

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION



**“EFECTO DE LA SUPLEMENTACION DE UN COMPLEJO
ENZIMATICO SOBRE LA ENERGIA METABOLIZABLE
APARENTE Y METABOLICIDAD DE LA MATERIA SECA EN
DIETAS DE POLLOS DE CARNE”**

Trabajo investigación para optar el título de

INGENIERO ZOOTECNISTA

Gian Carlos Gómez Ipanaqué

Lima – Perú

2014

INDICE GENERAL

	Pág.
I RESUMEN	1
II INTRODUCCION	3
III REVISION DE LITERATURA	4
3.1 ENZIMAS DIGESTIVAS EXÓGENAS	4
3.2 CARACTERÍSTICAS Y FUNCIÓN DE LAS ENZIMAS EXÓGENAS	5
3.3 FACTORES Y BENEFICIOS A CONSIDERAR EN EL USO DE PRODUCTOS ENZIMÁTICOS	6
3.4 FACTORES QUE AFECTAN LA ACCIÓN DE LAS ENZIMAS	7
3.5 USO DE ENZIMAS DIGESTIVAS EN LA NUTRICIÓN AVÍCOLA	8
3.6 ENZIMAS COMERCIALES	13
3.7 ENERGÍA METABOLIZABLE (E.M.)	16
3.8 MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE E.M.	19
3.8.1 MÉTODOS DIRECTOS	19
a. Técnica de colección total	19
b. Técnica del indicador o marcador	20
3.8.2 MÉTODOS INDIRECTOS	20
IV MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1 LOCALIZACIÓN	22
4.2 ANIMALES	22
4.3 INSTALACIONES Y EQUIPOS	22
4.4 ALIMENTACIÓN	23
4.5 SANIDAD Y VACUNACIÓN	23
4.6 PRODUCTO ENZIMÁTICO DE EVALUACIÓN	25
4.7 TRATAMIENTOS	25

4.8	METODOLOGÍA	27
4.8.1	DETERMINACIÓN DE LA E.M.	27
4.8.2	COLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE EXCRETAS	28
4.8.3	CÁLCULO DE ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE CORREGIDA POR (EMAn)	29
a.	Método de colección total	29
4.8.4	MEDICIONES	30
4.8.5	ANÁLISIS QUÍMICO	30
4.9	DISEÑO ESTADÍSTICO	31
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
VI	CONCLUSIONES	37
VII	RECOMENDACIONES	38
VIII	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	39
IX	ANEXOS	47

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Contenido de sustratos no digestibles en los principales insumos usados en la alimentación animal.	7
Tabla 2	Principales enzimas en la alimentación animal.	10
Tabla 3	Formula de la dieta comercial y su valor nutricional.	24
Tabla 4	Fórmula de las dietas experimentales con su valor nutricional.	26
Tabla 5	Composición química proximal determinado en las dietas o tratamientos.	27
Tabla 6	Metabolicidad aparente de la materia seca, EMAn determinado e incremento de energía en la dieta por adición de enzima.	33

ANEXOS

		Pág.
ANEXO 1	Ficha técnica del complejo enzimático Allzyme Vegpro.	48
ANEXO 2	Registros de pesos semanales (g).	49
ANEXO 3	Registro de mortalidad semanal (%).	49
ANEXO 4	Análisis de excretas en base fresca: Humedad (Hd), nitrógeno (N) y ceniza (Cz).	50
ANEXO 5	Análisis de excretas en base seca: nitrógeno (N), ceniza (Cz), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC).	51
ANEXO 6	Materia orgánica consumida (MOC).	52
ANEXO 7	Materia orgánica excretada (MOE).	53
ANEXO 8	Metabolicidad de materia orgánica (MMO) y materia seca (MMS).	54
ANEXO 9	Cálculo de la energía de la excreta por gramos de dieta (E excreta/g dieta).	55
ANEXO 10	Cálculo de la energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EMAn).	56
ANEXO 11	Partición de la energía ingerida por el ave.	57

DEDICATORIA

A mis padres, a mi hermana, a mi esposa Erika y a mi orgullo más grande; mi bebe José Carlos.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres; Carlos y Alicia, por su apoyo incondicional, por todo su tiempo dedicado y por ser un ejemplo y orgullo para mí.

A mi hermana, Jenny, por sus sabios consejos y por su amistad incondicional.

A mi esposa, Erika, por ser un apoyo importante en mi vida; con su amor, su tolerancia, lealtad y respeto.

A mi patrocinador, el doctor Carlos Vílchez Perales, por su tiempo brindado y por su apoyo incondicional.

Al personal de la granja experimental de aves de la UNALM, por su amistad y apoyo.

A mi alma mater, la Universidad Nacional Agraria la Molina, por ser parte de mi formación profesional.

I. RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la suplementación con enzimas digestivas exógenas a dietas de pollos de carne con diferentes niveles de energía metabolizable sobre la utilización de esta en la dieta. El ensayo biológico se realizó en la Unidad Experimental de Avicultura de la Facultad de Zootecnia-UNALM, para ello se utilizaron 150 pollos BB (Cobb 500) por un periodo de 21 días. En los 17 primeros días los pollos fueron alimentados con una dieta de inicio comercial y al día 18 fueron sometidos a un periodo de ayuno por 12 horas antes de suministrar las dietas experimentales: (T1) dieta 2800 Kcal/kg sin enzima; (T2) dieta 2800 Kcal/kg con enzima; (T3) dieta 2900 Kcal/kg sin enzima; (T4) dieta 2900 Kcal/kg con enzima; (T5) dieta 3000 Kcal/kg sin enzima; (T6) dieta 3000 Kcal/kg con enzima. Cada dieta fue suministrada ad libitum a 5 grupos de 5 pollos cada uno hasta los 21 días de edad. La determinación de la EM aparente corregida por nitrógeno (EMAn) de las dietas se realizó usando la técnica de colección total de excreta y la energía bruta del alimento y de las excretas a través de una bomba calorimétrica adiabática de Parr. Los resultados muestran que no hay interacción entre los efectos energía-enzima y que los valores de EMAn de las dietas obtenidas se acercan a los valores calculados en la formulación, cuando estas son menos energéticas (2800 Kcal/kg). Para este caso, el valor promedio fue de 2760 Kcal/kg (40 Kcal/kg menos que el calculado). Además, la adición del complejo enzimático (500g/TM), incrementó la utilización de la energía de la dieta y la metabolicidad de la materia seca. El valor más alto de energía se observó en la dieta formulada con 2900 Kcal EM/kg y el valor promedio de mejora fue de 47 Kcal/kg dieta.

