie. 2021. Impact of fiber on growth, plasma, gastrointestinal and excreta attributes in broiler chickens and turkey poult fed corn- or wheat-based diets with or without multienzyme supplement. *Poultry Science* 100:101219.

32. Sartori JR, Costa C, Pezzato AC, Martins CL, Carrijo AS, Cruz VC, Pinheiro DF. 2002. Ensilaje de granos húmedos de maíz en la alimentación de pollos de corte. *Pesq. Agrop. Brás.* 37(7): 1009-1015.
33. Silva CS. 2006. Valores nutricionales de maíz de diferentes calidades para pollos de corte. *Disertación de maestría, Universidad Federal Norte Fluminense* 92p.
34. Singh Y, Amerah AM, Ravindran V. 2014. Whole grain feeding: Methodologies and effects on performance, digestive tract development and nutrient utilization of poultry. *Anim. Feed Sci. Technol.* 190:1-18. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.01.010>.
35. Struthers S, Fiss T, Classen HL, Gomis S, Herwig E, Schwean-Lardner K. 2022. The impact of infrared beak treatment on turkey tom and hen beak length and performance to 12 weeks of age. *2022 Poult. Sci.* 101:101737. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101737>.
36. Svihus B, Sacranie A, Denstaldi V, Choct M. 2010. Nutrient utilization and functionality of the anterior digestive tract caused by intermittent feeding and inclusions of whole wheat in diets for broiler chicks. *Poultry Science* 89, 2617-2625. doi:10.3382/ps.2010-00743.
37. Wang L, Qi W, Mao S, Zhu W, Liu J. 2022. Effects of whole corn high-grain diet feeding on ruminal bacterial community and epithelial gene expression related to VFA absorption and metabolism in fattening lambs *Get. Journal of Animal Science*, skac056. <https://doi.org/10.1093/jas/skac056>.
38. Weurding RE, Enting H, Verstegen MWA. 2003. The effect of site of starch digestion on performance of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 110, 175-184. doi:10.1016/S0377-8401(03)00219-0.
39. Xu Y, Stark CR, Ferket PR, Williams CM, Brake J. 2015. Effects of feed form and dietary coarse ground corn on broiler live performance, body weight uniformity, relative gizzard weight, excreta nitrogen, and particle size preference behaviors. *Poult. Sci.* 94:1549–1556. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev074>.
40. Zaefarian F, Abdollahi MR, Ravindran V. 2016. Particle size and feed form in broiler diets: impact on gastrointestinal tract development and gut health. *Worlds. Poult. Sci. J.* 72:277–290. <https://doi.org/10.1017/S0043933916000222>.

A N E X O S

ANEXO 1. PROMEDIO DE PESOS INICIALES (KG)

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	5.7	5.7	5.7	5.1	5
2	6	5.8	6.5	6.3	6.3
3	6.7	6	6.5	6.7	6.3
4	7.2	7	6.9	6.8	6.9
Total	25.6	24.5	25.6	24.9	24.5
Media	6.4	6.125	6.4	6.225	6.125

ANEXO 2. ANAVA PESOS INICIALES

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.307	0.0767	0.1653	3.06	4.89
Error	15	6.962	0.4641			
Total	19	7.2695				

CV (%) 10.89

ANEXO 3. PESOS PROMEDIO A LA PRIMERA SEMANA (Kg)

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	7.2	6.9	6.9	6.1	5.9
2	7.3	6.9	7.6	7.3	7.2
3	8	7.1	7.7	7.8	7.4
4	8.5	8.3	8.1	7.9	8
Total	31	29.2	30.3	29.1	28.5
Media	7.75	7.3	7.575	7.275	7.125

ANEXO 4. ANAVA PESOS A LA PRIMERA SEMANA

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	1.017	0.25425	0.49967245	3.06	4.89
Error	15	7.6325	0.50883333			
Total	19	8.6495				

CV (%) 9.63

ANEXO 5. PESOS PROMEDIO A LA SEGUNDA SEMANA (kg)

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	8.5	8	8.6	7.2	7.3
2	8.9	8.2	8.7	8.9	8.4
3	9.7	8.4	9.1	9.3	8.9
4	9.9	10.4	9.7	9.3	9.4
Total	37	35	36.1	34.7	34
Media	9.25	8.75	9.025	8.675	8.5

ANEXO 6. ANAVA PESOS A LA SEGUNDA SEMANA

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	1.413	0.35325	0.47331398	3.06	4.89
Error	15	11.195	0.74633333			
Total	19	12.608				

CV (%) 9.77269071

ANEXO 7. PESOS PROMEDIO A LA TERCERA SEMANA (PESO FINAL, kg)

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	9.8	9.6	10	8.45	8.5
2	10.5	9.6	10.05	10.35	9.7
3	11.3	9.85	10.6	10.55	10.25
4	12	11.85	11.3	11.05	11
Total	43.6	40.9	41.95	40.4	39.45
Media	10.9	10.225	10.4875	10.1	9.8625

