

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN



**“DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA
METABOLIZABLE Y DIGESTIBLE DEL GLUTEN DE
MAÍZ, HOMINY FEED Y SUBPRODUCTO DE TRIGO
EN CUYES (*Cavia porcellus*)”**

Tesis para Optar el Título de

INGENIERO ZOOTECNISTA

HENRY YOEL VALERIO CALDERÓN

Lima – Perú

2015

A Dios:

Por su bendición y misericordia
y en cada momento de mi vida

**Con inmenso amor y
agradecimiento a mis
padres:**

León Felipe y Elida Flor por
su esfuerzo, amor y apoyo
incondicional.

A mis queridos hermanos:

Boris Gabriel y Ivo Ernesto por su amistad
y cariño

AGRADECIMIENTOS

Al **Ing. Msc. Víctor Hidalgo Lozano**, patrocinador del presente trabajo de investigación por su valioso asesoramiento brindado a cada momento.

Al jurado calificador por las sugerencias y oportunidades de mejora en la realización del presente trabajo de investigación.

Al Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos por las facilidades prestadas en la investigación realizada en especial al Ing. Víctor Vergara.

Al Sr. Mauro, Sra. Silvia, Sra. Sandy y Sonia Lazo por su amistad y el apoyo brindado durante la investigación.

A mis profesores por sus enseñanzas y a todos mis amigos con quienes compartí momentos gratos e inolvidables.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	10
I. INTRODUCCIÓN	11
II. REVISIÓN LITERARIA	12
2.1 Aspectos acerca de la digestibilidad del cuy	12
2.2 Digestibilidad	14
2.2.1 Determinación de la digestibilidad	15
a. Método directo	15
b. Método indirecto	16
2.2.2 Digestibilidad aparente y verdadera	17
2.2.3 Digestibilidad de los alimentos	18
2.2.4 Factores que afectan la digestibilidad	18
a. Consumo de alimento	18
b. Niveles de inclusión	20
c. Composición de la dieta	20
d. Preparación de la dieta	20
e. Factor animal	21
f. Actividad cecotrófica	23
g. Materia fecal metabólica	23
2.3 Energía digestible	23
2.4 Energía metabolizable	26
2.4.1 Factores que afectan la energía metabolizable	27
2.5 Composición y valor nutritivo de los ingredientes	28
2.5.1 Gluten de maíz	28
a. Valor nutritivo	29
b. Digestibilidad	30
c. Valor energético	30
2.5.2 Hominy Feed	31
a. Valor nutritivo	31
b. Digestibilidad	34
c. Valor energético	34
2.5.3 Subproducto de trigo	35
a. Valor nutritivo	35
b. Digestibilidad	38
c. Valor energético	38
III. MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1 Materiales	40
3.1.1 Lugar de ejecución	40
3.1.2 Instalaciones y equipos	40

3.1.3	Animales experimentales	40
3.1.4	Ingredientes a evaluar	41
3.1.5	Tratamientos	43
3.2	Metodología del experimento	43
3.2.1	Periodo de adaptación	43
3.2.2	Periodo experimental o de colección	43
3.2.3	Suministro de alimento	44
3.2.4	Manejo de la orina	44
3.2.5	Análisis químico proximal y calorimétrico	44
3.3	Parámetros a evaluar	45
3.3.1	Consumo de alimento diario	45
3.3.2	Cambio de pesos de los animales	45
3.3.3	Coefficiente de digestibilidad de la materia seca	45
3.3.4	Cálculo de la energía digestible	46
3.3.5	Cálculo de la energía metabolizable	46
3.4	Indicadores estadísticos	47
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1	Coefficiente de digestibilidad de la materia seca del gluten del maíz, HominyFeedy subproducto de trigo.	48
4.2	Energía digestible y metabolizable del gluten del maíz, HominyFeedy subproducto de trigo.	50
4.3	Energía bruta, energía digestible y energía metabolizable del gluten del maíz, HominyFeedy subproducto de trigo.	54
V.	CONCLUSIONES	57
VI.	RECOMENDACIONES	58
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	59
VIII.	ANEXO	66

ÍNDICE DE CUADROS

Número		Página
1.	Valor de la energía digestible (ED) de los diferentes alimentos en el cuy	25
2.	Composición química porcentual del HominyFeed(base seca)	33
3.	Análisis proximal del subproducto de trigo en base seca (%)	37
4.	Análisis proximal de los insumos evaluados (%)	42
5.	Valores de coeficiente de digestibilidad promedio del gluten de maíz, HominyFeedy subproducto de trigo en cuyes	48
6.	Valores de energía digestible y metabolizable (Kcal/Kg MS) del gluten de maíz, HominyFeedy subproducto de trigo en cuyes.	51
7.	Energía bruta, digestible, metabolizable (Kcal/Kg MS) y metabolicidad de gluten de maíz, HominyFeedy subproducto de trigo	56

ÍNDICE DE ANEXO

Número		Página
I.	Cantidad del alimento basal (100% subproducto de trigo) ingerido por cada animal (base seca	67
II.	Cantidad de la mezcla (70% de gluten de maíz y 30% de subproducto de trigo) ingerido por cada animal (base seca)	68
III.	Cantidad de la mezcla (70% de HominyFeedy 30% de subproducto de trigo) ingerido por cada animal (base seca)	69
IV.	Peso de las heces de los animales alimentados con subproducto de trigo (dieta basal) (g ms/cuy/día)	70
V.	Peso de las heces de los animales alimentados con la dieta 30% basal y 70% de gluten de maíz (g ms/cuy/día)	71
VI.	Peso de las heces de los animales alimentados con la dieta 30% basal 70% de HominyFeed(g ms/cuy/día)	72
VII.	Coefficiente de digestibilidad (CD) de la materia seca del subproducto de trigo	73
VIII.	Coefficiente de digestibilidad (CD) de la materia seca de la dieta 30% basal y 70% gluten de maíz	73
IX.	Coefficiente de digestibilidad (CD) de la materia seca de la dieta 30% basal y 70% HominyFeed	74
X.	Coefficiente de digestibilidad (CD) de la materia seca del gluten de maíz	74
XI.	Coefficiente de digestibilidad (CD) de la materia seca del HominyFeed	75
XII.	Peso inicial y final de los animales (g)	75
XIII.	Energía digestible del subproducto de trigo (base seca)	76
XIV.	Energía digestible de la dieta de 30% de subproducto de trigo y 70% de gluten de maíz (base seca)	76

XV.	Energía digestible de la dieta de 30% de subproducto de trigo y 70% de HominyFeed(base seca)	77
XVI.	Energía digestible del gluten de maíz (base seca)	77
XVII.	Energía digestible del HominyFeed (base seca)	78
XVIII:	Densidad de la orina (g/ml) de los alimentos en estudio	78
XIX.	Concentraciones de nitrógeno en los alimentos suministrados (%)	79
XX.	Peso de la orina (g) y obtención de energía urinaria (Kcal) de los animales alimentados con subproducto de trigo (dieta basal)	80
XXI.	Peso de la orina (g) y obtención de energía urinaria (Kcal) de los animales alimentados con la dieta 30% de y 70% gluten de maízs subproducto de trigo	81
XXII.	Peso de la orina (g) y obtención de energía urinaria (Kcal) de los animales alimentados con la dieta 30% de 70% hominyFeed de maízs subproducto de trigo y	82
XXIII.	Energía metabolizable del subproducto de trigo (base seca)	83
XXIV.	Energía metabolizable 30% del subproducto de trigo y 70% del gluten de maíz (base seca)	83
XXV.	Energía metabolizable 30% del subproducto de trigo y 70% del HominyFeed(base seca)	84
XXVI.	Energía metabolizable del gluten de maíz (base seca)	84
XXVII.	Energía metabolizable del HominyFeed(base seca)	85

RESUMEN

El trabajo de investigación, se realizó en el Bioterio del Departamento Académico de Nutrición Programa de Investigación de la Universidad Nacional Agraria La Molina, entre los meses de febrero y marzo del 2012. El objetivo de la presente investigación fue determinar la energía metabolizable del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo, mediante ensayos de digestibilidad “*In vivo*”. Se seleccionaron 15 cuyes machos mejorados de la Granja de Cuyes de Cieneguilla, de 10 semanas de edad y con un peso de 801 g (+/- 23 g) cada uno, distribuidos al azar en igual número de jaulas metabólicas. Para la evaluación se usaron 3 dietas experimentales o tratamiento, el primer fue la Dieta Basal, constituida por el 100% de subproducto de trigo (Tratamiento I); el segundo fue constituida por 70% gluten de maíz y el 30% de subproducto de trigo (Tratamiento II); y el tercero estuvo constituida por 70% de hominy feed y 30% de subproducto de trigo (Tratamiento III). A cada dieta se adicionó 200 mg de Vitamina C (Rovimix 35%) por cada kilogramo de alimento. Cada dieta fue suministrada a 5 cuyes alojados en jaulas metabólicas, una vez al día y a la misma hora (9:00 am), además se suministró agua fresca a discreción en vasijas de arcilla. Para llevar a cabo la prueba de digestibilidad, se dividió en etapas, una primera etapa fue de adaptación, con una duración de 15 días. La segunda etapa denominada experimental tuvo una duración de 7 días, donde se realizó la colección de las heces y orina diariamente de cada uno de los animales. También se separó una muestra de cada una de las dietas para determinar la humedad. Posteriormente se efectuaron los análisis químicos en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos del Departamento Académico de Nutrición de la UNALM. Los resultados obtenidos del experimento respecto a los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo, fueron 79.00%, 81.2% y 65.3%, respectivamente. Asimismo, el contenido de energía digestible en base seca del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo fue de 4189 y 4351 y 2801 Kcal/Kg, respectivamente. Finalmente el contenido de energía metabolizable del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo fue de 3910, 4351 y 2705 Kcal/Kg respectivamente.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la crianza de cuyes en el país ofrece una excelente alternativa para un criador de valles como de zonas costeras por su impacto nutricional, debido a que su carne es de alto contenido proteico y energético contribuyendo a mejorar el nivel nutricional de la población rural, asimismo en el tema económico, se obtiene márgenes de ganancia si se trabaja con un adecuado sistema de crianza y alimentación. En tal sentido, por los beneficios que presenta su crianza motiva a que los criadores se preocupen por satisfacer la demanda existente.

La demanda de carne de ésta especie va en aumento, se reporta un consumo anual de 16 500 TM de carne, proveniente del beneficio de 65 millones de cuyes (6.3% de la producción de carnes del país) producido por una población relativamente estable de 22 millones de cuyes (Rico y Vivas, 2000, citados por Llanos *et al.*, 2009).

El peso de mercado de un animal vivo fluctúa entre 800 a 900 gramos y 650 gramos de carne, que debe ser alcanzado máximo a los tres meses de edad, para ello se les debe de proporcionar alimentos en las diferentes etapas que satisfagan sus requerimientos nutricionales aportados por los diferentes ingredientes en la ración.

Durante estos años, ésta especie a sido sometido a un mejoramiento genético obteniéndose líneas mejoradas de elevados rendimientos productivos, no obstante no se ha realizado estudios relacionados con las necesidades de nutrientes y programas de alimentación. Actualmente, la formulación de dietas para cuyes se basa en energía digestible (ED); sin embargo, el Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos (NRC, 1995) recomienda el requerimiento energético en base a energía metabolizable (EM), proponiendo considerar como mínimo 3 Mcal de EM por Kg de dieta.

Por lo expuesto el **objetivo** del presente trabajo de investigación fue determinar la energía metabolizable y digestible del germen de maíz y hominy feed mediante el ensayo de digestibilidad *In Vivo*, en cuyes machos mejorados jóvenes, mediante la técnica de colección total de heces y orina.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aspectos acerca de la digestión del cuy

El cuy doméstico, está clasificado zoológicamente dentro del Orden: Rodentia, Suborden: Hystricomorpha, Familia: Caviade, Género: Cavia, Especie: porcellus (Orr, 1966, citado por Moreno, 1989).

De acuerdo a su hábito alimentario el cuy es clasificado como un monogástrico herbívoro, y según su anatomía gastrointestinal como un animal de fermentación post-gástrica con una gran capacidad de consumo de forraje (Vergara, 1992; Caicedo, 2000). Presenta un sólo estómago y un ciego desarrollado y funcional, con alta presencia de flora bacteriana, identificándose también una serie de protozoarios; siendo estos organismos los responsables de la fermentación de alimentos fibrosos (Caicedo, 2000).

La presencia de una predominante flora bacteriana produce una fermentación acelerada del alimento grosero, sin embargo, el tiempo necesario para la multiplicación de los microorganismos es mayor que la retención del alimento; este problema es resuelto parcialmente por mecanismos que aumentan su permanencia y la desintegración sustancial de los carbohidratos, generando la absorción de energía bajo la forma de ácidos grasos volátiles. Asimismo, la mayor actividad fermentativa sobre el alimento, ocurre en el ciego y colon proximal (Esquerre *et al.*, 1974).

El ciego es un órgano grande que constituye cerca del 15% del peso total del aparato digestivo (Hagen y Robienson, 1953; citados por Chauca, 1997). En este lugar predomina la flora bacteriana gram positiva que contribuye a cubrir sus requerimientos nutricionales a través de mecanismos como la absorción directa de bacterias metabólicas a través de la cecotrofia (Navia y Charles, 1975; citados por Burgos, 2002). Asimismo, los productos de los procesos digestivos de los alimentos a nivel del ciego (cecótrofos) son utilizados por acción de la cecotrofia que consiste en el consumo de heces blandas cecales que se da intensamente en conejos mientras que en poca escala en cuyes y no ocurre en caballos (Cheeke, 1995).

El cuy digiere la proteína de los alimentos fibrosos menos eficientemente que la proveniente de alimentos energéticos y proteicos, siendo éstos de mayor utilización, comparado con los rumiantes, debido a su fisiología digestiva al tener primero una

digestión enzimática en el estómago y luego microbiana en el ciego y colon (Moreno, 1989).

La cecotrofia es un proceso digestivo poco estudiado; siendo una actividad que explica muchas respuestas contradictorias halladas en los diferentes estudios en pruebas de alimentación. El cuy realiza cecotrofia, produciendo dos tipos de pellets, uno rico en nitrógeno que es reutilizado (cecótrofo) y el otro es eliminado como heces; (Vergara, 1992). De ésta manera la ingestión de los cecótrofos permite aprovechar la proteína contenida en la célula de las bacterias presentes en el ciego, también permite reutilizar el nitrógeno proteico y no proteico que no alcanzó a ser digerido en el intestino delgado (Saravia, 1993). Todo ello ocurre en la porción proximal del colon, donde presenta un surco longitudinal entre los dos pliegues de la mucosa que actúa como un mecanismo de separación mediante el cual un líquido rico en bacterias, se concentra en el ciego y de este modo queda asegurado una elevada población de microorganismos para que se mantengan las fermentaciones del medio y al mismo tiempo aportan al animal proteína de origen bacteriano al consumir la materia cecal (Cheeke, 1995).

La intensa absorción de ácidos grasos volátiles (AGV) y agua a nivel del colon sugiere una analogía funcional de esta porción del intestino del cuy con el omaso de los rumiantes. Los AGV absorbidos podrían contribuir en forma significativa a satisfacer los requerimientos energéticos del cuy (Esquerre *et al.*, 1974).

El movimiento de la ingesta a través del estómago e intestino delgado es rápido no demora más de dos horas en llegar a la mayor parte de la ingesta al ciego (Reid, 1948; citado por Gómez y Vergara, 1993). Sin embargo el pasaje por el ciego es más lento pudiendo permanecer parcialmente por 48 horas. Se conoce que la celulosa en la dieta retarda los movimientos del contenido intestinal, permitiendo una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, siendo en el ciego e intestino grueso donde se realiza la absorción parcial de los ácidos grasos de cadenas cortas. La absorción de los otros nutrientes resultantes de la digestión tales como los monosacáridos, aminoácidos y ácidos grasos son absorbidos a través de las células de la mucosa intestinal y pasan a la sangre y de la linfa hacia el hígado principalmente (Hidalgo *et al.*, 1995).