Palabras claves: complejo enzimático, Energía Metabolizable (EM), metabolicidad, EMAn

I. ABSTRACT

The present study aims to evaluate the effect of exogenous supplementation of broiler diets with different metabolizable energy levels on the use of this dietary digestive enzymes. Biological testing was performed at the Experimental Poultry Unit of the Faculty of Animal Science-UNALM, for it 150 babies chickens (Cobb 500) were used for a period of 21 days. In the first 17 days the chicks were fed a commercial diet beginning and day 18 were subjected to a period of fasting for 12 hours before feeding the experimental diets: (T1) diet 2800 Kcal / kg without enzyme; (T2) diet 2800 Kcal / kg enzyme; (T3) diet 2900 Kcal / kg without enzyme; (T4) diet 2900 Kcal / kg enzyme; (T5) diet 3000 Kcal / kg without enzyme; (T6) diet 3000 Kcal / kg enzyme. Each diet was fed ad libitum to five groups of five chickens each until 21 days old. Determination of apparent EM corrected for nitrogen (EMAn) of the diets was performed using the technique of total collection of excreta and gross energy of the food and excreta through a Parr adiabatic bomb calorimeter. The results show that there is no interaction between the enzyme-energy effects and EMAn values of the diets obtained are close to the values calculated in the formulation, as these are less energy (2800 Kcal / kg). For this case, the mean value was 2760 Kcal / kg (40 Kcal / kg less than calculated). Furthermore, the addition of the enzyme complex (500 g / TM), increased energy usage and diet dry matter metabolicidad. The highest energy value was observed in the diet formulated with 2900 kcal EM / kg, and the average value of improvement was 47 Kcal / kg diet.

Key words: enzyme complex, metabolizable energy (EM), metabolicidad, EMAn.

II. INTRODUCCION

En general, el uso de enzimas exógenas en dietas para aves se viene incrementando en los últimos años debido a las constantes alzas en los costos de producción por alimentación. Todos los animales utilizan enzimas para digerir alimentos, estas pueden ser producidas por el mismo animal o por los microorganismos presentes de forma natural en el intestino, sin embargo el proceso digestivo se ve limitado en aves jóvenes. La suplementación de enzimas exógenas en la alimentación de aves pretende suplir las deficiencias enzimáticas para mejorar la utilización de materias primas, particularmente de las fuentes proteicas de origen vegetal que contienen componentes antinutricionales que afectan su plena utilización; mostrando directas ventajas productivas y rentables.

En diversos estudios se han observado efectos benéficos con la suplementación de complejos enzimáticos en las dietas de aves, particularmente las que contienen granos con alto componente de fibra como los cereales. Por lo tanto se están realizando estudios en dietas tradicionales a base de maíz-soya. En las leguminosas los polisacáridos no amiláceos (PNA) más abundantes son las pectinas y los α -galactósidos, se sabe que la presencia de estos PNA aumenta la viscosidad del contenido intestinal y que la adición de enzimas disminuye este efecto. Se estima que altas viscosidades de la digesta reducen la digestibilidad y la absorción de los nutrientes. Así mismo, existen reportes que el adicionar un complejo enzimático a la dieta reduce estos efectos negativos y al mismo tiempo mejora, en diferente grado, la energía metabolizable de la soya y de otras fuentes de proteína vegetal. Por tal razón, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de la suplementación con un complejo enzimático sobre la energía metabolizable aparente y la metabolicidad de la materia seca en dietas de pollos de carne, considerando que el nivel de nutrientes de las dietas por unidad de energía metabolizable (EM) es constante.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 ENZIMAS EXÓGENAS DIGESTIVAS

Las enzimas son proteínas de estructura tridimensional sumamente complejas, producto de organismos vivientes tales como bacterias, levaduras, hongos y tejidos vegetales. La mayor parte de los complejos enzimáticos comerciales tienen un origen bacteriano (*Bacillus sp.*) o fúngico (*Aspergillus sp.*), los cuales aseguran usar la fracción de PNA presentes y eliminar los factores antinutricionales (Quispe, 1999). Dado que cada reacción catalítica requiere su enzima específica, es aconsejable añadir a los alimentos una mezcla de diversas enzimas para que descompongan al mismo tiempo las diversas sustancias nocivas que contienen, pero teniendo siempre en cuenta que todas las enzimas que se van a utilizar actúen en las mismas condiciones de reacción. Por esta razón, es muy importante conocer las diversas actividades enzimáticas de cada producto, para así obtener ventajas de ellas y evitar los problemas indeseables que puede traer consigo su presencia (García, 2004).

Existen complejos enzimáticos a base de proteasas, α -galactosidasas, xilanasas, celulasas y amilasas que tienen una acción específica sobre los productos y subproductos oleaginosos como la soya, así como otros complejos que son una combinación natural de varias enzimas producidas por el hongo *Penicillium funiculosum*, que es un microorganismo no modificado genéticamente; por ello, su capacidad para producir una muy amplia gama de actividades enzimáticas. La magnitud de la eficacia de estos complejos está directamente relacionada con el nivel y la naturaleza de las estructuras de carbohidratos poco digeribles de los ingredientes del alimento. También estos complejos enzimáticos mejoran la energía metabolizable y los aminoácidos de la dieta, obteniendo como resultado un menor uso de grasas/aceites y de fuentes proteicas en la ración; consecuentemente la

inclusión de menos energía, disminuyendo el costo de la ración y aumentando el rendimiento de las aves (De Paz, 2007).

3.2 CARACTERÍSTICAS Y FUNCIÓN DE ENZIMAS EXÓGENAS

Las enzimas exógenas son proteínas sensibles que pueden perder parte de su actividad en el transcurso de su almacenamiento, durante el procesamiento de los alimentos o en la degradación ácida o proteolítica de este en el intestino animal, por lo que los resultados que se obtengan al suplementarlas en los alimentos para animales pueden depender de varios factores (Piquer, 1996). Por eso, deben ejercer un efecto catalítico para lograr su efecto positivo, hay que considerar que la mayoría, de origen bacteriano requiere de un pH cercano a la neutralidad para su máxima actividad; en cambio, las enzimas derivadas de hongos requieren de un pH ácido (4.0-6.0). Esto indica que la mayoría de enzimas funcionaría sin mayor problema en el intestino delgado, sin embargo deben sobrevivir a otras condiciones del tracto digestivo, especialmente las del estómago (Sahagún, 1998).

Por lo tanto, la estabilidad de las enzimas es la primera característica exigible para su uso a nivel industrial, así como la estabilidad en el producto puro, en mezclas posteriores y en alimento terminado (Kernkamp, 1990). Pero el único método eficaz para evaluar el funcionamiento de los productos enzimáticos es en vivo, administrándolas a la dieta base y midiendo la respuesta en términos de rendimiento (Graham e Inberr, 1993).