ANEXO 8. ANAVA DEL PESO FINAL

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	2.52425	0.631063	0.64741	3.06	4.89
Error	15	14.62125	0.97475			
Total	19	17.1455				

CV (%) 9.571442

ANEXO 9. GMD A LA PRIMERA SEMANA (kg)

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	0.214	0.171	0.171	0.143	0.129
2	0.186	0.157	0.157	0.143	0.129
3	0.186	0.157	0.171	0.157	0.157
4	0.186	0.186	0.171	0.157	0.157
Total	0.77142857	0.671429	0.671429	0.6	0.571429
Media	0.19285714	0.167857	0.167857	0.15	0.142857

ANEXO 10. ANAVA GMD A LA PRIMERA SEMANA

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.00602	0.001505	9.619565	3.06	4.89
Error	15	0.002347	0.000156			
Total	19	0.008367				

CV (%) 7.61387

ANEXO 11. GMD A LA SEGUNDA SEMANA (kg)

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	0.186	0.157	0.243	0.157	0.200
2	0.229	0.186	0.157	0.229	0.171
3	0.243	0.186	0.200	0.214	0.214
4	0.200	0.300	0.229	0.200	0.200
Total	0.85714286	0.828571	0.828571	0.8	0.785714
Media	0.21428571	0.207143	0.207143	0.2	0.196429

ANEXO 12. ANAVA GMD A LA SEGUNDA SEMANA

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.000776	0.000194	0.131034	3.06	4.89
Error	15	0.022194	0.00148			
Total	19	0.022969				

CV (%) 18.76364

ANEXO 13. GMD A LA TERCERA SEMANA (kg)

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	0.186	0.229	0.200	0.179	0.171
2	0.229	0.200	0.193	0.207	0.186
3	0.229	0.207	0.214	0.179	0.193
4	0.300	0.207	0.229	0.250	0.229
Total	0.94285714	0.842857	0.835714	0.814286	0.778571
Media	0.23571429	0.210714	0.208929	0.203571	0.194643

ANEXO 14. ANAVA DE GMD A LA TERCERA SEMANA

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.00375	0.000938	1.070388	3.06	4.89
Error	15	0.013138	0.000876			
Total	19	0.016888				

CV (%) 14.04498

ANEXO 15. GMD EN TODO EL EXPERIMENTO (kg)

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	0.195	0.186	0.205	0.160	0.167
2	0.214	0.181	0.169	0.193	0.162
3	0.219	0.183	0.195	0.183	0.188
4	0.229	0.231	0.210	0.202	0.195
Total	0.85714286	0.780952	0.778571	0.738095	0.711905
Media	0.21428571	0.195238	0.194643	0.184524	0.177976

ANEXO 16. ANAVA GMD EN TODO EL EXPERIMENTO

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.003031	0.000758	2.236615	3.06	4.89
Error	15	0.005082	0.000339			
Total	19	0.008113				

CV (%) 9.520801

ANEXO 17. IDA EN LA PRIMERA SEMANA (kg)

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	0.714	0.564	0.518	0.443	0.461
2	0.711	0.529	0.532	0.464	0.446
3	0.704	0.550	0.543	0.471	0.429
4	0.721	0.546	0.539	0.468	0.429
Total	2.85	2.189286	2.132143	1.846429	1.764286
Media	0.7125	0.547321	0.533036	0.461607	0.441071

ANEXO 18. ANAVA IDA EN LA PRIMERA SEMANA

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.183147	0.045787	286.0299	3.06	4.89
Error	15	0.002401	0.00016			
Total	19	0.185548				

CV (%) 2.346868

ANEXO 19. IDA EN LA SEGUNDA SEMANA (kg)

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	0.714	0.711	0.643	0.650	0.589
2	0.750	0.718	0.675	0.668	0.589
3	0.732	0.786	0.646	0.650	0.596
4	0.725	0.679	0.654	0.646	0.575
Total	2.92142857	2.892857	2.617857	2.614286	2.35
Media	0.73035714	0.723214	0.654464	0.653571	0.5875

ANEXO 20. ANAVA IDA EN LA SEGUNDA SEMANA

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.055168	0.013792	26.17104	3.06	4.89
Error	15	0.007905	0.000527			
Total	19	0.063073				

CV (%) 3.427248

ANEXO 21. IDA EN LA TERCERA SEMANA (kg)

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	0.821	0.857	0.786	0.786	0.679
2	0.814	0.893	0.857	0.825	0.707
3	0.850	0.857	0.821	0.804	0.757
4	0.818	0.982	0.846	0.786	0.768
Total	3.30357143	3.589286	3.310714	3.2	2.910714
Media	0.82589286	0.897321	0.827679	0.8	0.727679

ANEXO 22. ANAVA IDA EN LA TERCERA SEMANA

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.059615	0.014904	10.83905	3.06	4.89
Error	15	0.020625	0.001375			
Total	19	0.08024				