La cantidad y tipo de acción microbiana en el tracto digestivo varía mucho en las diferentes especies (Maynard *et al.*, 1981). Se estima que la capacidad fermentativa del intestino grueso del cuy es 66%; de los cuales el 46% es a nivel del ciego y 20% a nivel del

colon y recto, mientras que la capacidad fermentativa total del intestino grueso del conejo es de 51% de los cuales a nivel del ciego es 43% y a nivel del colon y recto 8%. Esto demostraría que el cuy presenta un tracto digestivo más eficiente que el conejo (Parra, 1978; citado por Vergara, 1992); pero es menos eficiente que el rumen de los vacunos y ovinos debido que los microorganismos se multiplican en un punto que sobrepase a la acción de las enzimas proteolíticas (Prosser, 1958; citado por Alvarado, 1975). A pesar de que el tiempo de multiplicación de los microorganismos del ciego es mayor que la retención del alimento, esta especie lo resuelve por mecanismos que aumentan su permanencia y en consecuencia la utilización de la ingesta (Gómez y Vergara, 1993). La magnitud de la digestión microbiana cecal del cuy criollo, guarda cierta similitud con lo observado en los dos compartimentos estomacales de los rumiantes.

2.2 Digestibilidad

La digestibilidad de los alimentos se define como la cantidad del alimento que no es excretado en las heces y que, por lo tanto se considera que absorbida por el animal; por consiguiente se determina el coeficiente de digestibilidad, en materia seca como el porcentaje de la diferencia entre la cantidad de alimento consumido y la cantidad de alimento excretado en las heces fecales (McDonald *et al.*, 2002; Cañas, 1998).

Además, para el mejor aprovechamiento de los nutrientes que contienen los alimentos, deben pasar por una serie de procesos; tales como la fuerza mecánica realizada durante la masticación, la actividad química a cargo de los jugos gástricos e intestinales y la hidrólisis enzimática, producida en el tracto digestivo o de los microorganismos que habitan en diversas porciones de este (ciego). A éste proceso se le conoce como digestión. El siguiente proceso es la absorción, donde las sustancias resultantes de la digestión son absorbidas mediante diferentes mecanismos a través de las células de la mucosa intestinal a la sangre o linfa, para llegar principalmente al hígado (Hidalgo *et al.*, 1995; Campos, 2007). La digestibilidad puede ser limitada por la falta de tiempo para realizar la acción digestiva completa en sustancias que son de lenta digestión, o bien por falta de absorción completa (Maynard *et al.*, 1981).

2.2.1 Determinación de la digestibilidad

Para realizar los ensayos de digestibilidad *in vivo* es factible escoger el método directo (convencional) e indirecto (por diferencia), en tanto para determinar el grado de digestibilidad de un alimento se pueden emplear diferentes pruebas, que tienen por finalidad determinar la proporción de los nutrientes de una dieta o un alimento que son absorbidos en el conducto gastrointestinal según Pond *et al.* (2010).

a. Método directo:

Este método se emplea cuando el alimento en estudio es el único componente de la dieta (Maynard *et al.*, 1981). Pueden determinarse mediante dos formas: por colección total o por el uso de un indicador.

Para este fin, Crampton y Harris (1974) recomiendan una prueba de digestibilidad de “Colección total de heces” donde el animal consuma una dieta del mismo tipo, por lo menos 14 días antes del periodo de adaptación (en rumiantes), el cual tendrá una duración mínimo de 7 días, para que se eliminen los residuos de los alimentos anteriores a la iniciación de la prueba. En el periodo de adaptación el animal recibirá el alimento en estudio. Posteriormente se realizará un periodo de recolección de heces que durará 5 días. Resulta muy conveniente administrar las dietas siempre a la misma hora y se espera que las cantidades consumidas no cambien de un día para otro (McDonald *et al.*, 2002). Al respecto, Pond *et al.* (2010), indican que es necesario de un periodo de adaptación de 3 a 10 días para limpiar el conducto gastrointestinal de residuos de alimento ingeridos antes de la prueba y un periodo de recolección de heces de 4 a 10 días. Debido a que el tiempo preciso para que los alimentos atraviesen el tracto gastrointestinal es de 1 a 3 días en los animales monogástricos y de 5 a 10 días para los rumiantes. La variabilidad entre animales tiende a ser menor que en un ensayo de crecimiento típico. Por lo tanto, comúnmente es necesario de 4 a 6 animales por tratamiento para detectar diferencias entre dietas.

Es esencial que las heces recogidas sean significativas, cuantitativamente, de los restos no digeridos de la cantidad controlada de alimento consumido, y no incluyan heces procedentes de alguna ración anterior al experimento (Bondi, 1988).

b. Método indirecto

Llamado también método por diferencia, que a su vez puede emplearse la colección total o el uso de un indicador, es un procedimiento utilizado para alimentos que no pueden constituir la única fuente de nutrientes de la ración, por varias razones; por ser desbalanceado nutricionalmente, por producir efectos tóxicos o efectos adversos al animal (Crampton y Harris, 1974).

Para la determinación de la digestibilidad por éste método es necesario realizar dos o más pruebas de digestión. En una primera prueba se administra una dieta basal y en una segunda prueba se administra la mezcla de la dieta basal y el alimento en estudio, determinándose en ambos casos la digestibilidad de sus nutrientes. La eliminación fecal se mide por el método de colección total en ambas pruebas. Se hace la suposición de que el nutriente de la dieta basal en ambas pruebas tiene el mismo porcentaje de digestibilidad. Asimismo al determinarse la digestibilidad de la mezcla de la dieta basal con el alimento en estudio y conociendo la digestibilidad del alimento en estudio, por diferencia se obtiene la digestibilidad de alimento en estudio. Se admite que el nutriente fecal restante procede del alimento problema (Crampton y Harris, 1974).

En el método indirecto cualquier mejora en la digestibilidad de los alimentos no concentrados se atribuiría realmente a la mezcla suplementaria, a ésta interacción entre los alimentos suele conocerse como digestibilidad asociativa, aunque también puede ser debido al alimento no concentrado. Éste método encierra poca exactitud en los resultados, puesto que no se considera el efecto de la combinación de los alimentos, factor influyente en la digestibilidad (Crampton y Harris, 1974). Asimismo, estos autores afirman que los coeficientes de digestibilidad, especialmente los determinados indirectamente, tampoco son constantes los valores de los nutrientes digestibles totales. Inherentes a todas esas cifras, existe un mínimo de variabilidad que debemos admitir en toda interpretación correcta de los valores que impliquen su uso. Esto desde luego, no quiere decir que los coeficientes de digestibilidad y que los valores de nutrientes digestibles totales (NDT) no sean útiles para medir el valor de los alimentos (Torre, 1995).

Cuando es difícil controlar la ingestión de alimento o pesar las heces o ambas cosas, es necesario usar el método de indicadores, es otro método el cual no se mide la ingestión de alimento y heces excretada (Bondi, 1988). Se utiliza sustancias inertes de referencia, como por ejemplo el óxido crómico, lignina, ceniza insoluble en ácido y ferrita de magnesio. Las

especificaciones ideales para esta sustancia deben ser completamente no digerible, ni absorbible, no tener acción farmacológica y tener una velocidad uniforme en el tracto digestivo según expone Maynard *et al.* (1981). Midiendo la concentración del indicador en el alimento y en pequeñas muestras en las heces, además conociendo los porcentajes de nutrientes en el alimento y las heces, puede calcularse la digestibilidad a partir de la relación que existe entre estas concentraciones (Bondi, 1988; McDonald *et al.*, 2002). Es esencial que las heces no deben mezclarse con la orina y para ser representativas de los restos no digeridos de la cantidad controlada del alimento. La duración de estos periodos depende del animal utilizado (Maynard *et al.*, 1981).

2.2.2 Digestibilidad aparente y verdadera

Al determinar la digestibilidad, esta es considerada “Aparente” debido que los gases producidos durante la digestión, como el dióxido de carbono y el metano son disipados generando una pérdida parcial de energía contenida en el alimento. Además, una fracción de nutrientes que aparece en las heces proviene de fuentes endógenas, tales como las células de la mucosa intestinal, secreciones digestivas, bacterias vivas y muertas que aparecen en gran número en las heces junto a los residuos indigestibles del alimento, también gran cantidad de la proteína de las heces no proviene del alimento; igualmente muchos de los carbohidratos de las heces no son otra cosa que los polisacáridos de origen bacteriano. Todo ello hace que la digestibilidad aparente sea una primera aproximación razonable del valor (Blaxter, 1964; citado por Cabada, 1971; Pond *et al.*, 2010). Dichas pérdidas son consideradas como parte de la porción digerible del alimento. La energía liberada en forma de gas y el calor producido en el sistema digestivo y metabólico va a depender del tipo de alimento y de la anatomía gastrointestinal del animal (Campos, 2007). Por otro lado, se denomina “Digestibilidad Verdadera” a la digestibilidad aparente menos los compuestos de origen metabólico o endógeno tales como compuestos nitrogenados, lípidos y minerales que se mezclan en las heces (Bondi, 1988; Cheeke, 1995). Además, la digestibilidad aparente de la proteína de un alimento está relacionado con el nivel de proteína que se encuentra en el mismo, es decir a mayor consumo proteico, la digestibilidad aparente será mayor pero en términos de digestibilidad verdadera no muestra ninguna diferencia la determinación de la digestibilidad verdadera pero es mucho más difícil estimar (Pond *et al.*, 2010).

2.2.3 Digestibilidad de los alimentos

Si bien, con la prueba de digestibilidad no se pueden precisar todas las pérdidas con exactitud, su importancia radica en proporcionar una primera aproximación del valor nutritivo de un alimento a partir de su composición química, logrando determinar el factor más importante en la determinación de dicho valor nutritivo de un alimento en todas las especies domésticas, que es la pérdida de energía en las heces (Campos, 2007).

Los métodos para medir la disponibilidad de energía de los alimentos para los animales, son bien conocidos por aquellos que trabajan en la formulación y control de calidad de raciones. Ya que el valor nutritivo de los alimentos está en parte relacionado con la composición química, mediante los cuales la digestibilidad de los nutrientes puede ser estimada así como los valores de energía digestible y energía metabolizable (Silva, 1978; citado por Torre, 1995).

El coeficiente de digestibilidad como porcentaje tiene la desventaja, que no mide si el alimento es consumido en cantidades adecuadas para una producción satisfactoria, ya que el animal vive de calorías totales absorbidas y no de porcentajes en el alimento. Por esta razón y sobre todo con los alimentos fibrosos se han criticado en muchas pruebas de digestibilidad que se obliga al animal experimental a ingerir el forraje, ofreciéndole muy poco que comer, por eso la digestibilidad es un valor incompleto sino va acompañado del consumo voluntario (De alba, 1971). Generalmente la determinación de la digestibilidad de los alimentos se realiza preferentemente con animales machos por la facilidad de separar las heces de la orina (Buxadé, 1995).

2.2.4 Factores que afectan la digestibilidad

a. Consumo de alimento

Los niveles altos de consumo pueden generar una reducción en la digestibilidad. La velocidad de pasaje del alimento por el tracto digestivo es determinada por el nivel de ingestión; es decir, se acelera el paso del alimento, reduciendo el tiempo para los procesos de digestión enzimática y absorción (Huayhua, 2008).

En cuanto a los niveles de consumo, se ha comprobado experimentalmente que los animales domésticos suelen digerir un porcentaje algo mayor de su alimento cuando reciben una ración limitada, que cuando se les suministra una ración

completa con abundancia de alimento concentrado (Morrison, 1980). Asimismo Maynard *et al.* (1981) afirma que el animal tiende a ser más eficiente en la digestión de los alimentos y el aprovechamiento de nutrientes, cuando se reduce la ingestión del alimento por debajo del nivel de mantenimiento.

b. Niveles de inclusión

Los niveles de ingredientes y sus características organolépticas también son determinantes en la digestibilidad, ya que alimentos poco palatables reducen el consumo de alimento y se obtiene un valor reducido de energía metabolizable aparente (EMA), lo cual se acentúa con niveles altos de alimentación (Sibbald, 1982; citado por Arenaza, 1996).

Cuando se reduce la ingestión de alimento por debajo del nivel de mantenimiento, los animales tienden a ser más eficientes en la digestión de estos y el aprovechamiento de nutrientes (Maynard *et al.*, 1981).

c. Composición de la dieta

La composición química del alimento afecta la digestibilidad, asimismo el estado de madurez al momento de la cosecha parece ser el factor de mayor importancia que influye en la composición de los forrajes ya que conforme la planta madura, aumenta el contenido de la pared celular, en tanto el contenido celular se reduce y la planta se vuelve menos digestible (Maynard *et al.*, 1981).

Uno de los componentes de la dieta que afecta en mayor proporción la digestibilidad, es la fibra cruda, y su adición en grandes cantidades reduce la digestibilidad de los demás componentes individuales que componen la dieta. Además la presencia de fibra en un alimento reduce la digestibilidad de la energía de la dieta (Wittemore y Elsey, 1978; citados por Arenaza, 1996).

Al respecto, Cheeke (1995) observó que a medida que aumenta el nivel de fibra en la ración hay un mayor desprendimiento de las células intestinales (nitrógeno endógeno) en casi todas las especies, debido al efecto abrasivo de la fibra, descendiendo la digestibilidad aparente de la proteína en la mayoría de los

animales; pero a los conejos y cuyes no les afecta porque regulan la ingestión de la proteína a través de los cecótrofos.

Por otro lado, alimentos que contienen poca fibra como el maíz o el trigo, son altamente digestibles, debido que las paredes celulares son delgadas y pueden ser traspasadas fácilmente por los jugos digestivos y enzimas. Cuanto mayor es el contenido de fibra de un alimento, más espesas y resistentes son las paredes de la celulosa a la acción enzimática, disminuyendo la digestión de los componentes como el extracto libre de nitrógeno, y en menor proporción las proteínas y las grasas (Morrison, 1980).

Asimismo, la fibra bruta reduce la digestibilidad de los otros principios nutritivos debido fundamentalmente a la falta de tiempo para su completa fermentación. Cantidades considerables de almidón y proteína que son intrínsecamente muy digeribles, no son completamente digeridos, debido a su aprisionamiento en una cubierta celulósica (Alvarado, 1975).

Niveles reducidos de proteína en relación a los carbohidratos de fácil digestión alteran la actividad de las bacterias digestivas, las cuales prefieren degradar almidón y azúcares, reduciendo la digestión de los otros nutrientes, este hecho tiene una gran importancia, pues es una de las razones por lo que resulta ineficaz una ración pobre en proteínas (Morrison, 1980). Además, la falla de la digestión completa de la celulosa provoca por lo tanto una falla en la digestión completa de ciertas sustancias intrínsecamente digeribles, ocasionando heces copiosas (García, 2009).

En general el extracto libre de nitrógeno (ELN) es ligeramente más digestible que las proteínas y grasas, así como mucho más digestible que la celulosa. El ELN de los granos de cereales y de casi todas las semillas están constituidas casi totalmente por almidón que es fácilmente digestible (Morrison, 1980).

d. Preparación de la dieta

Por lo general los alimentos antes de ser administrados deben ser aplastados, triturados o molidos. Es preferible suministrar el alimento picado o triturado en vez

de finamente molido, ya que puede reducir la digestibilidad motivada por la consistencia pulverulenta del alimento ingerido o por el pasaje más rápido a través del tracto digestivo (Maynard, *et al.*, 1981). Asimismo, la reducción del tamaño de partículas, mediante la molienda, disminuye la tasa de pasaje del alimento, lo que favorece su digestión y absorción, sobre todo en monogástricos, los cuales mastican el alimento por menos tiempo (Totsuka, 1977; citado por Campos, 2007). La explicación del mejoramiento de la digestibilidad al disminuir el tamaño de partícula puede encontrarse en la menor tasa de pasaje de la ingesta a través del tracto gastrointestinal (Seeley *et al.*, 1962; citados por Correa, 1994). Asimismo, afirman que el alimento granulado avanza con mayor rapidez que la harina ya sea para un consumo restringido o *ad-libitum*.

Otros métodos usados para el procesamiento que también logran mejorar la digestibilidad de los alimentos. Entre ellos, el tratamiento térmico es uno de los más comunes y efectivos, ya que al generar una alteración en la forma física de los alimentos, especialmente en semillas de leguminosas y al inactivar o reducir sus factores antinutricionales, logra incrementar la biodisponibilidad de los nutrientes, como la energía y las proteínas (Campos, 2007).

El volumen también disminuye la ingesta de los nutrientes digeribles totales, reduciéndose la digestibilidad (Maynard *et al.*, 1981).