Por último, Ferket (1993) en su trabajo con el uso de enzimas en dietas de pavos y pollos de carne, resalta que las principales funciones de las enzimas exógenas son (1) incrementar la disponibilidad de polisacáridos y proteínas almacenadas, haciendo disponibles más nutrientes; (2) son capaces de romper ligaduras específicas existentes en los ingredientes, permitiendo la mayor liberación de nutrientes; (3) ayudan a resolver los problemas de digestión inadecuada en los animales jóvenes, sobre todo durante la exposición a temperaturas adversas y (4)

también pueden degradar varios factores antinutricionales en la mayoría de los ingredientes y los subproductos, aumentando así su valor nutricional.

3.3 FACTORES Y BENEFICIOS A CONSIDERAR EN EL USO DE PRODUCTOS ENZIMÁTICOS

Marquardt *et al.* (1996) respecto a los complejos enzimáticos, recomiendan que (1) deben contener el espectro apropiado en las actividades enzimáticas de tal manera que los efectos antinutricionales del substrato objetivo sean neutralizados, (2) la actividad enzimática debe neutralizar los efectos del factor antinutricional en la dieta, (3) la respuesta enzimática a un factor antinutricional debe variar dentro de un cereal dado, (4) los resultados son afectados por la clase y la edad del ave, (5) las enzimas no deben ser inactivadas por el procesamiento, por el bajo pH o por enzimas digestivas en el tracto gastrointestinal y (6) la aplicación comercial de estos productos enzimáticos de origen microbiano en la alimentación de aves puede ser resumida en (a) carbohidrasas para la degradación de PNA en grano de cereales viscosos, (b) fitasas, (c) complejos enzimáticas para dietas maíz/soya y (d) carbohidrasas para PNA de ingredientes proteicos vegetales.

Así los beneficios que se han obtenido por el uso de estos productos enzimáticos en la alimentación de las aves según Broz and Beardsworth (2002) citado por Choct (2006) son (1) mejora en la utilización de nutrientes (energía metabolizable y digestibilidad de nutrientes), (2) mejora en ganancia de peso y conversión alimentaria, (3) aumento en la flexibilidad y precisión de la formulación de mínimo costo por aumento del nivel de inclusión de ciertos ingredientes, sin ocasionar problemas productivos y en la consistencia fecal, además de la disminución de la variación nutricional de ingredientes, (4) mejora la salud digestiva y el bienestar de las aves obteniendo camas menos húmedas y (5) reduce la contaminación ambiental debido a la menor excreción de nutrientes indigeridos.

3.4 FACTORES QUE AFECTAN LA ACCIÓN DE LAS ENZIMAS

Bedford (1996) enfatiza que las aves son capaces de producir enzimas digestivas para digerir el almidón y las proteínas, mas no producen las enzimas necesarias en su tracto digestivo para digerir los PNA totales presentes en la mayoría de los insumos (Tabla 1).

Tabla 1: Contenido de sustratos no digeribles en los principales insumos usados en la alimentación animal

Insumo	Fibra Bruta	β -glucano	Pentosano	Oligosacárido	PNA Totales	Fitato
Maíz	19-30	1-2	40-43	-	55-117	2.1
Harina de soya	34-99	-	30-45	118-132	180- 227	4.4
Afrecho	106- 136	-	150-250	-	220- 337	7.2-9.2
Trigo	20-34	2-15	55-95	-	75-106	2.3-2.9
Cebada	42-93	15-107	57-60	-	135- 172	2.2-2.9

Datos expresados en g/kg de Materia Seca

FUENTE: Universidad de Berlín (Farfán, 2004)

Los PNA son prácticamente indigestibles en aves jóvenes, debido a que éstas no poseen las enzimas gastrointestinales apropiadas y la microflora de su intestino parece tener una actividad mínima en estos compuestos, por lo que su digestibilidad mediante fermentación microbiana es también reducida. Además, algunas fracciones de los PNA en los insumos como celulosa, pentosanos, oligosacáridos, β -glucanos y pectinas reducen también la digestibilidad de otros nutrientes y el rendimiento de las aves (Shutte, 1998; Carlón, 2007).

Según Classen y Bedford (1991) son numerosos los factores que intervienen en la reducción de la absorción de sustancias nutritivas ocasionadas por los PNA. En estudios realizados por Choct *et al.* (1996), se observa que al suplementar PNA incrementa significativamente la viscosidad intestinal, redujo la energía metabolizable de la dieta, disminuyó el crecimiento y aumentó la conversión alimentaria de las aves. Esto se observa sobre todo en la digestión de las grasas. Además, el deterioro de la absorción de nutrientes ocasiona a veces una excreción desproporcionada de las enzimas digestivas en el intestino delgado, lo cual aumenta a su vez la pérdida de proteínas endógenas.

Se puede concluir que la solubilidad y viscosidad de los PNA influye en la digestión de la grasa, proteína y almidón en pollos broilers, tales efectos están mediados por la microflora. La estructura y propiedades de disolución en agua de los PNA no viscosos pueden ser benéficas en circunstancias específicas donde hay alta actividad bacteriana en el tracto digestivo, permitiendo un mayor ataque enzimático. La determinación de PNA solubles y su viscosidad puede ser usada para determinar y describir los efectos de varias técnicas de procesamiento en la actividad de los PNA en dietas mezcladas, su despolarización por la adición de enzimas disminuye la viscosidad *in vitro* e *in vivo* y puede alterar la cantidad de PNA solubles, al igual que el tratamiento con calor puede afectar además las propiedades de los PNA (Camiruaga *et al.*, 2001).

3.5 USO DE ENZIMAS DIGESTIVAS EN LA NUTRICIÓN AVÍCOLA

El uso de enzimas exógenas puede influir marcadamente sobre la digestibilidad de los ingredientes y la dieta, sobre todo en pollos jóvenes donde la producción de enzimas endógenas es baja (Soto y Wyatt, 1997), aumentando la disponibilidad de nutrientes que existen en el interior de la célula mediante la ruptura de la pared celular, el cual afecta en los procesos de digestión y absorción (Rotter *et al.*, 1990; Piquer, 1996).

La respuesta al suplementar en las dietas un complejo multienzimático, es la de ejercer un efecto importante sobre los sustratos de los alimentos, como lo han reportado McNab y Bernard (1997); esto se debe reflejar en una mayor disponibilidad de la energía y la proteína contenida en el alimento, lo que debería dar como consecuencia una tendencia hacia una respuesta con un menor consumo de alimento.

Las enzimas que se han estado usando en los últimos años son la celulasa, xilanasas y enzimas asociadas, fitasas, proteasas, lipasas y galactosidasas (Tabla 2). En la industria de alimentos para animales, se ha utilizado enzimas en aves de corral para neutralizar los efectos antinutritivos de los PNA y viscosos en cereales como la cebada, trigo y centeno (Farfán, 2004).