CV (%) 4.545831

ANAVA 23. ICA EN LA PRIMERA SEMANA

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	3.333	3.292	3.021	3.100	3.583
2	3.827	3.364	3.386	3.250	3.472
3	3.788	3.500	3.167	3.000	2.727
4	3.885	2.942	3.146	2.977	2.727
Total	14.8333333	13.09761	12.7197	12.32727	12.5101
Media	3.70833333	3.274403	3.179924	3.081818	3.127525

ANEXO 24. ANAVA ICA EN LA PRIMERA SEMANA

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	1.023535	0.255884	3.414478	3.06	4.89
Error	15	1.124112	0.074941			
Total	19	2.147647				

CV (%) 8.360406

ANEXO 25. ICA EN LA SEGUNDA SEMANA

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	3.846	4.523	2.647	4.136	2.946
2	3.281	3.865	4.295	2.922	3.438
3	3.015	4.231	3.232	3.033	2.783
4	3.625	2.262	2.859	3.232	2.875
Total	13.7671097	14.88079	13.03403	13.32371	12.04226
Media	3.44177743	3.720196	3.258508	3.330929	3.010565

ANEXO 26. ANAVA ICA EN LA SEGUNDA SEMANA

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	1.077561	0.26939	0.647823	3.06	4.89
Error	15	6.237586	0.415839			
Total	19	7.315147				

CV (%) 19.23568

ANEXO 27. ICA EN LA TERCERA SEMANA

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	4.423	3.750	3.929	4.400	3.958
2	3.563	4.464	4.444	3.983	3.808
3	3.719	4.138	3.833	4.500	3.926
4	2.726	4.741	3.703	3.143	3.359
Total	14.4305174	17.0936	15.90947	16.02562	15.05133
Media	3.60762935	4.273399	3.977369	4.006404	3.762832

ANEXO 28. ANAVA ICA EN LA TERCERA SEMANA

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	1.031089	0.257772	1.046451	3.06	4.89
Error	15	3.694949	0.24633			
Total	19	4.726038				

CV (%) 12.64331

ANEXO 29. ICA EN TODO EL EXPERIMENTO

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	3.841	3.827	3.169	3.925	3.457
2	3.539	3.941	4.070	3.383	3.588
3	3.478	3.987	3.433	3.500	3.158
4	3.302	3.186	3.244	3.129	3.024
Total	14.1606965	14.94029	13.91627	13.9375	13.228
Media	3.54017413	3.735073	3.479068	3.484375	3.306999

ANEXO 30. ANAVA ICA EN TODO EL EXPERIMENTO

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.37755	0.094387	0.88185	3.06	4.89
Error	15	1.605502	0.107033			
Total	19	1.983052				

CV (%) 9.32308

ANEXO 31. RENDIMIENTO DE CARCASA

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	86.50	86.40	85.90	86.10	85.30
2	86.90	86.40	86.40	85.40	85.40
3	86.30	86.50	86.20	85.80	85.30
4	86.60	86.10	86.10	85.60	85.70
Total	346.3	345.4	344.6	342.9	341.7
Media	86.575	86.35	86.15	85.725	85.425

ANEXO 32. ANAVA RENDIMIENTO DE CARCASA

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	3.487	0.87175	16.71086	3.06	4.89
Error	15	0.7825	0.052167			
Total	19	4.2695				

CV (%) 0.265443

ANEXO 33. PESO RELATIVO DE MOLLEJA

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	1.75	1.82	1.84	1.89	1.88
2	1.81	1.83	1.84	1.92	1.99
3	1.73	1.91	1.85	1.87	1.91
4	1.73	1.74	1.87	1.87	1.82
Total	7.02	7.3	7.4	7.55	7.6
Media	1.755	1.825	1.85	1.8875	1.9

ANEXO 34. ANAVA PESO DE MOLLEJA

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.05338	0.013345	5.548857	3.06	4.89
Error	15	0.036075	0.002405			
Total	19	0.089455				

CV (%) 2.660201

ANEXO 35. PESO RELATIVO DE INTESTINOS

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	3.91	3.82	3.87	3.91	3.92
2	3.84	3.78	3.89	3.92	3.92
3	3.84	3.83	3.74	3.79	3.76
4	3.72	3.84	3.89	3.87	3.85
Total	15.31	15.27	15.39	15.49	15.45
Media	3.8275	3.8175	3.8475	3.8725	3.8625

ANEXO 36. ANAVA PESO DE INTESTINOS

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.00852	0.00213	0.497857	3.06	4.89
Error	15	0.064175	0.004278			
Total	19	0.072695				

CV (%) 1.700922

ANEXO 37. PESO RELATIVO DEL HIGADO

Repetición	0%	25%	50%	75%	100%
1	1.28	1.34	1.45	1.76	1.98
2	1.43	1.38	1.53	1.72	1.94
3	1.34	1.39	1.34	1.63	1.91
4	1.29	1.45	1.63	1.68	1.92
Total	5.34	5.56	5.95	6.79	7.75
Media	1.335	1.39	1.4875	1.6975	1.9375

ANEXO 38. ANAVA PESO DE HIGADO

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.98297	0.245743	47.42538	3.06	4.89
Error	15	0.077725	0.005182			
Total	19	1.060695				

CV (%) 4.586416