La molienda de los granos por lo general no aumenta la digestibilidad en aquellos animales que mastican por completo su alimento, pero las semillas que escapan a la masticación pueden permanecer sin digerirse en su paso a través del tracto. También ayuda a los animales jóvenes antes de que sus dientes se hayan desarrollado, así como para los animales viejos que tienen mala dentadura. Además la influencia que ejerce la molienda sobre la ingesta voluntaria y la digestibilidad, dependerá de qué tanto modifique ésta el tiempo de retención y la tasa de degradación de los alimentos en el tracto digestivo (Maynard *et al.*, 1981).

e. Factor animal

Entre las diferentes especies animales, la eficiencia de la digestión de los mismos nutrientes es distinta. Esta diferencia es mayor entre animales rumiantes y no

rumiantes por tipo de aparato digestivo, capacidad de digestión y utilización de los alimentos, estas diferencias anatómicas y funcionales de los rumiantes les permite una mejor utilización de los alimentos fibrosos en comparación con las especies como el porcino y aún más con las aves, por lo que es conveniente determinar los coeficientes de digestibilidad de los alimentos para cada especie. (Bondi, 1988).

Maynard *et al.* (1981), estudiaron la capacidad digestiva comparativa del hombre, ratas, cobayos, ovejas y cerdos, alimentados con una misma ración baja en fibra y alta en energía; en este estudio comparativo la mayoría de los nutrientes fueron digeridos ligeramente mejor por el hombre y por los porcinos que cualquier otra especie. Ello indica que con dietas bajas en fibra, la fermentación bacteriana del rumen en los ovinos no muestra ventaja particular sobre la digestión enzimática de los no rumiantes. Así mismo, mencionan que el herbívoro no rumiante difiere del rumiante, por la oportunidad de digerir azúcares y almidones antes de que pasen a la microflora y microfauna cecal. Los nutrientes hidrocarbonados que llegan al ciego, después de haber sido liberados por los microorganismos cecales, probablemente se convertirán en su mayoría en ácidos grasos volátiles al igual que en el rumen (Abrams, 1965; citado por García, 2009).

Para Moreno (1989), el cuy digiere con mayor eficacia la proteína de los alimentos energéticos y proteicos en comparación con los rumiantes debido a la fisiología digestiva por tener primero una digestión enzimática en el estómago y luego otra microbiana en el ciego y colon. Pero es menos eficiente para los alimentos fibrosos (forrajes) en comparación con los rumiantes.

Al respecto, Esquerre *et al.* (1974), indican que los cuyes presentan una alta utilización de la fibra principalmente por la digestión microbiana realizada a nivel del ciego y colon produciendo ácidos grasos volátiles que podrían contribuir significativamente a satisfacer los requerimientos de energía.

En el caso de rumiantes la digestibilidad depende en mayor o menor medida de la cantidad de alimento ingerida; en el caso de los monogástricos, la cantidad de alimento ingerida prácticamente no afecta a la digestibilidad de los alimentos (Flores y Rodríguez, 2005).

f. Actividad cecotrófica

La cecotrofia es un proceso digestivo poco estudiado. Se sabe mediante que este proceso el cual puede aprovechar las proteínas de las células bacterianas presentes en el ciego, así como la reutilización del nitrógeno proteico y no proteico que no ha sido digerido en el intestino delgado (Hidalgo *et al.*, 1995). La cecotrofia como mecanismo de excreción selectiva puede ocasionar variabilidad en los valores de digestibilidad de la fibra y es posible que parte de esta puede retenerse en el ciego durante algún tiempo para ser luego eliminada (Cheeke, 1995).

g. Materia fecal metabólica

La materia fecal metabólica procede fundamentalmente de las bacterias y de la mucosa intestinal, por tanto, los coeficientes de digestibilidad aparente de la proteína y grasa, son siempre inferiores a los coeficientes de digestibilidad verdaderas (Bondi, 1988; Crampton y Harris, 1974).

Parte de la materia fecal lo constituyen las enzimas y otras sustancias segregadas en el intestino que no se reabsorben, así como restos celulares del revestimiento intestinal. El nitrógeno procedente del organismo y no directamente del alimento, se le denomina nitrógeno metabólico fecal (Maynard *et al.*, 1981; McDonald *et al.*, 2002). Asimismo, en el tracto digestivo se sintetiza compuestos grasos, posiblemente por microorganismos, y al parecer en las heces se denomina grasa fecal metabólica (Crampton y Harris, 1974).

2.3 Energía digestible

La energía digestible aparente de un alimento, es la energía bruta contenida en una unidad de peso del alimento, menos la energía bruta contenida en las heces procedentes del consumo de una unidad de peso de dicho alimento (McDonald *et al.*, 2002). En los alimentos se puede determinar fácilmente la energía bruta (EB), a través de un equipo llamado bomba calorimétrica, mediante el cual el alimento combustión y se oxida por completo o lo que es lo mismo se quema hasta obtenerse los productos finales de la oxidación como son CO₂ y O₂ (Pesti y Edwards, 1983; citados por Bernuy, 1999).

La energía bruta de un alimento es producto de sus constituyentes químicos básicamente carbohidratos, lípidos y proteínas. No toda la energía contenida en el alimento es aprovechada por el animal, parte de la energía se pierde en las porciones no digeridas del alimento. La energía bruta (EB) menos la energía contenida en las heces da la energía digestible (ED). Parte de la energía bruta se transforma en metano es que es aproximadamente 1 por ciento del total de la energía ingerida. Si además de la energía pérdida en las heces y como gas metano se toma en consideración la pérdida de energía en la orina, se obtiene la energía metabolizable (EM). La energía pérdida en la orina corresponde a productos de excreción tales como urea y ácido úrico principalmente. En monogástricos la pérdida de energía de la orina es de 2 a 6% de la energía bruta, dependiendo principalmente del exceso de nitrógeno que se excrete. Si a la EM se le sustrae el incremento de calor resultante del metabolismo de los nutrientes obtendremos la energía neta (EN), energía química que puede ser empleada para el mantenimiento y producción del animal (Kalinowski *et al.*, 1992; citados por Arenaza, 1996).

Gómez y Vergara (1993), señalan que las necesidades de energía están influenciadas por la edad, la actividad de la animal, estado fisiológico, nivel de producción y temperatura ambiental. Una vez que estos requerimientos han sido satisfechos, el exceso de energía se almacena como grasa en el cuerpo. El contenido de energía de la dieta afecta el consumo de alimento; los animales tienden a un mayor consumo de alimentos a medida que se reduce el nivel de energía en la dieta.

La energía es aportada por los carbohidratos, grasas y proteínas. La fuente primordial de energía son los hidratos de carbono almacenados en forma de almidón y celulosa, que es un glúcido estructural, fuente de energía digerida por la celulasa de las bacterias del ciego y absorbidas en forma de ácidos grasos volátiles (AGV) (Huayhua, 2008). La energía digestible de los diferentes alimentos en cuyes se reportan en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Valor de la energía digestible (ED) de diferentes alimentos en el cuy

Alimentos	ED (Mcal/Kg)	Autor
Panca de maíz	1.28	Caballero (1992)
Maíz chala	1.89	Saravia (1993)
Alfalfa	2.56	Saravia (1993)
Afrecho	3.08	Saravia (1993)
Subproducto de trigo	3.22	Correa (1994)
Cebada grano	3.72	Correa (1994)
Pasta de algodón	1.64	Correa (1994)
Torta de soya	3.58	Correa (1994)
Heno de alfalfa	2.48	Correa (1994)
Maíz chala	2.38	Correa (1994)
Cáscara de algodón	2.80	Garay (2008)
Cascarilla de arroz	2.67	Garay (2008)
Polvillo de arroz	3.77	Ruiz (2008)
Subproducto de trigo	2.70	Reynaga (2010)
Torta de soya	3.71	Reynaga (2010)
Maíz	3.45	Reynaga (2010)

2.4 Energía metabolizable

La energía metabolizable de un insumo o alimento puede definirse como aquella fracción energética de la EB (Energía bruta), usada para el mantenimiento, la síntesis de nuevos componentes corporales o para su conversión en calor (NRC, 1994), que se obtuvo al restarle la energía contenida en las heces, orina y productos gaseosos de la digestión del animal (Bernuy, 1999).

En los alimentos la energía metabolizable, es la fracción de la energía de la dieta que los tejidos del organismo pueden usar para mantener los procesos metabólicos. Químicamente, la energía metabolizable comprende los productos finales de la digestión, tales como glucosa, ácidos grasos, aminoácidos, etc. (Rojas, 1979).

Según Bondi (1988), la metabolibilidad se define como la energía metabolizable de un alimento, dividida por la energía bruta (EB). La EM puede calcularse multiplicando la ED por 0.82 pero se trata de una aproximación, ya que la razón EM/ED varía considerablemente con el tipo de ración. Puede expresarse como porcentaje de metabolibilidad de la energía bruta (Cañas, 1998).

La energía urinaria (EU) es la energía bruta total de la orina. Incluye energía proveniente de compuestos absorbidos no utilizados del alimento, productos finales de procesos metabólicos y productos finales de origen endógeno. Las pérdidas de energía urinaria son por lo general relativamente estables dentro de una especie animal, pero reflejan, en alguna medida, diferencias en la dieta, en particular cuando se consumen forrajes que contiene aceites o concentraciones altas de varios productos a los que se les debe quitar su toxicidad (Pond *et al.*, 2010).

La energía contenida en la orina proviene de la oxidación incompleta de productos nitrogenados de la dieta, ácido úrico en aves y urea en mamíferos y del nitrógeno endógeno urinario, que cuando un animal está en ayunas es la única pérdida la cual debemos considerar o restar (Maynard *et al.*, 1981).

2.4.1 Factores que afectan la energía metabolizable (EM)

Los principales factores que afectan a los valores de energía metabolizable de los alimentos, son los que afectan a la digestibilidad. Además los valores de energía metabolizable de los alimentos varía de acuerdo con la especie que lo consume y al tipo de digestión a que son sometidos (McDonald *et al.*, 2002).

Las dietas de baja calidad resultan en mayores proporciones de metano y, por lo general, la proporción de la energía ingerida que se pierde como productos gaseosos disminuye cuando aumenta la ingestión de alimento. Las pérdidas como productos gaseosos son insignificantes o normalmente se ignoran en muchas especies no rumiantes, aunque ocurren algunas pérdidas como resultado de la fermentación en el ciego y el intestino grueso. Esta pérdida es de importancia en los herbívoros no rumiantes, como el caballo o el conejo, que presentan un nivel alto de fermentación en el ciego (Pond *et al.*, 2010). Según Vigil (1999), el tipo de dieta es una de las variaciones más importantes en la determinación de energía metabolizable, la dieta más simple es aquella compuesta solamente por el insumo en prueba, pero algunos son poco palatables por ello se emplea una mezcla de dietas.

La digestión fermentativa, como ocurre en el rumen o en porciones posteriores del intestino delgado, origina pérdidas de energía en forma de metano. En ciertos casos, la preparación de los alimentos puede afectar a los valores de energía metabolizable. En el caso de los rumiantes, la molienda y granulado de los alimentos groseros, determina un incremento en las pérdidas fecales de energía, aunque puede compensarse, en parte, por la menor producción de metano. En cuanto a las aves, la molienda de los cereales, no parece afectar de forma constante a los valores de energía metabolizable. (McDonald *et al.*, 2002).

Según McDonald *et al.*, 2002, los aumentos en el nivel de alimentación de los rumiantes, pueden determinar una reducción apreciable de la digestibilidad de los alimentos y, como consecuencia, en los valores de energía metabolizable. Las mayores en heces causados por la mayor ingestión se compensan, en parte por las menores pérdidas de energía por la orina y como metano. Sin embargo, el efecto de la mayor reducción de la energía metabolizable es más marcado con los alimentos de baja calidad, llegando hasta el 10% en los rumiantes al duplicar la digestión. (Bondi, 1988).

Por otro lado, Pond *et al.* (2010) manifiesta que la digestibilidad puede disminuir en condiciones en las que la rapidez de paso se incrementa; por ejemplo consumos altos o en condiciones de temperatura ambientales frías. La asimilabilidad de los componentes no estructurales disminuye a niveles de consumo muy altos en caso de los granos no elaborados o poco elaborados.

El medio ambiente en el que se encuentran los animales puede afectar los valores de energía metabolizable aparente, cuando aumenta la temperatura del ambiente, las necesidades energéticas y el consumo disminuyen. Pero los valores de energía metabolizable normalmente aumentan. Posiblemente se debe al hecho de que las pérdidas endógenas disminuyen y los menores consumos de alimento reducirían la velocidad de pasaje del alimento a través del tracto digestivo lo que aumentaría el contacto y acción con las enzimas digestivas, por lo que se observa mayores valores de energía metabolizable cuando aumenta la temperatura (Bedoya, 2003; Verástegui, 2007).

2.5 Composición y valor nutritivo de los ingredientes

2.5.1 Gluten de maíz

El gluten de maíz es el conocido también como forraje seco de maíz es el residuo seco que se obtiene después de la separación de la mayor parte del almidón y del germen, y la separación del afrecho o fibra, mediante el proceso que se emplea en la molienda húmeda del maíz. Puede o no contener uno o ambos de los siguientes subproductos: fermentados extractivos maíz y harina de germen de maíz. Su disponibilidad es muy pequeña. Nutricionalmente es importante su aporte proteico de 42% en base seca y su contribución en aminoácidos esenciales y en xantófilas (Álvarez, 2000, Blasi *et al.*, 2001).

En el mercado existe un subproducto de maíz con un contenido de proteína de sólo 20 a 30% y mayor nivel de fibra que se comercializa con el nombre de alimento de gluten de maíz y más comúnmente como forraje seco de maíz. (Rojas, 1979).

Comúnmente es empleado en dietas de aves; aunque es muy deficiente en lisina, suplementándolo como fuentes sintéticas del aminoácido, resulta ser muy atractivo aunque se requiere un ingrediente alto en densidad de nutrientes. El gluten de maíz es también muy

rico en xantofilas (hasta 300mg/Kg) siendo muy común en donde se requieren productos avícolas pigmentados (Leeson, 2000).

a. Valor nutritivo

El gluten de maíz es un excelente ingrediente para la alimentación del ganado vacuno. La respuesta de los animales comparada con otros subproductos es igual o superior (Huntjens, 1993, citado por Yamasaki, 2000). Asimismo Cañas (1998), señala que el gluten es utilizado como alimento proteico para vacas lecheras por su alto contenido de proteína cruda y porque favorece la producción de ácido acético por las características de la fibra del gluten, por lo que mejora la calidad de grasa láctea. Lalman (1996), menciona que el alimento de gluten de maíz es rico en proteínas (22 a 28 por ciento), y la mayor parte de esta proteína es degradable en el rumen (65 a 80 por ciento).

Dependiendo del procesamiento empleado en las fábricas, el nivel de proteína del gluten de maíz se encuentra entre 21 a 26% en base seca, siendo considerado como un alimento de mediano nivel proteico (Schoroeder, 1997; Trenkle, 1996, citados por Zaldívar 2007). Por otro lado el germen de maíz proporciona más principios digestibles totales, y su proteína es de mejor calidad que la harina de gluten (Morrison, 1980).

Los tres subproductos (germen, salvado y gluten) suelen venderse mezclados como pienso de gluten de maíz. Su contenido en proteína es muy variable, oscilando entre 200 y 250 g/Kg MS; de ello, aproximadamente el 60% se degrada en el rumen. La coloración pardo oscura del producto apunta a un deterioro por el calor, lo que reduce la digestibilidad de la proteína. (McDonald, 2002). Por otro lado Leeson (2000) menciona que el gluten de maíz presenta 60% de proteína y el “forraje de maíz” presenta 20%, debido a la dilución con material fibroso de la cutícula. En algunos países estos productos son llamados por el mismo nombre, razón por la cual su contenido de proteína debe ser especificado.

El nivel de fibra, en el gluten de maíz, varía de 8 a 10% en base seca. Esta fibra es de alta digestibilidad por presentar un nivel alto de fibra detergente neutra y hemicelulosa; carbohidratos que no están lignificados (Belye, 1993; Trenkle, 1996, citados por Yamasaki, 2000). Por otro lado McDonald (2002), afirma que el contenido de fibra del gluten de maíz es cercano a los 80 g/Kg MS.

Su alto contenido de hemicelulosa y bajo contenido de lignina indican que los componentes de la pared celular son muy bien digeridos por los rumiantes y razonablemente bien por los cerdos (Buxáde, 1995).

b. Digestibilidad

En cuyes se determinó el coeficiente de digestibilidad aparente del gluten de maíz por el “Método de colección total” cuyos resultados fueron: 96.86% de la materia seca, 92.88% de la proteína cruda, 94.03% del extracto etéreo, 58.77% de la fibra cruda y 88.53% del extracto libre de nitrógeno. El contenido de NDT en base seca fue de 86.01% y de energía digestible de 3964.57 Kcal/Kg MS, (Zaldívar, 2007).