Resultados obtenidos por Cowan *et al.* (1996) quien al adicionar un suplemento continuo de una proteasa y una α -galactosidasa en dietas a base de maíz-soya en broilers de 3 semanas de edad infiere que el uso de α -galactosidasa mejora el rendimiento energético de las fuentes proteicas convirtiendo a los carbohidratos no utilizables como la rafinosa y estequiosa en azúcares asimilables, que junto a las enzimas proteolíticas mejoran la digestibilidad de la proteína y la oportunidad de aprovechar otras.

Kalinoswki (1998) realizó un estudio en dietas de pollos con dos productos enzimáticos en base a proteasas, celulasas, pentosanasas, α -galactosidasa y amilasa el primero; y el segundo, compuesto por proteasas, amilasas, celulasas, lipasas y pectinasas sobre dietas a base de maíz-soya y maíz-soya integral, con y sin restricción de energía y proteína, señala que los resultados obtenidos no muestran diferencias significativas entre tratamientos con la inclusión del producto enzimático.

Tabla 2: Principales enzimas en la alimentación animal

Enzimas	Sustrato	Función	Mejoras/Usos
β-glucanasas	Cebada/avena	Reducción de la viscosidad	Digestión y utilización de nutrientes
Celulasas	Celulosa	Endohidrolisis de los enlaces 1-4 en celulosa	Digestión y utilización de nutrientes
Xilanasas	Centeno/ arroz /afrecho	Reducción de la viscosidad	Digestión y utilización de nutrientes
β-galactosidasas	Granos/ lupinos /legumbre	Reducción de la viscosidad	Digestión y utilización de nutrientes
Fitasas	Insumos vegetales	Remover el fosforo del fosforofítico	Absorción del fosforo
Proteasas	Proteínas	Hidrólisis de proteínas (péptidos y aminoácidos)	Digestión de la proteína
Lipasas	Lípidos	Hidrólisis de grasas (triglicéridos)	Digestión de las grasas
Amilasas	Almidones (maíz)	Hidrólisis de almidones (glucosa)	Amilasa suplementaria para monogástricos
Pectinasas	Pectina (soya)	Hidrólisis de lectinas (ac. Galacturónico)	Digestión de las pectinas.

FUENTE: Brufau (2002); Farfán (2004)

Elizarraraz *et al.* (1999) llevaron a cabo varios trabajos de investigación con el objetivo de evaluar la suplementación de enzimas (xilanasas, amilasas y proteasas) en dietas a base de sorgo o maíz, sobre los parámetros productivos del pollo de engorda y concluye que la suplementación de enzimas en dietas a base de sorgo o maíz mejoran o mantienen el peso corporal y la conversión alimentaria de pollos de engorda a los 21 días de edad cuando se usan sobre la formulación testigo, y que hasta los 49 días de edad en dietas a base de sorgo, puede haber un efecto positivo sobre conversión alimentaria, pero cuando se baja la densidad nutricional (energía, proteínas y aminoácidos) de la dieta se puede llegar a afectar la ganancia de peso y conversión alimentaria, aún con la adición de enzimas.

García (2000) analizó la suplementación enzimática en la alimentación de pollos de engorde concluyendo que (1) en dietas basadas en trigo se reduce la incidencia de heces pastosas y la viscosidad intestinal, a su vez mejora el consumo de alimento, la ganancia de peso y el índice de conversión, así como la digestibilidad aparente fecal de la materia orgánica, proteína y la energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EMAn) de la dieta. No se detectaron diferencias entre los complejos con actividad xilanásica o con actividad β -glucanásica y xilanásica. Tal efecto dependió del tipo de trigo, siendo más evidente en las dietas con trigo blando inglés cuyo contenido en xilanos fue más alto y produjo mayor viscosidad intestinal; (2) en cambio, dietas basadas en sorgo o maíz no afectó la viscosidad, incidencia de heces pastosas, humedad del contenido ileal o el consumo de agua, pero aumentó la digestibilidad aparente fecal de la proteína bruta, la EMAn y la productividad de la dieta sobre todo cuando las xilanasas se complementaron con amilasas y proteasas.

Por otro lado, García *et al.* (2000) encontraron que la suplementación de enzimas en dietas con harina de soya y soya integral extruida sobre la digestibilidad de los nutrientes, el flujo de los mismos en el contenido ileal y rendimiento en los pollos de engorde, fue eficaz en la mejora de la utilización de la energía metabolizable, proteína y aminoácidos (Met, Met + Cist y Lisina) en 9, 7 y 5 por ciento respectivamente en pollos de 1-42 días de edad.

Cortés *et al.* (2002) realizaron dos experimentos con la finalidad de evaluar el uso de enzimas (α -amilasas, xilanasas y proteasas) como aditivos en dietas (maíz o sorgo + pasta de soya) para pollos de engorda sobre el comportamiento productivo. Los datos obtenidos en este estudio indican que la inclusión de enzimas en dietas a base de maíz o sorgo + pasta de soya para pollos de engorda mejoran la ganancia de peso y la conversión alimentaria en dietas estándares y con menor contenido de proteína cruda y energía metabolizable. Así mismo, Kocher *et al.* (2003) encontraron que la combinación de pectinasas, proteasas y la amilasa mejoraron significativamente la energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno cuando se añade maíz a una dieta basal de soya, con menores niveles de energía y proteínas.

Chia (2002) en su trabajo realizado en codornices, evalúa dos complejos enzimáticos en dietas (maíz-soya) de postura; concluyendo que la mejor retribución económica para la producción se obtiene usando un complejo enzimático compuesto por amilasa, xilanasas y proteasa.

En cambio, Gracia *et al.* (2003) estudiaron la influencia de dos factores (1) el procesamiento del calor de la cebada y (2) la suplementación de enzimas en la dieta sobre las características digestivas y rendimiento en pollos de engorda hasta los 21 días de edad. Se concluyó que el rendimiento de los pollos de engorda se mejora por medio del procesamiento del calor de la cebada en edades tempranas y por medio de la suplementación enzimática de la dieta a lo largo de la prueba. De igual forma ambos factores aumentan la retención aparente de nutrientes, la energía metabolizable aparente de la dieta y tamaño de vellosidades.

Ruiz (2006) usó dos niveles de energía (baja y tradicional) con distintos tratamientos (adición de enzimas y control) en el uso de enzimas en dietas de canola en pollos de engorde, concluyendo que no existe efectos significativos en la interacción energía-enzima comparados al control y que hasta los 21 días de edad tampoco se encuentra diferencias significativas en el peso corporal, consumo de

alimento y mortalidad. A su vez, entre los niveles de energía si hubo diferencias significativas en la conversión alimentaria (1.61 vs. 1.65 g/g), a favor de la dieta con nivel de energía tradicional, debido a que hubo un mayor incremento de peso y un menor consumo de alimento.