Yamasaki (2000), evaluó niveles 0%, 10%, 20% y 30% de gluten de maíz en la dieta de cuyes, considerando el contenido de energía digestible del gluten de maíz fue 2780 Kcal/Kg, que representa aproximadamente el 80% del contenido energético del maíz grano en materia seca, reportando que niveles mayores a 10% presenta menores ganancia de peso y costo de alimentación en relación a la dieta control, además la mejor retribución económica encontró con el tratamiento control en comparación con los tratamientos que contenían el subproducto.

Asimismo Camps *et al.*, (2002), afirma que el coeficiente de digestibilidad del gluten de maíz en bovinos es de 78%, y la digestibilidad de la fibra del grano de maíz es del 30%, pero la del gluten de maíz, varía de 72 a 92%, siendo en término medio de 80%.

c. Valor energético

El contenido de energía con relación al maíz grano es de 85% y 80% para el gluten de maíz húmedo y seco respectivamente; y comparándolo con la cebada, son similares (Oraskovich y Linn, 1992; Trenkle, 1996; citados por Zaldívar, 2007). Sin embargo, como suplemento energético puede ser igual que el maíz grano en dietas basadas en forrajes (Boyles, 1997; citado por Yamasaki, 2000). Estos resultados se acercan a los de Camps *et al.* (2002) que reportan que el gluten de maíz posee 88% de la energía del grano de maíz, por lo que el valor de sustitución podrá estimarse en 113 Kg de gluten de maíz por cada 100 Kg de grano de maíz, ambos en base 100% a materia seca. Siendo el contenido de energía del gluten de maíz de 3,00 Mcal/Kg MS el cual es alto y cercano a la del maíz (3,42 Mcal

EM/Kg MS). Según Myer *et al.* (2008) la energía de éste insumo proviene de fibras digestibles (fracción de salvado) mientras que del maíz proviene del almidón.

McDonald (2002), afirma que los valores de energía metabolizable son de, aproximadamente, 9 y 12.5 MJ/Kg para las aves y los rumiantes, respectivamente, siendo el valor de energía digestible para los cerdos de 14.5 MJ/Kg MS.

2.5.2 Hominy feed

El hominy es una mezcla de cáscaras (afrecho) de maíz, germen y una parte del endosperma, que se obtienen en la molienda seca del maíz, proceso cuyo objetivo es la producción de “gritz” (maíz a medio moler) para la industria cervecera. El proceso de producción de hominy feed, representa del 25 al 35% y está constituido por una mezcla de harina de maíz, 45%; germen, 20% y afrecho, 35% (Rojas, 1979).

Es un producto finamente molido lo cual permite el mezclado con los otros alimentos. Puede ser almacenado, manipulado de manera similar al maíz molido, es recomendable no almacenar más de un mes para evitar el olor a rancio. Es un excelente insumo para los cerdos, presenta similar valor energía digestible con el maíz integral debido al mayor contenido de aceite (Blair, 2007).

El hominy feed es similar al maíz molido, presenta consistencia granular y permite ser mezclado sin molienda previa en la dieta del ave (Bernuy, 1999). Otra característica es que no absorbe fácilmente la humedad, y es de fácil almacenaje (Enciso, 2001).

a. Valor nutritivo

El valor nutritivo del hominy feed, es similar o superior al maíz, tiene mayor concentración de proteínas y aminoácidos en comparación al maíz, contiene más fibra por lo que constituye un alimento más voluminoso. Presenta un mayor contenido de grasa y de cenizas que el maíz (Rojas, 1979; Morrison, 1980).

El hominy feed tiene mayor concentración de proteínas y aminoácidos en comparación al maíz. Los valores de proteína cruda reportados muestran un rango entre 9.12% y 12.70% (base seca) (Rojas, 1979). Asimismo reporta que la concentración de aminoácidos de

hominy feed es superior al maíz, siendo los valores de 0.36 a 0.61% para lisina, de 0.18 a 0.27% para metionina y de 0.36 a 0.52% para los aminoácidos azufrados. El procesamiento con la finalidad de la extracción de la grasa mejora la disponibilidad de la lisina de 3.3% a 3.8%.

El contenido de proteína del hominy feed es de 10 a 12 %, mayor que el maíz, contribuyendo con una mayor proporción de proteína en las dietas de los no rumiantes (Wall *et al.* 1971; Parthasarathy, 1976; Gowd *et al.* 1979, citados por Burgos, 2002). Asimismo, Piedra (1994) y Burgos (2002) reporta 9.36% y 10.51% respectivamente de proteína cruda para el hominy feed.

El valor biológico de la proteína del hominy feed dependerá de la condición de procesamiento. El valor biológico óptimo puede lograrse con condiciones moderadas de calentamiento para el secado y remoción de aceites por extracción con solventes a baja temperatura (Wall *et al.* 1971; citados por Burgos, 2002).

Su contenido graso es aproximadamente el doble del maíz y puede variar de 5 a 6.5% (Wall *et al.*, 1971; Stanley y Ewan, 1982; Hubball, 1991; citados por Soto, 1994). Es una fuente importante y económica de ácido oleico y de linoleico (Rojas, 1979) y su valor es 7.28 mg de linoeico/Kg (Hubball, 1991; citado por Soto, 1994). Por otro lado, Morrison (1980), observó que la grasa de este subproducto varía entre 6 y 9%, dependiendo de la cantidad de germen presente en su composición. El producto sin extraer la grasa es notablemente más rico que el maíz entero y proporciona una mayor cantidad de principios digestibles totales. Al respecto, Piedra (1994) y Soto (1994), reportan el valor de 10.92 y 68.44% de extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno respectivamente, para el hominy feed.

El contenido de fibra cruda es mayor que del maíz debido a la separación de almidón del maíz que concentra la fibra en el hominy feed. Los resultados de los diversos análisis químicos indican valores entre 4 a 6% siendo un alimento más grosero que el maíz por su mayor contenido de fibra (Hubball, 1991, citado por Soto, 1994). Asimismo Piedra (1994) y Soto (1994), reportan 7.30% de fibra en sus análisis realizados. Los nutrientes del hominy feed se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Composición química porcentual del hominy feed (base seca)

Nutrientes	Hominy Feed
Materia seca (%)	90.0
Energía metabolizable (Kcal/Kg)	3,300
Proteína Cruda (%)	10.30
Extracto Etéreo (%)	6.70
Cenizas (%)	3.00
Lisina (%)	0.38
Metionina (%)	0.18
Cistina (%)	0.18
Triptófano (%)	0.10
Treonina (%)	0.40
Leucina (%)	0.98
Isoleucina (%)	0.36
Fenilalanina (%)	0.43
Tirosina (%)	0.40
Histidina (%)	0.28
Arginina (%)	0.56
Valina (%)	0.52

FUENTE: NRC (1998).

b. Digestibilidad

Bernuy (1999) señala que el valor de la energía metabolizable para el hominy feed en aves es de 3.122 Mcal/Kg, con un nivel de 90% de materia seca. Éste autor determinó la energía metabolizable aparente en aves del hominy feed usando dos métodos, el de colección total y el de cenizas insolubles en ácido, reportó valores de 3.078 y 3.058 Mcal/Kg de EM respectivamente en base fresca o tal como ofrecido.

Algunos autores han asumido que la energía metabolizable del hominy feed es baja para los monogástricos; sin embargo, en el rumiante la utilización es mayor debido al mejor aprovechamiento de la fibra y de la grasa. (Wall *et al.*, 1971; citados por Piedra 1994).

c. Valor energético

El contenido de energía metabolizable (EM) varían entre 2.86 a 2.89 Mcal/Kg, valor inferior al maíz 3.35 (Mcal/Kg) (N.R.C. 1994), debido a una mayor concentración de fibra por las cáscaras y menor contenido de carbohidratos solubles. (Rojas, 1979). Por otro lado según el NRC (1998) afirma que el hominy feed presenta 3300 Kcal/Kg de energía metabolizable. Además se ha asumido que la energía metabolizable del “hominy feed” es muy baja para no rumiante, pero en el rumiante la utilización es mejor debido a su mayor contenido en grasa y fibra, siendo una fuente energética (Wall *et al.*, 1971, citados por Piedra, 1994).

El contenido de energía metabolizable del hominy feed, según algunos investigadores, es de 2.86 a 2.89 Mcal/Kg, valores inferiores al valor del maíz, 3.35 Mcal/Kg (NRC, 1994). Esto se debe a una mayor concentración de fibra por las cáscaras y menor contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN) o carbohidratos solubles (Rojas, 1979).

Según el NRC (1998) el hominy feed contiene 10,3% de proteína cruda, 6,7% de extracto etéreo, 8,10% de fibra cruda y 3,300 Kcal/Kg de energía metabolizable; comparando al grano de maíz que tiene 8,3% de proteína cruda, 3,8% de extracto etéreo, 2,8% de fibra y 3420 Kcal/Kg de energía metabolizable.

2.5.3 Subproducto de trigo

En la producción de harina de trigo para consumo humano, se obtienen los subproductos de trigo como son el salvado o afrecho, el afrechillo y el moyuelo los que se comercializan como subproducto de trigo (SPT), y que anteriormente se comercializaba aparte, éstos subproductos son empleados en la alimentación del ganado (Rojas, 1979; Cañas, 1998). Asimismo, Vargas *et al.* (1998) citado por Cuadrado (2008); expone que el grano de trigo pasa por un procesamiento, con el fin de obtener la harina de panificación, llevándose a cabo mediante un sistema de fricción y cribado del grano entero, por lo que los diferentes subproductos obtenidos están constituidos básicamente de las mismas estructuras celulares difiriendo únicamente en el tamaño y distribución de las mismas, siendo estos subproductos ricos en proteínas y minerales más que el grano, pero poseen más fibra.

Chauca (1997), señala que el subproducto de trigo es la cáscara de trigo desmenuzada por la molienda que se usa como alimento para los animales, está constituido por el pericarpio y un pequeño porcentaje de la parte superficial del albumen del grano de trigo, con o sin germen. Por otro lado, Córdova (1993) citado por Suárez (2002), expone que el afrecho está constituido esencialmente por las cubiertas externas (tegumentos) del grano de trigo y su contenido en fibra es más o menos 14%. Al igual que el afrecho, el afrechillo y el moyuelo tienen su origen en los tegumentos, pero mientras que el afrecho se encuentra formado por partículas grandes del tegumento o cáscara, el afrechillo y moyuelo están formados por partículas más pequeñas derivadas de las capas internas del grano y también por partículas pequeñas de afrecho. El afrechillo tiene alrededor de 9.5% de fibra y el moyuelo más o menos 7% de fibra.

Con la molienda de trigo, se obtiene en promedio de 20 - 22% del peso bruto total es subproducto de trigo (Zilbert, 1989; citado por Suárez, 2002). La disponibilidad de subproductos de trigo según Rojas (1979) es en promedio el 18% del volumen de la molienda del grano y la proporción de sus componentes es aproximadamente, 48% de afrecho, 33% de afrechillo, 15% de moyuelo y 4% de harinilla (Huayhua, 2008).

a. Valor nutritivo

Presenta un buen nivel de proteína, 16% en promedio, con un rango de variación de 13 - 18% siendo superior al del maíz, sorgo y trigo, aunque es deficiente en lisina, metionina y en otros aminoácidos esenciales. No obstante, su alto nivel de fibra es de 11% en promedio

y 3.5% el contenido de grasa. Asimismo su nivel de fósforo total es también importante, especialmente para rumiantes. Es uno de los alimentos comunes más ricos en fósforo, pero es pobre en calcio, contiene 1.29 por ciento de fósforo, pero sólo 0.14 por ciento de calcio. Con respecto al contenido de fósforo, Castro y Chirinos (2007), señalan que el mayor porcentaje de este mineral se encuentra ligado al ácido fítico, que no es un problema en los rumiantes ya que la microflora bacteriana produce fitasas que hidrolizan este compuesto permitiendo la utilización no solamente del fósforo sino también de otros micronutrientes que también son ligados por el ácido fítico.

Lesson *et al.* (2000), manifiesta que éste insumo presenta un efecto promotor de crecimiento en aves, el cual no está directamente relacionado con su aporte de fibra a la dieta, sino se debe posiblemente a un cambio en la microflora intestinal. Además, Morrison (1980) afirma que el subproducto de trigo aporta suficiente cantidad de vitaminas hidrosolubles del complejo B, en especial la vitamina B₁ o tiamina, pero poca cantidad de las liposolubles como la vitamina D y provitamina A. Es rico también en niacina (B₃), pero pobre en riboflavina (B₂), aunque contiene dos veces más de esta vitamina que el grano entero de trigo.

Los análisis proximales del subproducto de trigo realizados por diferentes autores, se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Análisis proximal del subproducto de trigo en base seca (%)

NUTRIENTE	MEYER (1960) citado por Suárez (2002)	CORREA (1994)	RUÍZ (2008)	HUAYHUA (2008)	FEED ANIMAL (2009) citado por Reynaga (2010)
PROTEÍNA	17.55	17.17	17.17	16.45	17.86
GRASA	5.38	3.86	4.81	4.17	5.53
FIBRA	7.91	9.59	6.81	6.97	9.68
CENIZA	4.99	4.35	5.33	5.34	5.18
ELN	64.16	65.02	65.88	67.07	61.75

Meyer (1960) citado por Suarez (2002); reportó la composición del subproducto de trigo con niveles de proteína de total de 17.55%, grasa 5.38%, fibra cruda 7.91%, ceniza, 4.99% y extracto libre de nitrógeno 64.16%. Mientras que Correa (1994) publicó valores similares hallados por el Laboratorio de Evaluación Nutricional (LENA) con un nivel de 17.17% proteína cruda, 9.59% fibra cruda, 3.86% extracto etéreo, 65.02% ELN, 4.35% ceniza y 95.64% de materia orgánica en cuyes.

Ruiz (2008) evaluó el polvillo de arroz mediante pruebas de digestibilidad en la etapa de crecimiento en cuyes, realizó el análisis químico porcentual del afrecho de trigo (dieta basal) en el LENA, obteniendo 17.17% de proteína, 4.81% de grasa, 6.81% de fibra, 5.33% de ceniza, 65.88% de ELN. La dieta estaba compuesto por 52.50% de afrecho de trigo y 7.5% de polvillo de arroz la que mostró una tendencia a una mayor ganancia de peso y a una mayor retribución económica.

b. Digestibilidad

En la determinación de digestibilidad del subproducto de trigo en cuyes Huayhua (2008) determinó valores de: 72.03%, 73.29%, 74.44%, 27.65%, 68.55%, 78.05% y 49.54% para los coeficientes de digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, proteica, fibra, extracto libre de nitrógeno y cenizas, respectivamente. Al respecto Ruiz (2008) en la misma especie reportó 69.09 y 80.33% de coeficientes de digestibilidad de la materia seca de subproducto de trigo y polvillo de arroz respectivamente. Asimismo García (2009) determinó valores de: 70.9%, 47.32% y 51.39% de coeficiente de digestibilidad del subproducto de trigo, residuo seco de cervecería y raicilla de malta.

c. Valor energético

Según Rojas (1979) y Morrison (1980), el subproducto de trigo se caracteriza por un menor aporte de energía metabolizable en relación al maíz. Ello es resultado de su mayor aporte de fibra y de su menor contenido de grasa, asimismo carecen de xantofila.

Asimismo en el mismo insumo Huayhua (2008), determinó el valor de energía digestible determinado por el calor de la combustión del subproducto de trigo en base seca fue de 2930.65 Kcal/Kg. Por otro lado Reynaga (2010), analizó el subproducto de trigo el obteniendo el 71.0% de coeficiente de digestibilidad aparente (%) de la materia seca del, el valor de el valor de energía digestible fue 2704 (Kcal/Kg MS).

Asimismo, Torres (2006) evaluó dos niveles de energía y proteína en el concentrado de crecimiento para cuyes machos reportando mayor ganancia de peso, un mayor consumo de alimento, con la dieta 2 (2.8 Mcal/Kg y 18% de proteína) así como una mayor retribución económica con una nivel de SPT de 69.4%. En otro estudio con dos niveles de energía digestible en base a los estándares nutricionales del NRC (1995) en cuyes en crecimiento, utilizando dietas experimentales con 4.97% de SPT con 3.0 ED Mcal/Kg, 83.64%, 83.51% y 82.24% de SPT con 2.7 ED Mcal/Kg y 19.96%, 9.48% y 9.40% de SPT con 2.9 de ED Mcal/Kg, obteniéndose un efecto favorable sobre la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia en las dietas con niveles de ED de 2.9 Mcal de ED/Kg de alimento y mayor retribución económica con las dietas de 2.7 de ED Mcal/Kg debido al menor costo de alimentación (Airahuacho, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Lugar de ejecución

El trabajo experimental se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Biológica (Bioterio) del Dpto. Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina con una duración de 90 días.

Los análisis químicos del alimento, heces y orina se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) del Departamento Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia – UNALM, durante los meses de enero a marzo del 2012.

3.1.2 Instalaciones y equipos

Se utilizaron jaulas metabólicas de metal, con un área de 0.2856 m² (56 cm de largo x 51 cm de ancho y 34 cm de altura), con piso de malla de acero y se incorporó comederos metálicos y los bebederos de pocillos de arcilla. Además tiene una bandeja con malla metálica en forma de embudo ubicado debajo de la misma jaula para la colección de heces y de orina por separado.

Adicionalmente se utilizó, una balanza electrónica digital de 2 Kg de capacidad con 2 g de sensibilidad para el pesado de los cuyes, de las muestras e insumos. También se usó un picnómetro para medir la densidad de la orina.

Asimismo se utilizaron materiales de escritorio, bolsas de polietileno, envases de plástico y artículos de limpieza.

3.1.3 Animales experimentales

Se utilizaron 15 cuyes machos mejorados tipo 1 procedentes de la Granja de Cuyes de Cieneguilla del Programa de Investigación de Carnes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, de tres meses de edad y con un peso promedio de 909 g, los mismos que fueron ubicados en la jaula metabólica individual.

3.1.4 Ingredientes a evaluar

Los ingredientes a evaluar fueron: subproducto de trigo, procedente de la Planta de Alimentos Balanceado de la UNALM y el gluten de maíz y hominy feed, se adquirió de la Granja de Cuyes de Cieneguilla de la UNALM. El subproducto de trigo se utilizó como alimento basal para determinar la digestibilidad y la energía metabolizable de los otros ingredientes. Los valores de la composición proximal del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Análisis proximal de los insumos evaluados (%)

COMPONENTES	SUBPRODUCTO DE TRIGO		GLUTEN DE MAÍZ		HOMINY FEED	
	BASE FRESCA	BASE SECA	BASE FRESCA	BASE SECA	BASE FRESCA	BASE SECA
MATERIA SECA	88.88	100	89.18	100	89.66	100.00
EXTRACTO ETÉREO	3.62	4.07	1.82	2.04	11.21	12.50
PROTEÍNA BRUTA	14.93	16.80	33.10	37.11	9.81	10.95
CENIZA	4.75	5.34	6.62	7.42	3.08	3.44
FIBRA CRUDA	9.29	10.45	5.31	5.95	2.87	3.20
ELN	56.29	63.34	42.34	47.48	62.69	69.92

FUENTE: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos – Dpto. Académico de Nutrición - UNALM

3.1.5 Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

- I. Dieta Basal: Subproducto de trigo (100%).
- II. Mezcla: 30% Subproducto de trigo + 70% gluten de maíz.
- III. Mezcla: 30% Subproducto de trigo + 70% hominy feed.

3.2 Metodología del experimento

La prueba experimental tuvo una duración total de 21 días distribuidos en dos periodos: adaptación y experimental (colección).

3.2.1 Periodo de adaptación

Este periodo tuvo una duración de 15 días en el cual se limpió, desinfectó y se distribuyó en la sala las jaulas metabólicas, posteriormente se colocaron para el acostumbramiento a las nuevas condiciones de manejo y alimentación, dentro de ésta etapa los tres primeros días se suministro la dieta que venían consumiendo en la Granja de Cieneguilla, progresivamente se fue adicionando a la nueva dieta en estudio en cada tratamiento hasta que los animales estén bien adaptados a la nueva dieta, paralelo a ello se disminuyó la cantidad de brócoli hasta excluirlo de la dieta. Se terminó el periodo de adaptación cuando los animales mostraron un consumo de alimento diario bastante uniforme.

Este periodo es importante porque favorece la remoción total de los residuos no digeridos de alimentos del tracto digestivo, asimismo sirve de base para el periodo experimental.

3.2.2 Periodo experimental o de colección

El periodo experimental tuvo una duración de 6 días, se procedió al control diario del consumo de alimento y colección total de heces y orina. Se colectó las heces con una bandeja metálica (con una malla metálica) en forma de embudo, colocada debajo de la jaula, que cumple la función de separar las heces de la orina. Las heces fueron pesadas en una balanza electrónica de 2 Kg de capacidad y con 2 gramos de sensibilidad. También se separó una muestra diariamente y guardado en congelación en bolsas de polietileno para su posterior análisis en el laboratorio. Finalizado el periodo de colección las muestras de heces de cada animal fueron mezcladas homogéneamente (pool de heces) y se separó el 20 por ciento del total de heces y presecado en una estufa (60°C por 24 horas) para su molienda, análisis químico y energía bruta. También se peso una pequeña cantidad para determinar la humedad inicial en una estufa a 105°C por 48 horas.

Una muestra de subproducto de trigo, gluten de maíz y hominy feed así como de las mezclas de ambos de 30% de subproducto de trigo + 70% de gluten de maíz y 30% de subproducto de trigo + 70% hominy feed se llevó al laboratorio para la determinación de la humedad y energía bruta.

3.2.3 Suministro de alimento

Todos los tratamientos fueron conducidos siguiendo el mismo sistema de alimentación con las mezclas y agua. Todas las mañanas los animales fueron alimentados *ad libitum* en el periodo de adaptación y el 90% del consumo registrado durante la prueba de adaptación se suministró en el periodo experimental, en el mismo horario (9 a.m.) al igual que el agua fue suministrado en sus respectivos pocillos. La vitamina C (Rovimix al 35%) se adicionó en las mezclas en una cantidad de 200 mg de ácido ascórbico/Kg de alimento en harina.

3.2.4 Manejo de la orina

La orina se colectó separadamente de las heces utilizando una bandeja en forma de embudo, ubicado debajo de la jaula metabólica, en envases de vidrio, diariamente se midió el volumen de orina de cada animal con una probeta graduada de 100 ml y se almacenó en envases de vidrio en congelación herméticamente sellado e identificado. Al término del periodo experimental se hizo la mezcla de orina colectada diariamente por cada animal y se extrajo una muestra de 250 ml para la determinación de la densidad y de nitrógeno.

3.2.5 Análisis químico proximal y calorimétrico

Las muestras de alimentos en estudio y de las heces fueron enviados al Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos del Dpto. Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia, para la determinación de materia seca y presecado (heces); utilizando las normas establecidas por la Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C 1990).

Materia seca: Estufa a 105°C por 24 horas.

Proteína Cruda: Método Semi Micro Kjeldhal.

Extracto Etéreo: Extractor de grasa Soxhlet.

Fibra Cruda: Doble digestión ácida y alcalina.

Ceniza: Mufla a 600°C por 24 horas.

Extracto Libre de Nitrógeno: Por diferencia.

Las muestras de alimento y heces fueron sometidas a la determinación del contenido de energía bruta, utilizando una Bomba Calorimétrica (A.S.T.M. METHOD, 1972) del Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimento (LENA). En muestras de orina se determinaron la densidad con un picnómetro y el porcentaje de nitrógeno para determinar su energía total.

3.3 Parámetros a evaluar

3.3.1 Consumo de alimento diario

Se tomaron datos del consumo de alimento diario mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo de alimento diario} = \text{Alimento Ofrecido} - \text{Alimento residual.}$$

3.3.2 Cambio de pesos de los animales

Los animales experimentales fueron pesados al inicio y al final del periodo experimental y se colocó el cambio del peso vivo (P.V) durante el estudio.

$$\text{Cambio de P.V} = \text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}$$

3.3.3 Coeficiente de digestibilidad de la materia seca

Para determinar los coeficientes de digestibilidad aparente y valorizar la energía digestible de los alimentos gluten de maíz o forraje seco de maíz y hominy feed, se utilizó el método de digestibilidad indirecta mediante la colección total de heces. Para determinar el Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA) de las mezclas y del subproducto de trigo, se utilizó el método directo, según la fórmula descrita por Crampton y Harris (1974).

Método directo:

$$\text{CDA (\%)} = \frac{\text{Nutriente ingerido (g)} - \text{Nutriente en las heces (g)}}{\text{Nutriente ingerido (g)}} \times 100$$

El Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA) del hominy feed y del forraje seco de maíz o gluten de maíz se calculó por diferencia. En el cual se consideró el coeficiente de

digestibilidad del subproducto de trigo como dieta basal (B) y de la mezcla (M) ambos expresados en base seca.

Método Indirecto:

$$CD (\%) = \frac{100 (M - B)}{S} + B$$

Donde:

CD = Coeficiente de digestibilidad del alimento en estudio (hominy feed y gluten de maíz o forraje seco).

M = Coeficiente de digestibilidad de la mezcla (Trat. 2: 30% subproducto de trigo + 70% de hominy feed, Trat. 3: 30% de subproducto de trigo + 70% de gluten de maíz).

B = Coeficiente de digestibilidad del alimento basal (subproducto de trigo).

S = Porcentaje de sustitución del alimento en estudio dentro de la mezcla (70% de hominy feed y 70% de gluten de maíz).

3.3.4 Cálculo de la energía digestible

La energía digestible se estimó de acuerdo a la fórmula descrita por Crampton y Harris (1974), utilizando todos los valores en base seca:

$$ED (\text{Kcal/Kg}) = EB - \left\{ \frac{EH \times Qh}{Ia} \right\}$$

Donde:

ED = Energía digestible

EB = Energía bruta del alimento

EH = Energía bruta de las heces

Qh = Cantidad de heces por día

Ia = Cantidad de alimento ingerido por día

3.3.5 Cálculo de energía metabolizable

Para determinar la energía metabolizable (Kcal/Kg de alimento) en base seca, se utilizó los datos de la energía bruta del alimento y de las heces, determinadas mediante combustión en una bomba calorimétrica adiabática de Oxígeno Parr. Asimismo, se utilizó la energía de la

orina, calculada a partir de su contenido de nitrógeno, determinado por el método Semi Micro Kjeldahl (A.O.A.C., 1990).

La energía de la orina se determinó, asumiendo 30 KJ/g Nitrógeno como pérdida de energía urinaria en conejos, según Jentsch *et al.* (1963); citados por Maertens *et al.*, (2002). Asimismo, se empleó el valor equivalente de 4.184 KJ que equivale a 1 Kcal, según Shimada (2003). El cálculo se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$EM \text{ (Kcal/Kg)} = ED - E \text{ orina}$$

Donde:

EM = Energía metabolizable del alimento (Kcal/Kg)

ED = Energía digestible (Kcal/Kg)

EO = Energía de la orina (Kcal/Kg)

También se determinó la metabolibilidad del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Metabolibilidad} = EM/EB$$

EB = Energía bruta del alimento (Kcal/Kg)

3.4 Indicadores estadísticos

Se utilizó como indicadores estadísticos. El promedio, la desviación estándar (D.S.) y el coeficiente de variabilidad (C.V. %), de los promedios de cada uno de los parámetros a evaluar.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Coeficientes de digestibilidad de la materia seca del gluten de maíz, Hominy Feed y subproducto de trigo

Los resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo, obtenidos en el presente estudio se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5: Valores de coeficientes de digestibilidad promedio del gluten de maíz, Hominy Feed y subproducto de trigo en cuyes

Ingrediente	Coficiente de digestibilidad de la materia seca (%)	Coficiente de variabilidad (%)
Gluten de maíz	79.011	2.806
Hominy feed	81.150	3.353
Subproducto de trigo	65.265	3.391

El coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca del gluten de maíz fue de 79.01% con una variabilidad de 2.80%. Este valor se acerca al de la pasta de algodón (77%) reportado por Correa (1994), pero es inferior al del gluten de maíz (96.86%) y al de la harina integral de soya (92.81%), reportado ambos resultados por Zaldívar (2007). Además, Reynaga (2010) y Correa (1994) evaluaron la digestibilidad de la torta de soya obteniendo 89.78% y 83.00% respectivamente siendo el resultado menor a lo obtenido en el gluten de maíz (79.01%). La buena digestibilidad de la materia seca del gluten de maíz, podría deberse al alto contenido de proteína (Morrison, 1980); debido que en su proceso de producción, la pared celular se disocia y libera la proteína, quedando ésta disponible para la digestión (Creanga, 1997); así como también la alta digestibilidad del extracto etéreo y del extracto libre de nitrógeno, siendo el almidón un carbohidrato de fácil digestión. Por su

parte, Church *et al.*, (2002) corrobora al afirmar que el almidón del maíz tiene una gran digestibilidad. A ello también se adiciona la digestibilidad de la fibra que en el proceso de producción se favorece la disociación completa de su pared celular, a la vez que presenta altos niveles de carbohidratos no lignificados (celulosa y hemicelulosa) como lo indica Belyea (1993) y Trenkle (1996), citados por Zaldívar (2007).

En éste estudio se calculó el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca del hominy feed de 81.15% con una variabilidad de 3.35%. Éste resultado fue inferior al del maíz (86.42%) reportado por Reynaga (2010), y al sorgo grano (84.50%) publicado por Gómez (1998), pero muy superior al polvillo de arroz (80.33%) reportado por (Ruiz, 2008). Esta alta digestibilidad podría deberse al alto contenido de carbohidratos solubles (69.92%) de fácil digestión. Además este insumo presenta un bajo contenido de fibra (3.22%) que permite al cuy tener una buena digestión enzimática y fermentativa. La fracción fibra de los alimentos es lo que más afecta a su digestibilidad, siendo importantes tanto la cantidad como la estructura química de la fibra. La digestibilidad de las paredes celulares es variable ya que depende del grado de lignificación (McDonald *et al.*, 2002). La disminución de la digestibilidad por efecto de la fibra bruta también se debería por la protección de los componentes de los alimentos al ataque de las enzimas digestivas o microbianas, en mayor grado en los animales monogástricos que en los rumiantes (Bondi, 1988).

La digestibilidad aparente de la materia seca del subproducto de trigo de 65.27% fue superior a lo reportado por Ninanya (1974) de 61.17%, pero menor a lo obtenido por Saravia (1993), Correa (1994), Campos (2007) y Reynaga (2010) que encontraron valores de 69,72%, 70,01%, 75,34% y 71.05% respectivamente. Los resultados de digestibilidad muestran baja variabilidad (3.391%) entre unidades experimentales.

El moderado contenido de fibra del subproducto de trigo (10.45%), podría ser la consecuencia del momento de corte del trigo en un periodo ya maduro o de un deficiente proceso de secado, donde las estructuras celulares se lignifican y el resto de nutrientes va perdiendo su calidad alimenticia, como por ejemplo las vitaminas, proteínas y carbohidratos que al ser expuestos al sol en forma directa, produce cambios en sus estructuras celulares haciéndose menos indigeribles (Caballero, 1992). El nivel de fibra varía en sentido inverso al contenido de almidón, por lo tanto cuanto más eficiente es la extracción de la harina de trigo, menor es la digestibilidad del subproducto de trigo.

Además, la presencia de lignina podría hacer disminuir la digestibilidad del subproducto de trigo así como la digestibilidad de los otros nutrientes (Caballero, 1992).

Comparando la digestibilidad de los insumos utilizados, el hominy feed tuvo un alto valor de 81.150% seguido del gluten de maíz de 79.011% y finalmente el subproducto de trigo con 65.265%, debido posiblemente a un mayor contenido de fibra, la cual haría reducir la digestión como menciona Bondi (1988), además su menor palatabilidad y no mostrar una tendencia a la selección del alimento (Correa, 1994). Las diferencias en digestibilidad de la materia seca también podría deberse a la mayor capacidad fermentativa del tracto digestivo del cuy (66%) a nivel del ciego, colon y recto (Campos, 2007). El gluten de maíz o forraje seco de maíz posee una fibra bruta de alta digestibilidad por presentar carbohidratos que no están lignificados (Zaldívar, 2007).