Méndez *et al.* (2009) comprueban el efecto de un complejo enzimático en dietas de sorgo + soya sobre la digestibilidad ileal de aminoácidos, energía metabolizable y productividad en pollos de engorde; donde infiere que la inclusión del complejo enzimático a base de β -glucanasas, pectinasas y hemicelulasas disminuye los efectos antinutricionales de los PNA contenidos en la pasta de soya, por lo que es una alternativa para mejorar el valor nutritivo de dietas sorgo + soya para pollos de engorda, mediante un incremento en la digestibilidad de aminoácidos y energía.

Zhou *et al.* (2009) realizaron un estudio con un complejo enzimático (xilanasa, α -amilasa y proteasa) con la finalidad de mejorar la energía metabolizable aparente (EMA) en dietas de pollos de engorde formuladas con diferentes niveles de energía metabolizable; demostrando que la mejora de la EMA en dietas formuladas con energía más bajas fueron superiores a las dietas con energía más altas, por lo que concluye que la suplementación enzimática es más eficiente y necesaria en dietas formuladas con menos energía.

3.6 ENZIMAS COMERCIALES

La harina de soya es un insumo que posee considerablemente más nutrientes que el usualmente utilizado por los ganados y aves, por lo que ya se ha formulado una combinación específica de enzimas con los efectos duales capaz de incrementar el valor energético de ésta entre 9 y 15 por ciento, mientras aumenta la digestibilidad de aminoácidos (Alltech, 1998).

McNab y Bernard (1997) probaron un complejo enzimático que contiene proteasas, celulasas, α -galactosidasas y pentosanasas, determinando la energía metabolizable total neta y la digestibilidad verdadera de los aminoácidos en la torta de soya. En el primer experimento adicionan un complejo enzimático a una torta de soya de 48 por ciento de proteína cruda en concentraciones de 0.1 y 2 kg por tonelada y alimentaron a gallos (50g/ave) que no fueron alimentados por 48 horas. Se determinó que la energía metabolizable y los coeficientes de los aminoácidos digestibles verdaderos presentaron mejoras alrededor del 9 por ciento. En el segundo experimento, usando torta de soya, se determinó que la energía metabolizable y la digestibilidad verdadera de los aminoácidos tanto en pollos de 3 semanas de edad como en aves adultas en presencia del complejo enzimático incorporado a razón de 2kg por tonelada, presentó mejoras en la energía metabolizable en 7.4 por ciento en pollos jóvenes pero no en gallos adultos; de manera similar ésta adición aumentó el coeficiente de digestibilidad verdadera de los aminoácidos más esenciales en dietas alimentadas en pollos jóvenes, no encontrando respuesta en aves adultas.

En el trabajo de Schang *et al.* (1997) en pollos de engorde, quienes prueban el efecto de un complejo enzimático sobre raciones maíz-soya, maíz-soya-soya integral y maíz-soya-soya integral-salvado de trigo, formuladas con 100 y 90 por ciento de los requerimientos de NRC, en donde las aves alimentadas con dietas de baja densidad tuvieron el menor incremento de peso y la más alta conversión alimentaria, cuando se compara con las dietas de alta densidad, concluyendo que solo se muestra un efecto positivo de la inclusión de enzimas en dietas de baja densidad.

En una publicación de Torero (2005) cita el trabajo de Brito y Rostagno (2002), ellos realizan un trabajo en pollos de engorde utilizando un complejo enzimático con α -galactosidasa, desafiando a la calidad de soya extruida: subprocesada, sobre la procesada en aves de 0 a 21 días. Encontrando como resultado un efecto positivo en la mejora de los parámetros productivos (consumo, peso, conversión y mortalidad) con la aplicación del complejo enzimático sobre la calidad y los

factores antinutricionales de la soya extruida, como también un incremento de la digestibilidad ileal de la materia seca; por su parte en la soya subprocesada con adición del complejo enzimático se presentó una mejora en la digestibilidad de grasa de 17, 5 por ciento y en la soya subprocesada sin el complejo enzimático se observó un incremento del tamaño del páncreas frente al tratamiento con enzima que no sufrió ninguna alteración en el tamaño.

Chávez (2003) investigó el efecto de la adición de un complejo enzimático en pollos de engorda, alimentándolos con una dieta a base de maíz y pasta de soya, con dos niveles de enzima 0 y 1 kg/ton y tres de energía metabolizable 2800, 2900 y 3000 kcal/kg de alimento. Obteniendo diferencias significativas en los parámetros productivos de peso vivo, ganancia de peso acumulada, consumo, conversión del alimento y entre los niveles de energía metabolizable. Mientras que para los niveles de enzima y su interacción no hubo diferencia significativa. Concluyó que en dietas a base de maíz y pasta de soya no hay efecto de la enzima, además las aves de engorda tienen la capacidad de adaptarse a diferentes niveles de energía sin afectar los parámetros productivos únicamente modificando el valor de consumo de alimento, es decir la energía es inversamente proporcional al consumo. Por el contrario, Ferket *et al.* (2005) añaden que la suplementación enzimática en varios estudios realizados ha demostrado que favorece el aumento en la disponibilidad de energía y digestibilidad de la proteína en la pasta de soya por arriba del 7 por ciento, aprovechándose en una formulación alimentaria de mínimo costo y una retribución económica.

Adeola *et al.* (2008) en su investigación demuestran el efecto de la suplementación enzimática sobre la energía y la utilización de nutrientes en dietas de inicio y crecimiento del pato de Pekín, encontrando que la utilización de nutrientes y energía son mejores en las dietas de inicio con respecto a las de crecimiento, además el complejo enzimático no influye sobre la utilización del nitrógeno retenido en ambas dietas, sin embargo mejora la digestibilidad aparente de los aminoácidos, excepto para metionina.

Por su parte, Hidalgo (2009) realiza una prueba con diferentes niveles de fibra bruta, con y sin complejo enzimático en pollos de engorde, encontrando que el contenido de proteína en la carcasa de los pollos con y sin complejo enzimático es de 21 por ciento. Con relación al contenido de grasa la carcasa de pollos con suplementación enzimática son de mayor concentración (10.12 por ciento) comparados a los que no recibieron ésta adición en la dieta (9.61 por ciento), aunque esta diferencia no es significativa.