Posiblemente al utilizar una dieta basal haya tenido un efecto sobre los resultados obtenidos en este experimento, porque existe un efectos asociativos, lo cual puede atribuirse al hecho de que la unión de dos alimentos constituye una ración más o menos equilibrada que una dieta compuesta por un único alimento (Bondi, 1988). Al respecto, Maynard *et al.* (1981) explica cada alimento puede ejercer influencia sobre la digestibilidad de otros. Este tipo de respuesta se observa con mayor frecuencia, en animales herbívoros que dependen en gran medida de la fermentación microbiana. Los componentes de la dieta estimulan la actividad fermentadora que por lo general son la causa de la mayor digestibilidad (Pond *et al.*, 2010).

4.2 Energía digestible y metabolizable del gluten de maíz, Hominy Feed y subproducto de trigo,

Los resultados de la energía metabolizable y digestible de éstos insumos obtenidos en el presente estudio se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Valores de energía digestible y metabolizable (Kcal/Kg MS) del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes.

Ingrediente	Energía digestible (Kcal/Kg MS)	Coefficiente de variabilidad (%)	Energía metabolizable (Kcal/Kg MS)	Coefficiente de variabilidad (%)	Relación (EM/ED)
Gluten de maíz	4189	4.30	3910	4.61	0.933
Hominy feed	4372	4.11	4351	4.20	0.995
Subproducto de trigo	2801	6.00	2705	0.51	0.966

La energía digestible del gluten de maíz fue de 4189 Kcal/Kg MS superior a lo reportado por Zaldívar (2007) de 3964 Kcal /Kg MS y a los valores de la torta de soya (3584 Kcal/Kg) (Correa, 1994) y 3710 Kcal/Kg (Reynaga, 2010). Asimismo fue superior a la pasta de algodón (1636 Kcal/Kg) reportado por Correa (1994). La alta digestibilidad de la energía del gluten de maíz puede deberse al moderado nivel de fibra detergente neutra, hemicelulosa y carbohidratos no lignificados que son altamente digestibles, así como a la alta digestibilidad de las proteínas, grasas y extracto libre de nitrógeno.

Debido al proceso de la que le permite al cuido aprovechar la proteína contenida en las células de las bacterias presentes en el ciego; y reutilizar la el nitrógeno proteico y no proteico que no se alcanzó a digerir en el intestino delgado (Reynaga, 2010). Siendo ésta la razón que el gluten de maíz presenta una mayor energía digestible que el subproducto de trigo.

En tanto, la energía metabolizable obtenida para el gluten de maíz (3910 Kcal/Kg MS), fue superior al de la torta de soya a (3447 Kcal/Kg MS) reportado por Reynaga, 2010. Igualmente éste valor fue superior en este insumo (2150 Kcal/Kg MS y 2985 Kcal/Kg MS) en aves y rumiantes respectivamente (McDonald, 2002). McDonald (2002) reportó un valor de 3463 Kcal/Kg MS en porcinos. Su alto valor energético puede deberse a la calidad de la proteína, la alta digestibilidad de las fibras digestibles totales y del extracto etéreo y la presencia de carbohidratos de fácil digestión como es el almidón (Zaldívar, 2007). Siendo la relación (EM/ED) del gluten de maíz es 0.933.

Por otro lado, la energía digestible del hominy feed en cuyes fue de 4372 Kcal/Kg MS, similar a la harina integral de soya reportado por Zaldívar (2007) de 4417 Kcal/Kg MS, pero superior al maíz (3448 Kcal/Kg MS) publicado por Reynaga (2010). La alta digestibilidad de la energía del hominy feed podría deberse a su contenido de grasa (12.50% en base seca) al bajo contenido de fibra, siendo además una excelente fuente de energética según Lofgreen (1973) citado por Enciso (2001). Además, presenta un alto contenido del extracto libre de nitrógeno (69.92% en base seca) siendo también una fuente de energía.

Asimismo, la energía metabolizable del hominy feed de 2929.55 Kcal/Kg MS, menor a lo reportado en el maíz (3329 Kcal/Kg MS), por Reynaga (2010) y en aves de 3300 KcalEM/Kg MS (NRC, 1998); Bernuy (1999) reportó 3469 KcalEM/Kg MS del hominy feed por el método colección total y 3447 Kcal/Kg MS por el método cenizas insolubles en

ácido en hominy feed. Por otro lado Enciso (2001) reportó valores de 3856 KcalEM/Kg MS y 3123 KcalEM/Kg MS para el hominy feed y hominy gritz respectivamente, en la misma especie. Por lo general se ha asumido que la energía metabolizable del hominy feed es baja para los no rumiantes; pero, en el rumiante la utilización es mayor debido al mejor aprovechamiento de la fibra y de la grasa Wall *et al.* (1971) citado por Burgos (2002). Su alto valor se debe que es una excelente fuente energética, debido a los nutrientes aportadores de energía como el extracto libre de nitrógeno y sobre todo la grasa que se encuentran en buenas proporciones en el hominy feed nacional. Además, la proteína cuyo esqueleto carbonado podría ser fuente de energía, se encuentra en mayor cantidad que en el maíz, siendo ésta de mejor calidad porque contiene mayor cantidad de gluteína, proteína del germen, que es de mejor calidad que la zeína del endospermo (Ávila, 1992; citado por Bernuy 1999). Se reportó la relación (EM/ED) de 0.995 en el hominy feed.

La energía digestible del subproducto de trigo fue de 2801Kcal/Kg MS menor a lo determinado por Correa (1994) y Campos (2007), que reportaron valores de 3220 Kcal/Kg MS y 3268 Kcal/Kg MS, respectivamente pero son superiores a lo reportado por Huayhua (2008) y Reynaga (2010) cuyos valores fueron de 2679 Kcal/Kg MS y 2704 Kcal/Kg MS, respectivamente, en cuyes. Mientras que De Blas (1988) reportó un valor de 2758 Kcal/Kg MS en conejos y de 2610 Kcal/Kg MS (Cheeke, 1995).

En tanto, el valor de energía metabolizable del subproducto de trigo es superior a lo reportado por obtenido por Reynaga (2010) en cuyes de 2614 Kcal/Kg MS. En tanto que en aves se ha reportado un valor de 2808 Kcal/Kg MS determinado por el método de colección total y 2791 Kcal/Kg MS por el método de fibra cruda como indicador (Díaz, 2000). En éste experimento se pudo observar que no hubo diferencias significativas entre los dos métodos. Asimismo, en porcinos se reportó un valor de 3025 Kcal EM/Kg (NRC, 1998). En tanto la relación (EM/ED) del subproducto de trigo fue de 0.966.

Al respecto, la energía digestible del gluten de maíz o forraje seco de maíz y del hominy feed resultaron superiores al subproducto de trigo esto podría deberse a la digestibilidad de sus componentes especialmente a sus carbohidratos no lignificados del germen de maíz y a la digestibilidad de la grasa del hominy feed. Por otro lado, el subproducto de trigo, nutricionalmente en relación al gluten de maíz tiene un menor contenido de energía metabolizable lo cual está asociado con su menor contenido de grasa y mayor contenido de fibra (Rojas, 1979). El valor de la fibra aumenta según la procedencia del subproducto de

trigo así como de la proporciones de las partes más externas del grano de trigo (Reynaga, 2010).

La energía digestible del forraje seco de maíz o gluten de maíz y hominy feed fueron superiores al subproducto de trigo debido; a la digestibilidad de sus componentes especialmente a sus carbohidratos no lignificados y a su componente proteico que posee una digestibilidad por el complejo enzimático del tracto digestivo, volviendo disponible los aminoácidos e incrementado su valor nutricional. También al efecto de la digestibilidad del extracto etéreo del hominy feed que se produjo al liberarse las grasas contenidas en las células. Además, fue resultado los buenos niveles del extracto libre de nitrógeno según Zaldívar (2007), y al efecto de la digestibilidad de la fracción de los carbohidratos (fibrosos y no fibrosos) (Campos, 2007).

Un factor importante es la capacidad fermentativa del tracto digestivo del cuy siendo más eficiente que del conejo a nivel del ciego, colon y recto. Sin embargo, los cerdos poseen una similar capacidad fermentativa total a nivel del ciego, colon y recto (Parra, 1978; citado por Correa, 1994).

El cuy al realizar la cecotrofia, está volviendo a reutilizar los nutrientes que se perderían en otras especies y el cuy al consumir inicialmente la dieta de hominy feed, está absorbiendo eficazmente la energía. Una vez almacenada las reservas, y al no necesitar más, el resto lo excreta, de ahí que el cuy una tiene ventaja sobre las demás especies, realizando primero la actividad enzimática y luego la fermentación. Gracias a este proceso, el cuy puede aprovechar las proteínas de las células bacterianas presentes en el ciego, así como la reutilización del nitrógeno proteico y no proteico que no ha sido digerido en el intestino (Caballero, 1992).

4.3 Energía bruta, energía digestible, metabolizable y metabolibilidad del gluten de maíz, Hominy Feed y subproducto de trigo

Los niveles de energía bruta, digestible y metabolizable se muestran en el Cuadro 7. Se puede observar que el gluten de maíz al pertenecer al grupo de alimentos proteicos presenta 4583 y 3910 Kcal/Kg MS de energía bruta y metabolizable respectivamente, siendo metabolizado por el animal el 85.31% de la energía bruta contenida en el alimento, mientras que el hominy feed, un insumo energético posee 4825 y 4351 Kcal/Kg MS de energía bruta y metabolizable respectivamente, siendo el 90.18% de la energía bruta metabolizado por el animal, el subproducto de trigo presenta 4429 y 2705 Kcal/Kg MS de energía bruta y metabolizable respectivamente, metabolizándose el 61.07% de la energía bruta.

El hominy feed presenta un nivel de energía metabolizable de 4351 Kcal/Kg MS, el gluten de maíz presenta 3910 Kcal/Kg MS y el subproducto de trigo es menor con 2705 Kcal/Kg MS. En el mismo orden son los porcentajes de metabolibilidad, siendo mayor el hominy feed (90.18%), seguido por el gluten de maíz (85.31%) y finalmente el subproducto de trigo (61.07%). Se puede afirmar que el hominy feed es un alimento energético que fue mejor metabolizado por los cuyes comparado con un el gluten de maíz (alimento proteico) y subproducto de trigo (alimento energético).

Cuadro 7: Energía bruta, digestible, metabolizable (Kcal/Kg MS) y metabolibilidad del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo

	Gluten de maíz	Hominy feed	Subproducto de trigo
Energía Bruta	4583	4825	4429
Energía Digestible	4019	4372	2801
Energía Metabolizable	3910	4351	2705
Metabolibilidad % (EM/EB)	85.31	90.18	61.07

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones del presente trabajo de investigación se tiene las siguientes conclusiones:

1. Los valores de energía metabolizable del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo fueron 3910, 4351 y 2705 Kcal/Kg MS respectivamente.
2. Los valores de energía digestible del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo, fueron 4189, 4372 y 2801 Kcal/Kg MS respectivamente.
3. Los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo, fueron 79.0, 81.2 y 65.3 %, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, se recomienda:

1. Realizar estudios similares, utilizando otros insumos en la alimentación en cuyes.
2. Utilizar los valores de energía metabolizable obtenidos en este estudio en la formulación de dietas en cuyes y evaluar la performance productiva de esta especie tanto en animales en crecimiento y en reproducción.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. O. A. C. 1990. Oficial Methods of Association of Oficial Analytical Chemists. PARTE 950. 46 99.931 y PARTE 984. 13 pp. 74
- A. S. T. M. METHOD. 1972. American Society for Testing and Materials. D – 2015 – 66.
- ALVARADO, M. 1975. Digestibilidad de la cama de cuyes en ovinos. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima – Perú.
- ÀLVAREZ H. 2000. Guía práctica para el ganado de engorde. Editorial de mar EIRL. Lima.
- ARENAZA, V. 1996. Determinación de los coeficientes de digestibilidad y energía digestible del bagazo de marigol (*Tagetes erecta*) y subproducto de trigo (*Triticum sativum*) por calorimetría en el cuy (*Cavia porcellus*). Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima –Perú.
- AIRAHUACHO, B. 2007. Evaluación de dos niveles de energía digestible en base a los estándares nutricionales del NRC (1995) en dietas de crecimiento para cuyes (*Cavia porcellus* L.).
- BEDOYA, G. 2003. Determinación de la energía metabolizable del aceite acidulado de soya y su evaluación comparativa en dietas de inicio para pollos de carne. Tesis UNALM. Lima –Perú.
- BERNUY, H. E. 1999. Determinación de la energía metabolizable del hominy feed por dos métodos en pollos de carne. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Tesis UNALM. Lima – Perú.
- BLASI, D.A.; BROUK, M.J.; DROUILLARD, J.S. 2001. Corn gluten feed, composition and feeding value for beef and dairy cattle. Manhattan: Kansas State University Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension. (Consulta: Octubre del 2012).
- Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=00 0079&pid=S1516-3598200900080002800006&lng=en

- BLAIR, R. 2007. Nutrition and Feeding of Organic Pigs. (Consulta: setiembre del 2012)
Disponible en: http://books.google.com.pe/books?id=J6WwuS3NHWwC&pg=PA73&lpg=PA73&dq=hominy+feed&source=bl&ots=A5zwHSV38H&sig=SoZ_dVMBfhMa1u9h34nA_HZfx5g&hl=es&sa=X&ei=sst2UOjCIOM8QTwN4CABQ&ved=0CEsQ6AEwBQ#v=onepage&q=hominy%20feed&f=false
- BONDI, A. 1988. Nutrición Animal. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- BURGOS, L. L. 2002. El hominy feed como reemplazante del maíz en la alimentación de cerdos en las etapas de crecimiento – acabado. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima – Perú.
- BUXADE, C. 1995. Zootecnia: Bases de Producción Animal. Madrid – España.
- CABADA, J. 1971, CABADA, J. 1997. Estudio comparativo de la digestibilidad de Afrecho, Afrechillo y Moyuelo de trigo en ovinos. Tesis ingeniero Zootecnista UNALM. Lima.
- CABALLERO, A. 1992. Valor nutricional de la panca de maíz: consumo voluntario y digestibilidad en el cuy (*Cavia porcellus*). Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima.
- CAICEDO, V. A., 2000. Experiencias investigativas en la producción de cuyes. Contribución al desarrollo técnico de la explotación. Universidad de Nariño. Pasto – Colombia. 323 p.
- CAMPS, D., GONZALES, G. 2002. El gluten feed de maíz en el engorde vacuno en feedlot. Área de Nutrición y Alimentación Animal. Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, UBA. (consulta: Octubre del 2012)
Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/52-gluten_feed_de_maiz_en_el_engorde_en_feedlot.pdf
- CAMPOS, L. J. 2007. Evaluación nutricional del frijol mucuna (*Stizolobium deeringianum*) y su uso en la alimentación de cuyes en crecimiento y engorde. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en la Especialidad de Nutrición Animal. UNALM. Lima – Perú.
- CAÑAS, C. 1998. Alimentación y Nutrición Animal. Pontificia Universidad católica de Chile. 2^{da} Edición. Colección en Agricultura. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile.

- CASTRO, J., CHIRINOS, D. 1993. Avances en nutrición y alimentación en cuyes. UNCP. Huancayo. Perú. 85 p.
- CHAUCA, L. 1997. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Instituto Nacional de Investigación Agraria La Molina – Perú. FAO. Roma Italia.
- CHEEKE, P. 1995. Alimentación y Nutrición Ed. Acribia. Zaragoza, España.
- CHURCH, D. C. 2002. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de los Animales. México, D. F.
- CORREA, C. 1994. Determinación de la digestibilidad de insumos energéticos, proteicos y fibrosos en cuyes. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima – Perú.
- CRAMPTON, E. y HARRIS, L. 1974. Nutrición animal aplicada. Editorial Acribia. 2º edición Zaragoza – España.
- CREANGA, M. 1997. Tecnología de los alimentos. Cereales. Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima. Perú.
- CUADRADO, M. 2008. Valoración energética del polvillo de arroz y afrecho de trigo en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis para optar el título de Ing. Zootecnista. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. Riobamba – Ecuador.
- DE ALBA, J. 1971. Alimentación del ganado en América Latina. Ed. México 471 p.
- DE BLAS, C. 1998. Alimentación del conejo. Ediciones Mundi Prensa. Madrid - España.
- DÍAZ, R. 2000. Determinación de la energía metabolizable aparente para aves del moyuelo de trigo. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima-Perú.
- ENCISO, V. P. 2001. Determinación de la energía metabolizable aparente para aves del Hominy Gritz por el método de colección total. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima-Perú.
- ESQUERRE, J. A., VALENZUELA y CANDELA, E. 1974. Digestión microbiana en cuyes criollos de la altura. Rev. Inv. Pec. (IVITA). Universidad Nacional Mayor de San Marcos 3 (19: 67-76).

- FLORES, M. P., RODRIGUEZ, M. 2005. Nutrición Animal, Publicación de La Unidad Docente del área de Nutrición Animal de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria – España. (Consulta en: setiembre del 2012) Disponible en: www.webs.ulpgc.es/nutraim.
- GARAY, D. 2008. Digestibilidad y energía digestible de la cáscara de algodón y la cascarilla de arroz en cuyes (*Cavia porcellus*). Trabajo monográfico para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima -Perú.
- GARCÍA, A. R. 2009. Determinación de la energía digestible de residuos seco de cervecería y raicilla de malta en cuyes. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima-Perú.
- GÓMEZ, M. 1998. Determinación de la digestibilidad y Energía digestible del Sorgo grano y Harina de Pescado para el cuy. Tesis UNALM. Lima-Perú.
- GOMEZ, B. C. y VERGARA, V. 1993. Fundamentos de Nutrición y Alimentación. I Curso Nacional de Capacitación en Crianzas Familiares. PG 30-50 INIA – EELM - EEBI.
- HUAYHUA, V. 2008. Determinación de los coeficientes de digestibilidad y energía digestible del bagazo de marigol (*Tagetes erecta*) y subproducto de trigo (*Triticum sativum*) por calorimetría en el cuy (*Cavia porcellus*). Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima-Perú.
- HIDALGO, V., MONTES, T., CABRERA, P. y MORENO, A. 1995. Crianza de Cuyes Programa de Investigación en Carnes. UNALM. Perú.
- LALMAN, D. 1996. Alternative feeds for beef and stockers. Department of Animal Science. University of Missouri – Columbia.
(Consulta en: setiembre del 2012) Disponible en: <http://extension.missouri.edu/p/G2076>.
- LESSON, S., SUMMERS, J., DÍAZ, G. 2000. Nutrición Aviar Comercial. Santa Fe de Bogotá.
- LLANOS, M., OSORIO, Z. 2009. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una granja de cuyes en el Instituto Regional de Desarrollo - Jauja - Junín. Trabajo de investigación para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Ciclo Optativo de Profesionalización en Gestión Agrícola Empresarial.

- MAERTENS, L., PEREZ, J. M., VILLAMIDE, M., CERVERA, C., GIDENNE, T. y XICCATO, G. 2002. Nutritive Value of Raw Materials for Rabbits: Egran Tables. World Rabbit Science, Vol. 10 (4), 157-166. Bbb (Consulta: Mayo del 2012)
- Disponible en: http://wrs.webs.upv.es/files/journals/vol10_4_maertens.pdf
- MAYNARD, A., J, K, LOOSLI, J., HINTZ, H. y WARNER, R. 1981. Nutrición Animal (7^a Ed). McGraw – Hill Book Company. New Cork, N. Y.
- MCDONALD, P.; R. EDWARDS Y J. GREENHALD. 2002. Nutrición Animal. 3^o Edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- MORENO, R. A. 1989. Producción de cuyes. UNALM. Perú. 132 p.
- MORRISON, F.B 1980. Alimentos y alimentación del ganado. Tomo 5. Editorial Hispano Americana. México.
- MYER, B. y HERSOM, N. 2008. *Corn Gluten for Beef Cattle*.
- (Consulta: Octubre del 2012)
- Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AN/AN20100.pdf>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1994. Nutrient Requirements of poultry. Washington, D.C.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1995. Nutrient Requirements of poultry. Washington, D.C.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1998. Nutrient Requirements of poultry. Washington, D.C.
- NINANYA, P. A. 1974. Coeficientes de digestibilidad del heno de alfalfa, afrechillo, maíz y harina de pescado en cuyes. Tesis Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo.
- PIEDRA, V. J. 1994. Sustitución de maíz por Hominy Feed en dietas de pollos de carne. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima-Perú.
- POND, W. G.; CHURCH, D. C. y POND, K. R. 2010. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2 da Edición. Editorial. Limusa. México.

- REYNAGA, H. N. 2010. Determinación de energía digestible y metabolizable del subproducto de trigo, maíz amarillo y de la torta de soya en cuyes (*Cavia Porcellus*). Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima-Perú
- ROJAS, S. W. 1979. Nutrición Animal Aplicada. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- RUIZ, C. 2008. Evaluación del polvillo de arroz mediante pruebas de digestibilidad y alimentación en cuyes (*Cavia porcellus* L., 1758) en etapa de crecimiento. Tesis para optar el título de Magister. Sc. UNALM. Lima- Perú.
- SARAVIA, J. D. 1993. Avances de investigación en la alimentación de cuyes. I Curso Regional de Capacitación en Crianzas Familiares de Cuyes – Cajamarca.
- SHIMADA, A. 2003. Nutrición Animal. 1º Edición. Editorial Trillas. México.
- SOTO, O. R. 1994. Evaluación de cuatro niveles de Hominy Feed en reemplazo de maíz en dietas para patos en crecimiento y engorde. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima-Perú
- SUARÉZ, B. 2002. Evaluación de dos niveles de subproducto de trigo en dietas de ronsocos (*Hydrochaeris hydrochaeris*) bajo cautiverio. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. UNALM – Lima.
- TORRE, O. 1995. Determinación del valor energético para el cerdo de residuos de camal avícola y orujo bruto de aceituna. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima-Perú.
- TORRES, A. 2006. Evaluación de dos niveles de energía y proteína en el concentrado de crecimiento cuyes machos. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima-Perú.
- VERÁSTEGUI, M. 2006. Determinación de la energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EMAn) para aves de la harina de subproducto de aves. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima-Perú.
- VERGARA, V. 1992. 3^{er} Curso Internacional de Producción de Cuyes. UNALM. Lima – Perú.

- VIGIL DE LA FUENTE, J. 1999. Determinación de la energía metabolizable para aves del polvillo de arroz por dos métodos. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- YAMASAKI, K. 2000. Evaluación de cuatro niveles de alimento de gluten de maíz en cuyes de crecimiento y engorde. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- ZALDIVAR, V. R. 2007. Digestibilidad y energía digestible de la harina integral de soya y del gluten de maíz en cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.

VIII. ANEXO

Anexo I: Cantidad del alimento basal (100% subproducto de trigo) ingerido por cada animal (base seca)

Animal N°	(día)	Total de alimento ofrecido (g)	Alimento no consumido (g)	Alimento ingerido/día (g)	Promedio
1	1	35.5525	13.3322	22.2203	24.8719
	2	35.5525	10.6657	24.8867	
	3	35.5525	9.3325	26.2200	
	4	35.5525	8.8881	26.6644	
	5	35.5525	12.8878	22.6647	
	6	35.5525	8.9770	26.5755	
2	1	44.4406	28.4420	15.9986	21.1982
	2	44.4406	25.7755	18.6651	
	3	44.4406	25.3311	19.1095	
	4	44.4406	22.2203	22.2203	
	5	44.4406	19.0206	25.4200	
	6	44.4406	18.6651	25.7755	
3	1	62.2168	31.9972	30.2196	35.6117
	2	62.2168	29.3308	32.8860	
	3	62.2168	26.2200	35.9969	
	4	62.2168	29.3308	32.8860	
	5	62.2168	25.3311	36.8857	
	6	62.2168	17.4207	44.7961	
4	1	53.3287	26.2200	27.1088	30.0863
	2	53.3287	23.5535	29.7752	
	3	53.3287	24.8867	28.4420	
	4	53.3287	23.1091	30.2196	
	5	53.3287	21.7759	31.5528	
	6	53.3287	19.9094	33.4193	
5	1	62.2168	33.7749	28.4420	26.8125
	2	62.2168	38.6633	23.5535	
	3	62.2168	42.2186	19.9983	
	4	62.2168	33.7749	28.4420	
	5	62.2168	32.8860	29.3308	
	6	62.2168	31.1084	31.1084	
Promedio:					27.7161
Desviación estándar:					5.4623
Coeficiente de variabilidad (%):					19.7081

Anexo II: Cantidad de la mezcla (70% de gluten de maíz y 30% de subproducto de trigo)
ingerido por cada animal (base seca)

Animal N°	(día)	Total de alimento ofrecido (g)	Alimento no consumido (g)	Alimento ingerido/día (g)	Promedio
1	1	68.5249	26.5592	41.9657	41.0855
	2	68.5249	24.5753	43.9496	
	3	68.5249	30.8577	37.6673	
	4	68.5249	30.2410	38.2839	
	5	68.5249	25.0400	43.4849	
	6	68.5249	27.3635	41.1614	
2	1	67.2738	26.8631	40.4108	43.5594
	2	67.2738	22.0820	45.1918	
	3	67.2738	22.1625	45.1114	
	4	67.2738	19.8032	47.4706	
	5	67.2738	22.6361	44.6377	
	6	67.2738	28.7397	38.5341	
3	1	68.0424	35.4063	32.6360	34.0495
	2	68.0424	35.8174	32.2249	
	3	68.0424	38.6681	29.3742	
	4	68.0424	38.6950	29.3474	
	5	68.0424	33.2080	34.8344	
	6	68.0424	22.1625	45.8799	
4	1	67.4526	30.2857	37.1668	37.5332
	2	67.4526	27.2384	40.2142	
	3	67.4526	29.1061	38.3464	
	4	67.4526	29.9908	37.4617	
	5	67.4526	31.3939	36.0587	
	6	67.4526	31.5011	35.9515	
5	1	67.8815	24.2447	43.6368	43.9302
	2	67.8815	24.6826	43.1989	
	3	67.8815	25.4690	42.4125	
	4	67.8815	15.6120	52.2695	
	5	67.8815	22.3591	45.5224	
	6	67.8815	31.3402	36.5413	
Promedio:					40.0316
Desviación estándar:					4.2066
Coeficiente de variabilidad (%):					10.5083

Anexo III: Cantidad de la mezcla (70% de hominy feed y 30% de subproducto de trigo) ingerido por cada animal (base seca)

Animal N°	(día)	Total de alimento ofrecido (g)	Alimento no consumido (g)	Alimento ingerido/día (g)	Promedio
1	1	68.4026	41.5186	26.8840	29.9696
	2	68.4026	34.6873	33.7153	
	3	68.4026	34.8313	33.5713	
	4	68.4026	36.0734	32.3292	
	5	68.4026	37.5134	30.8892	
	6	68.4026	45.9737	22.4288	
2	1	68.5916	39.2145	29.3771	26.3725
	2	68.5916	39.8535	28.7381	
	3	68.5916	48.5478	20.0438	
	4	68.5916	43.8497	24.7419	
	5	68.5916	40.2495	28.3421	
	6	68.5916	41.5996	26.9920	
3	1	69.1496	42.3286	26.8210	29.2631
	2	69.1496	35.4883	33.6613	
	3	69.1496	43.6156	25.5340	
	4	69.1496	40.2495	28.9001	
	5	69.1496	41.3116	27.8381	
	6	69.1496	36.3254	32.8242	
4	1	68.2496	36.8744	31.3752	28.9211
	2	68.2496	37.8284	30.4211	
	3	68.2496	36.5414	31.7082	
	4	68.2496	38.6205	29.6291	
	5	68.2496	43.9127	24.3369	
	6	68.2496	42.1936	26.0560	
5	1	68.2676	36.6764	31.5912	22.5099
	2	68.2676	51.4099	16.8576	
	3	68.2676	47.5668	20.7008	
	4	68.2676	42.8686	25.3990	
	5	68.2676	45.8657	22.4018	
	6	68.2676	50.1589	18.1087	
Promedio:					27.4072
Desviación estándar:					3.0560
Coeficiente de variabilidad (%):					11.1504

Anexo IV: Peso de las heces de los animales alimentados con subproducto de trigo (dieta basal)
(g ms/cuy/día)

Animal N°	Estado de la muestra	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Promedio
1	Base Fresca	11.00	23.50	19.00	29.50	17.00	17.50	19.583
	% Humedad							51.205
	% Materia seca							48.795
	Base Seca	5.3675	11.4669	9.2711	14.3946	8.2952	8.5392	9.5557
2	Base Fresca	21.00	21.00	14.00	17.00	22.50	16.00	18.583
	% Humedad							63.884
	% Materia seca							36.116
	Base Seca	7.5844	7.5844	5.0562	5.0562	6.1397	8.1261	6.7116
3	Base Fresca	34.00	31.00	32.00	35.00	33.00	30.50	32.583
	% Humedad							62.112
	% Materia seca							37.888
	Base Seca	12.8819	11.7453	12.1242	13.2608	12.5030	11.5558	12.3452
4	Base Fresca	27.50	29.00	29.50	35.00	28.50	26.50	29.333
	% Humedad							61.186
	% Materia seca							38.814
	Base Seca	10.6739	11.2561	11.4501	13.5849	11.0620	10.2857	11.3854
5	Base Fresca	19.50	18.00	27.00	15.50	11.50	20.50	18.667
	% Humedad							55.349
	% Materia seca							44.651
	Base Seca	8.7069	8.0371	12.0557	6.9209	5.1348	9.1534	8.3348
Promedio:								9.6665
Desviación estándar:								2.2720
Coeficiente de variabilidad:								23.5034

Anexo V: Peso de las heces de los animales alimentados con la dieta 30% basal y 70% de gluten de maíz (g ms/cuy/día)

Animal N°	Estado de la muestra	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Promedio
1	Base fresca	30.27	29.53	4.06	18.15	10.43	15.22	17.943
	% Humedad							48.305
	% Materia seca							51.695
2	Base seca	15.6481	15.2655	2.0988	9.3826	5.3918	7.8680	9.2758
	Base fresca	23.42	9.08	19.60	10.14	16.96	28.30	17.917
	% Humedad							43.742
3	% Materia seca							56.258
	Base seca	13.1756	5.1082	11.0266	5.7046	9.5414	15.9210	10.0796
	Base fresca	8.31	10.51	6.67	16.66	14.94	13.64	11.788
4	% Humedad							35.826
	% Materia seca							64.174
	Base seca	5.3329	6.7447	4.2804	10.6914	9.5876	8.7533	7.5650
5	Base fresca	10.04	16.98	7.87	12.91	12.45	19.06	13.218
	% Humedad							24.036
	% Materia seca							75.964
5	Base seca	7.6268	12.8987	5.9784	9.8070	9.4576	14.4788	10.0412
	Base fresca	14.52	17.61	8.85	17.96	12.84	18.84	15.103
	% Humedad							39.249
5	% Materia seca							60.751
	Base seca	8.8211	10.6983	5.3765	10.9109	7.8004	11.4455	9.1754
Promedio:								9.2274
Desviación estándar:								1.0194
Coeficiente de variabilidad:								11.0479

Anexo VI: Peso de las heces de los animales alimentados con la dieta 30% basal y 70% de hominy feed (g ms/cuy/día)

Animal N°	Estado de muestra	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Promedio
1	Base fresca	9.27	12.59	19.39	9.01	7.69	10.50	11.408
	% Humedad							31.758
	% Materia seca							68.243
2	Base seca	6.3261	8.5917	13.2322	6.1486	5.2478	7.1655	7.7853
	Base fresca	6.60	15.37	9.30	7.35	6.21	10.88	9.285
	% Humedad							43.742
3	% Materia seca							56.258
	Base seca	3.7130	8.6469	5.2320	4.1350	3.4936	6.1209	5.2236
	Base fresca	8.67	8.84	9.15	6.83	11.13	10.26	9.147
4	% Humedad							35.826
	% Materia seca							64.174
	Base seca	5.5639	5.6730	5.8719	4.3831	7.1426	6.5843	5.8698
5	Base fresca	8.49	5.10	11.70	5.87	8.63	5.99	7.630
	% Humedad							24.036
	% Materia seca							75.964
5	Base seca	6.4494	3.8742	8.8878	4.4591	6.5557	4.5503	5.7961
	Base fresca	5.44	4.44	13.43	11.49	9.98	4.58	8.227
	% Humedad							39.249
5	% Materia seca							60.751
	Base seca	3.3049	2.6973	8.1589	6.9803	6.0630	2.7824	4.9978
Promedio:								5.9345
Desviación estándar:								1.0991
Coeficiente de variabilidad:								18.5199