Madrid *et al.* (2010) en una prueba con pollos de engorde verifican el efecto de un complejo enzimático sobre la digestibilidad de la dieta de harina de trigo-soya en condiciones de crianza diferentes; encontrando que la adición de este complejo enzimático no mejora significativamente el rendimiento cuando las aves se mantienen en condiciones ideales. Sin embargo, la digestibilidad de los nutrientes ileal a los 42 días de edad, muestra que pollos de engorde criados en corrales de piso o en las explotaciones comerciales mejoran mediante la suplementación del complejo enzimático, por lo que se puede deducir que el efecto de este complejo enzimático sobre la digestibilidad fue más consistente en condiciones más desafiantes (corrales de piso o en granjas comerciales).

3.7 ENERGÍA METABOLIZABLE (EM)

La energía no es un nutriente sino una propiedad de los nutrientes productores de energía cuando ellos son oxidados durante el metabolismo (National Research Council, 1994). Así la energía que se necesita para la síntesis de tejidos y para cualquier otro proceso metabólico, es el resultado de la oxidación continua de sustratos orgánicos que aportan tanto el alimento por medio de sus nutrientes, como los tejidos, que se degradan continuamente (Melo, 2005).

El valor de energía bruta (EB) representa el contenido total de energía en un insumo, pero esta no representa la cantidad realmente disponible para el animal, tal

valor no es de uso práctico en la formulación de dietas. Por lo tanto, fue necesario desarrollar ensayos para medir la disponibilidad de energía (Sibbald, 1980).

El contenido de EM de un alimento corresponde a la cantidad de energía retenida por el organismo, representa la cantidad de energía presente en el alimento que el animal utiliza para sus diferentes necesidades. Además no corresponde a un valor constante característico de la dieta o del ingrediente, sino que corresponde a una medida biológica propia del animal y depende de todos los factores que intervienen en la digestión y asimilación de nutrientes (Francesch, 2001).

La determinación directa de valores de energía digestible en aves es difícil debido a problemas asociados con la separación de heces y orina. La determinación de la energía productiva o neta es laboriosa, requiere de equipos muy sofisticados y mayor tiempo de determinación. En cambio, los valores de energía metabolizable son relativamente simples de obtener, por lo tanto la energía metabolizable es la mejor medida del valor energético o concentración calórica de los insumos y dietas, porque representa la energía disponible para los procesos anabólicos y catabólicos del ave (Pesti y Edwards, 1983). En aves se determina la pérdida de energía en la excreta, es decir, heces y orina, entonces la diferencia entre la energía total de la dieta consumida y la energía de la excreta viene a ser la energía metabolizable aparente que desaparece en la vía digestiva, es decir que fue absorbida (Arana, 1978). No se considera la energía de los gases combustibles debido a que la cantidad productiva por las aves es insignificante.

Arroyo (2011) resalta los estudios realizados por Rojas (1979), Maynard (1981), Scott (1982); en donde se ha determinado que los valores de energía metabolizable de los ingredientes para aves, presentan una variabilidad de ± 2 a 3 por ciento, mientras que las variaciones en los valores de energía neta o productiva de un determinado ingrediente fluctúan en ± 20 por ciento, debido a los problemas inherentes en la medición de la energía neta; quedando demostrado que la energía

metabolizable de los alimentos es la evaluación más segura del contenido de energía para la formulación de dietas para aves.

Shimada (1993) concluye que el requerimiento diario de energía por ave varía según el peso corporal, temperatura ambiente, actividad del ave, variaciones en la producción, edad o cobertura de plumas. La concentración energética de la ración puede variar (dentro de un rango) sin que se afecte directamente la producción, por lo que se puede recurrir a una amplia gama de concentraciones energéticas de la ración (INRA, 1984). Como la productividad de las aves depende además del aporte energético de la ingesta diaria de varios nutrientes en la dieta, es esencial ajustar el contenido de cada uno de ellos al nivel de energía de la ración. Las raciones muy densas poseen altos niveles de energía, de proteína y de aminoácidos, con un mayor costo por unidad de peso (Pontes y Castelló Llovet, 1995).

Pesti y Edwards (1983) mencionan que existen tres técnicas experimentales para determinar la energía metabolizable de un insumo. La energía metabolizable (EM), la energía metabolizable aparente (EMA) y la energía metabolizable verdadera (EMV), dependiendo si se emplean dietas o insumos como único ingrediente. La energía metabolizable verdadera es aquella corregida por la energía fecal metabólica (EFM) y energía urinaria endógena (EUE). Para propósitos comparativos, la práctica común es corregir los valores de energía metabolizable aparente (EMA) a un balance de nitrógeno igual a cero (EMAn), así se estandariza los valores de energía metabolizable aparente de las aves con diferentes niveles de retención de nitrógeno (Sibbald *et al.*, 1980).

La retención de nitrógeno es afectada por diversos factores como el consumo y composición del alimento, y puede ser positiva o negativa durante el bioensayo para determinar la energía biodisponible (Sibbald, 1982). En aves en crecimiento se retiene nitrógeno para la síntesis de proteínas, el cual si fuera catabolizado producirán componentes que contienen energía tal como el ácido úrico (Leeson,

1988), por lo tanto se habla de energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EMAn).

3.8 MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA E.M.

Para la determinación de la energía metabolizable de ingredientes para aves existen métodos directos e indirectos.

3.8.1 MÉTODOS DIRECTOS

Arroyo (2003) hace mención de varios autores para explicar que los métodos directos (in vivo) tienden a medir la relación entre el alimento y la excreta, es fundamental establecer la cantidad de excreta derivada a partir de la ingestión del alimento durante un periodo de tiempo suficientemente largo para dar una muestra representativa y característica de las condiciones experimentales empleadas (Halloran, 1972). El ensayo propuesto por Hill *et al.* (1960), implica una dieta de referencia conteniendo glucosa y la sustitución de una proporción de glucosa por el insumo problema en la dieta de referencia; un punto fundamental es que la glucosa tiene un valor de EMA constante (Schang *et al.*, 1982). Los cálculos se obtienen comparando la energía que desaparece de las dietas experimentales y de la dieta de referencia después de su pasaje a través del tracto gastrointestinal (Sibbald, 1976). El método directo comprende dos técnicas o procedimientos básicos: la colección total y del indicador.

a. Técnica de colección total

La técnica de colección total asume que tanto la excreta eliminada como el alimento ingerido corresponden a un determinado periodo de tiempo. Esta consiste en coleccionar la excreta eliminada durante el periodo experimental y por comparación con la ingestión total del alimento se determina la desaparición de los nutrientes

bajo estudio. Por lo tanto, requiere de la medición del consumo de alimento, excreta producida y la energía total por unidad de peso del alimento y excreta. Existen limitaciones como aquellos errores inherentes asociados a la asunción de la técnica, debido a las variaciones en las tablas de consumo y excreción, pero con un periodo de 3 o más días de colección de excretas, estos errores probablemente disminuyen (Sibbald, 1982). Otras limitaciones de esta técnica son que los consumos y las excreciones son difíciles de cuantificar con exactitud conduciendo a la distorsión de los resultados (Leeson, 1988).