Anexo VII: Coeficiente de digestibilidad (CD) de la materia seca del subproducto de trigo

Animal Nº	Cantidad de Materia Seca Consumida (g)	Cantidad de Materia Seca Excretada (g)	CD (%) MS Subproducto de trigo
1	24.8719	9.5557	61.5803
2	21.1982	6.7116	68.3389
3	35.6117	12.3452	65.3340
4	30.0863	11.3854	62.1574
5	26.8125	8.3348	68.9144
Promedio:			65.2650
Desviación estándar:			3.3914
Coeficiente de variación:			5.1964

Anexo VIII: Coeficiente de digestibilidad (CD) de la materia seca de la dieta 30% basal y
70% gluten de maíz

Animal Nº	Cantidad de Materia Seca Consumida (g)	Cantidad de Materia Seca Excretada (g)	CD (%) MS mezcla
1	41.0855	9.2758	77.4231
2	43.5594	10.080	76.8601
3	34.0495	7.5650	77.7822
4	37.5332	10.0412	73.2471
5	43.9302	9.1754	79.1136
Promedio:			76.8852
Desviación estándar			1.9645
Coeficiente de variación:			2.5551

Anexo IX: Coeficiente de digestibilidad (CD) de la materia seca de la dieta 30% basal y
70% hominy feed

Animal Nº	Cantidad de Materia Seca Consumida (g)	Cantidad de Materia Seca Excretada (g)	CD (%) MS mezcla
1	29.9696	7.7853	74.0226
2	26.3725	5.2236	80.1931
3	29.2631	5.8698	79.9414
4	28.9211	5.7961	79.9590
5	22.5099	4.9978	77.7973
Promedio:			78.3827
Desviación estándar:			2.3471
Coeficiente de variación:			2.9944

Anexo X: Coeficiente de digestibilidad (CD) de la materia seca del gluten de maíz

Animal Nº	CD (%) Mezcla	CD (%) Basal	CD (%) Germen de maíz
1	77.4231	71.9250	79.7795
2	76.8601	71.9250	78.9752
3	77.7822	71.9250	80.2924
4	73.2471	71.9250	73.8137
5	79.1136	71.9250	82.1944
Promedio:			79.0111
Desviación estándar:			2.8064
Coeficiente de variación:			3.5519

Anexo XI: Coeficiente de digestibilidad (CD) de la materia seca del hominy feed

Animal N°	CD (%) Mezcla	CD (%) Basal	CD (%) Hominy feed
1	74.0226	71.9250	74.9216
2	80.1931	71.9250	83.7366
3	79.9414	71.9250	83.3769
4	79.9590	71.9250	83.4021
5	77.7973	71.9250	80.3140
Promedio:			81.1503
Desviación estándar:			3.3530
Coeficiente de variación:			4.1319

Anexo XII: Peso inicial y final de los animales (g)

Dieta	Animal N°	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Variación de peso (g)
Basal (SPT)	1	622.5	631.0	+8.5
	2	652.0	635.0	-17.0
	3	745.5	739.0	-6.5
	4	633.0	674.5	+41.5
	5	728.0	725.0	-3.0
	Promedio	676.2	680.9	+4.7
30% Basal 70% Germen Maíz	1	1032.2	1094.0	+61.8
	2	1104.5	1208.8	+104.3
	3	1072.9	1081.4	+8.5
	4	1095.5	1167.6	+72.1
	5	1035.7	1087.0	+51.3
	Promedio	1068.2	1127.8	+59.6
30% Basal 70% Hominy Feed	1	973.2	994.2	+21.02
	2	925.8	971.3	+45.5
	3	994.8	1013.3	+18.5
	4	995.8	1008.0	+12.2
	5	1030.5	1009.8	-20.7
	Promedio	984.0	999.3	+15.3

Anexo XIII.

Energía digestible del subproducto de trigo (base seca)

Animal N°	Energía Bruta del alimento (Kcal/g)	Energía Bruta de Heces (Kcal/g)	Heces excretadas (g)	Alimento consumido (g)	Energía Digestible SPT (Kcal/Kg)
1	4.4295	4.8384	9.5557	24.8719	2570.5620
2	4.4295	4.6633	6.7116	21.1982	2953.0149
3	4.4295	4.6219	12.3452	35.6117	2827.2432
4	4.4295	4.5879	11.3854	30.0863	2693.2776
5	4.4295	4.7321	8.3348	26.8125	2958.4730
Promedio:					2800.5141
Desviación estándar:					168.3000
Coeficiente de variación:					6.0096

Anexo XIV. Energía digestible de la dieta de 30% de subproducto de trigo y 70% de gluten de maíz (base seca)

Animal N°	Energía Bruta Mezcla (Kcal/g)	Energía Bruta Heces (Kcal/g)	Heces excretadas (g)	Alimento consumido (g)	Energía Digestible Mezcla (Kcal/Kg)
1	4.6786	4.3349	9.2758	41.0855	3699.8933
2	4.6786	4.3725	10.0796	43.5594	3666.7861
3	4.6786	4.5064	7.5650	34.0495	3677.3383
4	4.6786	4.5935	10.0412	37.5332	3449.6816
5	4.6786	4.3390	9.1754	43.9302	3772.3151
Promedio:					3653.2029
Desviación estándar:					120.9914
Coeficiente de variación:					3.3119

Anexo XV. Energía digestible de la dieta de 30% de subproducto de trigo y 70% de hominy feed (base seca)

Animal N°	Energía Bruta Mezcla (Kcal/g)	Energía Bruta Heces (Kcal/g)	Heces excretadas (g)	Alimento consumido (g)	Energía Digestible Mezcla (Kcal/Kg)
1	4.8835	4.5562	7.7853	29.9696	3699.8915
2	4.8835	4.4760	5.2236	26.3725	3996.9184
3	4.8835	4.5002	5.8698	29.2631	3980.7819
4	4.8835	4.5454	5.7961	28.9211	3972.5340
5	4.8835	4.6416	4.9978	22.5099	3852.9075
Promedio:					3900.6067
Desviación estándar:					125.9359
Coeficiente de variación:					3.2286

Anexo XVI. Energía digestible del gluten de maíz (base seca)

Animal N°	Energía Digestible Mezcla (Kcal/Kg)	Energía Digestible Basal (Kcal/Kg)	% Sustitución	Energía Digestible del Germen de Maíz (Kcal/Kg)
1	3699.8933	2800.5141	70.0000	4085.3416
2	3666.7861	2800.5141	70.0000	4038.0456
3	3677.3383	2800.5141	70.0000	4053.1201
4	3449.6816	2800.5141	70.0000	3727.8962
5	3772.3151	2800.5141	70.0000	4188.8012
Promedio:				4018.6409
Desviación estándar:				172.8448
Coeficiente de variación:				4.3011

Anexo XVII.

Energía digestible del hominy feed (base seca)

Animal	Energía Digestible Mezcla (Kcal/Kg)	Energía Digestible Basal (Kcal/Kg)	% Sustitución	Energía Digestible del Hominy Feed (Kcal/Kg)
1	3699.8915	2800.5141	70.0000	4085.3389
2	3996.9184	2800.5141	70.0000	4509.6631
3	3980.7819	2800.5141	70.0000	4486.6109
4	3972.5340	2800.5141	70.0000	4474.8282
5	3852.9075	2800.5141	70.0000	4303.9332
Promedio:				4372.0749
Desviación estándar:				179.9084
Coeficiente de variación:				4.1149

Anexo XVIII:

Densidad de la orina (g/ml) de los alimentos en estudio

Alimento	Animal N°	Densidad	Promedio
100% SPT	1	1.0354	1.0288
	2	1.0241	
	3	1.0225	
	4	1.0329	
	5	1.0289	
30% SPT 70% GERMEN DE MAÏZ	1	1.0667	1.0607
	2	1.0565	
	3	1.0692	
	4	1.0751	
	5	1.0359	
30% SPT 70% HOMINY FEED	1	1.0347	1.0310
	2	1.0265	
	3	1.0265	
	4	1.0269	
	5	1.0404	

Anexo XIX. Concentraciones de nitrógeno en los alimentos suministrados (%)

Alimento	Animales	Nitrógeno (%)	Promedio de Nitrógeno (%)
100% SPT	1	1.2544	0.9631
	2	0.8718	
	3	0.8794	
	4	0.8766	
	5	0.9334	
30% SPT + 70% GERMEN DE MAÍZ	1	1.6438	1.9104
	2	2.1097	
	3	2.3726	
	4	2.4816	
	5	0.9443	
30% SPT + 70% HOMINY FEED	1	0.6522	1.0030
	2	0.2161	
	3	0.4676	
	4	0.5123	
	5	3.1667	

ANEXO XX. Peso de la orina (g) y obtención de energía urinaria (kcal) de los animales alimentados con subproducto de trigo (dieta basal)

Animal	día	Peso de orina (g)	Promedio/día	Nitrógeno (%)	Nitrógeno Total (g)	Energía Urinaria (Kcal)/orina producida (g) 1,2	Promedio alimento consumido (g)	Energía orina (Kcal)/Kg alimento (base seca)
1	1	25.89	25.9713	1.2544	0.3258	2.3358	24.8719	93.9144
	2	24.85						
	3	31.58						
	4	24.85						
	5	20.71						
	6	27.96						
2	1	32.77	39.0880	0.8718	0.3408	2.4435	21.1982	115.2692
	2	33.80						
	3	33.80						
	4	43.01						
	5	49.16						
	6	41.99						
3	1	54.19	56.2529	0.8794	0.4947	3.5469	35.6117	99.5992
	2	48.06						
	3	51.23						
	4	64.42						
	5	61.35						
	6	58.28						
4	1	34.08	37.3547	0.8766	0.3274	2.3478	30.0863	78.0369
	2	40.28						
	3	37.18						
	4	38.22						
	5	37.18						
	6	37.18						
5	1	27.78	36.0115	0.9334	0.3361	2.4100	26.8125	89.8834
	2	29.84						
	3	37.04						
	4	41.16						
	5	43.21						
	6	37.04						
Promedio:						2.6168		95.3406
Desviación Estándar:						0.5218		13.6612
Coeficiente de Variabilidad (%):						19.9409		14.3288

Anexo XXI. Peso de la orina (g) y obtención de energía urinaria (kcal) de los animales alimentados con la dieta 30% de subproducto de trigo y 70% gluten de maíz

Animal	día	Peso de orina (g)	Promedio/día	Nitrógeno (%)	Nitrógeno Total (g)	Energía Urinaria (kcal)/orina producida (g) 1,2	Promedio alimento consumido (g)	Energía orina (Kcal)/Kg alimento (base seca)
1	1	28.2676	27.9120	1.6438	0.4588	3.2898	41.0855	80.072065
	2	15.4672						
	3	29.3343						
	4	31.4677						
	5	29.8676						
	6	33.0677						
2	1	28.5255	27.8212	2.1097	0.5869	4.2085	43.5594	96.614855
	2	32.2233						
	3	33.2798						
	4	26.9408						
	5	14.2628						
	6	31.6950						
3	1	25.1262	22.1859	2.3726	0.5264	3.7743	34.0495	110.8462
	2	18.1764						
	3	22.4532						
	4	21.3840						
	5	20.3148						
	6	25.6608						
4	1	23.6522	24.8169	2.4816	0.6159	4.4158	37.5332	117.6503
	2	23.6522						
	3	23.6522						
	4	13.4388						
	5	40.8538						
	6	23.6522						
5	1	44.5437	77.5199	0.9443	0.7320	5.2487	43.9302	119.4783
	2	106.6977						
	3	90.1233						
	4	80.8002						
	5	74.5848						
	6	68.3694						
Promedio:						4.1874		104.9323
Desviación Estándar:						0.7341		16.5493
Coeficiente de Variabilidad (%):						17.5301		15.7714

Anexo XXII. Peso de la orina (g) y obtención de energía urinaria (kcal) de los animales alimentados con la dieta 30% de subproducto de trigo y 70% hominy de maíz

Animal	día	Peso de orina (g)	Promedio/día	Nitrógeno (%)	Nitrógeno Total (g)	Energía Urinaria (kcal)/orina producida (g) 1,2	Promedio alimento consumido (g)	Energía orina (Kcal)/Kg alimento (base seca)
1	1	30.52	25.1777	0.6522	0.1642	1.1774	29.9696	39.2866
	2	28.97						
	3	31.04						
	4	26.90						
	5	17.07						
	6	16.56						
2	1	95.46	85.3706	0.2161	0.1845	1.3228	26.3725	50.1581
	2	96.49						
	3	66.21						
	4	107.78						
	5	82.63						
	6	63.64						
3	1	20.02	21.7276	0.4676	0.1016	0.7285	29.2631	24.8940
	2	17.45						
	3	30.80						
	4	19.50						
	5	17.96						
	6	24.64						
4	1	23.11	34.2300	0.5123	0.1754	1.2574	28.9210	43.4756
	2	29.78						
	3	32.86						
	4	31.83						
	5	31.32						
	6	56.48						
5	1	5.20	5.7222	3.1667	0.1812	1.2993	22.5098	57.7200
	2	4.16						
	3	7.80						
	4	5.72						
	5	5.20						
	6	6.24						
Promedio:						1.1570		43.1069
Desviación Estándar:						0.2458		12.3460
Coeficiente de Variabilidad (%):						21.2513		28.6406

Anexo XXIII Energía metabolizable del subproducto de trigo (base seca)

Animal	Energía Digestible SPT (Kcal/Kg alimento)	Energía orina (Kcal)/Kg alimento (base seca)	Energía Metabolizable SPT (Kcal/Kg alimento)
1	2800.514131	93.914439	2706.599692
2	2800.514131	115.269161	2685.244970
3	2800.514131	99.599215	2700.914916
4	2800.514131	78.036947	2722.477183
5	2800.514131	89.883398	2710.630732
Promedio:			2705.173499
Desviación estándar:			13.661211
Coeficiente de variación:			0.505003

Anexo XXIV. Energía metabolizable 30% del subproducto de trigo y 70% del gluten de maíz (base seca)

Animal	Energía Digestible Mezcla (Kcal/Kg alimento)	Energía Urinaria mezcla (Kcal/Kg alimento)	Energía Metabolizable mezcla (Kcal/Kg alimento)
1	3699.893331	80.072065	3619.821267
2	3666.786137	96.614855	3570.171282
3	3677.338337	110.846171	3566.492166
4	3449.681593	117.650330	3332.031263
5	3772.315077	119.478250	3652.836827
Promedio:			3548.270561
Desviación estándar:			126.119695
Coeficiente de variación:			3.554399

Anexo XXV. Energía metabolizable 30% del subproducto de trigo y 70% del hominy feed
(base seca)

Animal	Energía Digestible Mezcla (Kcal/Kg alimento)	Energía Urinaria mezcla (Kcal/Kg alimento)	Energía Metabolizable de la mezcla (Kcal/Kg alimento)
1	3699.891470	39.286652	3660.604819
2	3996.918444	50.158132	3946.760311
3	3980.781871	24.894023	3955.887848
4	3972.533988	43.475656	3929.058332
5	3852.907501	57.720080	3795.187420
Promedio:			3857.499746
Desviación estándar:			127.885434
Coefficiente de variación:			3.315242

Anexo XXVI. Energía metabolizable del gluten de maíz (base seca)

Animal	Energía Metabolizable Mezcla (Kcal/Kg)	Energía Metabolizable Basal (Kcal/Kg)	% Sustitución	Energía Metabolizable del Germen de Maíz (Kcal/Kg)
1	3619.821267	2705.173499	70	4011.813167
2	3570.171282	2705.173499	70	3940.884618
3	3566.492166	2705.173499	70	3935.628738
4	3332.031263	2705.173499	70	3600.684591
5	3652.836827	2705.173499	70	4058.978253
Promedio:				3909.597873
Desviación estándar:				180.170993
Coefficiente de variación:				4.608428

Anexo XXVII.

Energía metabolizable del hominy feed (base seca)

Animal	Energía Metabolizable Mezcla (Kcal/Kg)	Energía Metabolizable Basal (Kcal/Kg)	% Sustitución	Energía Metabolizable del Hominy Feed (Kcal/Kg)
1	3660.604819	2705.173499	70	4070.075385
2	3946.760311	2705.173499	70	4478.868945
3	3955.887848	2705.173499	70	4491.908283
4	3929.058332	2705.173499	70	4453.580404
5	3795.187420	2705.173499	70	4262.336244
Promedio:				4351.353852
Desviación estándar.				182.693477
Coeficiente de variación:				4.198543