b. Técnica del indicador o marcador

La técnica del indicador o marcador se basa en el uso de un componente dietético indigestible que es incorporado a la dieta o que está presente en la dieta en una cantidad conocida, por lo que obvia la necesidad de medir el consumo de alimento y la cantidad de excreta; permitiendo una desviación de valores aceptables de energía biodisponible, aun cuando el alimento sea derramado o parte de las excretas no sean recuperadas. La cantidad de excreta derivada por unidad de alimento consumido, se calcula en base a las concentraciones relativas del indicador en la dieta y en la excreta (Squibb, 1971). Un buen indicador debe ser de fácil aplicación y determinación, inerte, no causar disturbios intestinales o enfermedades, ni marcados cambios en la apariencia del alimento, así como no causar cambios en los hábitos de alimentación o estresar a las aves (Almquist y Halloran, 1971).

Según Vergara y Arroyo (2006) han demostrado que no existen diferencias estadísticas significativas entre los métodos de colección total y fibra cruda en la determinación de la energía metabolizable corregida por nitrógeno de las harinas especiales de pescado, encontrándose un valor energético promedio con el método de colección total (3.561 Kcal/g) y un ligero valor menor con el método de fibra cruda (3.558 Kcal/g).

3.8.2 MÉTODOS INDIRECTOS

Entre los métodos indirectos para calcular la EM tenemos a los ensayos biológicos, físicos y químicos, estos dan valores de energía metabolizables rápidos y a bajo costo que pueden utilizarse en la formulación de dietas balanceadas para aves. Francesch (2001) resalta la validación de los métodos indirectos (in vitro), para lo cual se tiene que basar en el grado de relación entre los resultados obtenidos de manera indirecta y directa sobre ingredientes o raciones idénticas.

En aves, los métodos indirectos o in vitro se han orientado hacia la simulación de los procesos de digestión, al establecimiento de ecuaciones de predicción y a la aplicación de la técnica NIR (Espectroscopia en el infrarrojo cercano).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la Unidad Experimental de Avicultura de la Facultad de Zootecnia de la UNALM. El tiempo de duración fue de 3 semanas.

4.2 ANIMALES

Se usó un total de 150 pollos BB de la línea Cobb-500 adquiridos de la Planta de incubación de la empresa Gramobier S.A., los cuales fueron alojados en dos baterías (iniciadoras).

4.3 INSTALACIÓN Y EQUIPOS

Los pollos BB se alojaron en jaulas de cada iniciadora; la cual cuenta con 4 pisos o niveles, en cada nivel hay una separación con 2 jaulas, haciendo un total de 32 jaulas. Se hizo uso de 30 jaulas escogidas al azar, la cual alberga a 5 pollos BB. Además, cada jaula está equipada con su comedero y su bebedero lineal; así como un piso de alambre galvanizado. La fuente de calor y luz existente para dos jaulas estuvo dada por una resistencia eléctrica y por un foco amarillo de 50 watts, respectivamente. A continuación se detallan la lista de equipos que se utilizaron en la presente investigación:

- a. Manejo de los pollitos:
 - Dos baterías
 - Una balanza electrónica con sensibilidad de 1 gr.

- Treinta bebederos tipo tonguito.
- Treinta comederos para pollo BB.
- Una parihuela
- Un barril de plástico (40 litros) para almacenar agua y uno de lata (100 litros) para conservar el alimento.

b. Colección de excretas:

- Diez rejillas de alambre galvanizado como base para la caída de excretas.
- Treinta estiercoleras para la recepción de excretas.
- Una secadora pequeña de cabello.
- Dos espátulas
- Plástico (17.5m).
- Bolsas herméticas de 0.5 kg. marca ziploc (5 paquetes)

4.4 ALIMENTACIÓN

Los pollos fueron alimentados con una dieta comercial de inicio durante los primeros 17 días (Tabla 3), a partir del día 18 se suministró las dietas experimentales hasta el día 21 de edad de las aves. Antes de ser suministradas se aplicó 12 horas de ayuno. Las dietas se prepararon en la Planta de Alimentos Balanceados de la UNALM. El suministro de alimento y agua es diario según el consumo de los pollos (ad libitum).

4.5 SANIDAD Y VACUNACIÓN

El lugar donde se alojaron los pollos BB (tanto iniciadoras como ambiente) fue previamente limpiado y desinfectado, al piso se esparció cal viva para evitar cualquier tipo de contaminación, además se instaló un pediluvio en la entrada del galpón. Los pollos BB al nacer, salieron de la Planta de incubación vacunados con Marek por vía subcutánea, siendo la única vacuna que recibieron.

Tabla 3: Fórmula de la dieta comercial y su valor nutricional

Ingredientes (%)	Dieta (0 - 17 días)
Maíz amarillo	58.60
Torta de soya 47	35.00
Aceite vegetal	2.00
Fosfato dicálcico	2.00
Carbonato de calcio	0.96
Sal común	0.42
DL- Metionina	0.30
L-Lisina	0.22
Cloruro de colina 60	0.15
Inhibidor de hongos	0.10
Adsorbente de micotoxinas	0.10
Premezcla Vit. + Min.	0.10
Coccidiostato	0.05
Promotor de crecimiento	0.06
TOTAL	100
Valor Nutricional Calculado %	
EM (Kcal/kg)	3020
Proteína total	21.86
Metionina total	0.62
Met. + Cist. Total	0.98
Lisina total	1.34
Treonina total	0.85
Calcio	0.90
Fósforo Disponible	0.50
Fibra total	2.86
Grasa total	4.40
Sodio	0.18

FUENTE: Departamento Nutrición. UNALM

4.6 PRODUCTO ENZIMÁTICO DE EVALUACIÓN (*)

El producto es un complejo multienzimático elaborado por un extracto seco de hongos (*Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Sacharomyces cerevisiae* y *Trichoderma viride*) y sulfato de calcio, cuya composición enzimática es la siguiente: proteasa y celulasa básicamente; y en cantidades menores α -galactosidasa, xilanasa o pentosanasa y amilasa. El producto está diseñado específicamente para mejorar el aprovechamiento de proteínas, PNA, lípidos y oligosacáridos provenientes de origen vegetal (soya y canola principalmente), aunque debido a la presencia de los PNA en los ingredientes como el maíz, también existe un efecto posterior con la enzima. La dosis de uso es de 0.05 por ciento.

4.7 TRATAMIENTOS

Los tratamientos evaluados en el presente estudio fueron:

- T1: 2800 Kcal/kg con 0 por ciento de enzima.
- T2: 2800 Kcal/kg con 0.05 por ciento de enzima.
- T3: 2900 Kcal/kg con 0 por ciento de enzima.
- T4: 2900 Kcal/kg con 0.05 por ciento de enzima.
- T5: 3000 Kcal/kg con 0 por ciento de enzima.
- T6: 3000 Kcal/kg con 0.05 por ciento de enzima.

A continuación, se detalla el balance nutricional de cada tratamiento (Tabla 4) con su respectivo Análisis Proximal (Tabla 5).

(*) Nombre comercial Allzyme Vegpro

Tabla 4: Fórmula de las dietas experimentales con su valor nutricional

Ingredientes (%)	EM: 2800		EM: 2900		EM: 3000	
	Kcal/kg		Kcal/kg		Kcal/kg	
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Enzima	Enzima	Enzima	Enzima	Enzima	Enzima
	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)
Maíz amarillo	63.00	63.00	65.00	65.00	60.00	60.00
Torta de soya 47	20.80	20.80	20.00	20.00	20.00	20.00
Subproducto de trigo	12.15	12.10	9.39	9.34	9.94	9.89
Harina de pescado			1.48	1.48	3.00	3.00
Aceite vegetal					2.40	2.40
Fosfato dicálcico	1.50	1.50	1.36	1.36	1.22	1.22
Carbonato de calcio	1.00	1.00	1.25	1.25	2.00	2.00
Sal común	0.36	0.36	0.34	0.34	0.30	0.30
DL- Metionina	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28
L-Lisina	0.36	0.36	0.34	0.34	0.30	0.30
Cloruro de colina 60 %	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Inhibidor de hongos	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Adsorbente de micotoxinas	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Premezcla Vit. + Min.	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Promotor de crecim.	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Complejo enzimático		0.05		0.05		0.05
TOTAL	100	100	100	100	100	100
Valor Nutricional Calculado %						
EM (Kcal/kg)	2810		2900		3000	
Proteína total	17.30		17.9		18.51	
Metionina total	0.55		0.58		0.61	
Met. + Cist. Total	0.85		0.88		0.91	
Lisina total	1.11		1.15		1.19	
Treonina total	0.66		0.68		0.71	
Calcio	0.80		0.83		1.15	
Fósforo Disponible	0.40		0.41		0.43	
Fibra total	3.54		3.67		3.63	
Grasa total	2.94		3.10		5.50	
Sodio	0.15		0.16		0.16	

FUENTE: Departamento Nutrición. UNALM

Tabla 5: Composición química proximal determinadas en las dietas o tratamientos (*)

Análisis Proximal de cada dieta	EM:	EM:	EM:	EM:	EM:	EM:
	2800	2800	2900	2900	3000	3000
	Kcal/kg	Kcal/kg	Kcal/kg	Kcal/kg	Kcal/kg	Kcal/kg
	Sin enzima	Con enzima	Sin enzima	Con enzima	Sin enzima	Con enzima
Humedad	11.41	11.47	11.61	11.48	11.07	11.19
Proteína Cruda	16.85	16.30	17.03	16.58	17.67	17.11
Extracto Etéreo	3.08	3.02	3.24	3.32	2.86	5.78
Fibra Cruda	3.15	3.26	2.94	2.68	2.78	2.73
Ceniza	4.45	4.44	4.74	4.87	5.00	5.00
ELN	61.06	61.51	60.44	61.07	57.62	58.19

(*)Valores expresados en % y Tal Como Ofrecido.

FUENTE: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos. UNALM

4.8 METODOLOGÍA

4.8.1 DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA METABOLIZBLE

La dieta comercial de inicio fue restringida el día 17 (9:00 pm), 12 horas antes de suministrar los tratamientos. Los tratamientos fueron puestos a disposición el día 18 (9:00 am) hasta el día 21, para ésto el animal tuvo alimento y agua disponible (ad libitum), con excepción del día 21 que el alimento se restringió 12 horas antes de la última colección de excretas.

Con respecto a los pollos, al inicio se empezó con 160, de los cuales solo 150 se consideraron en dicha investigación. Estos fueron pesados a las dos semanas, en donde se aprovechó para ir seleccionando de acuerdo a sus pesos, además de descartar los sobrantes o aquellos que presenten algún problema o deficiencia (abertura de patas, retrasados o enfermos).

Para la colección de excretas, el día 17 se cambió todas las rejillas de los pisos de cada jaula por otra de mayor abertura con el objetivo de facilitar la caída y colección de las heces en sus estiercoleras. Además en cada una se adhirió un plástico que facilitó la colección de las excretas.

4.8.2 COLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE EXCRETAS

La colección de las excretas se empezó a partir del día 19 hasta el día 21, según el protocolo siguiente:

- Día 19: Primera colección (9:00 am).
- Día 20: Segunda colección (9:00 am).
- Día 21: Tercera colección (9:00 pm).

En cada colección se retiró cada estiercolera, la cual se apoyó en una parihuela, donde se fue quitando cualquier tipo de contaminante (como alimento o plumas) haciendo uso de un secador de pelo pequeño. Cada muestra de heces se recogió con una espátula y se puso en una bolsa hermética (ziploc), para luego identificar, pesar y refrigerar dichas muestras.

Las muestras de heces colectadas durante los tres días se llevaron al laboratorio en donde fueron mezcladas u homogenizadas para posteriormente codificarlas y ponerlas a secar. En la estufa a 60 °C se volteó cada muestra para facilitar el secado, luego se recogió y se llevó al molino *mikro samplmill* de 6 cuchillas movibles, en donde se hizo uso de un tamiz número 20 (2mm). Finalmente la

muestra se llevó al Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la UNALM para los análisis de humedad, nitrógeno y energía (Bomba Calorimétrica).

4.8.3 CÁLCULO DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE CORREGIDA POR NITRÓGENO (EMAn)

En el presente trabajo todos los valores de los análisis químicos así como las cantidades de alimento y excretas colectadas se expresaron en base a materia seca (MS) para efectos de la energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EMAn). Los valores de la EMAn por gramo de materia seca de las dietas en estudio fueron determinados por el Método de Colección Total y calculados de la siguiente manera:

a. Método de colección total

Para la determinación de la EM por el Método de colección total se resta la energía bruta (EB) y la energía de la excreta (heces y orina) por gramo de dieta en ambos casos y se corrige los valores determinados a un balance de nitrógeno.

Para calcular la EMAn se añade o sustrae 8.22 kcal por cada gramo de N excretado o retenido, respectivamente, ya que se asume que esta es la cantidad de energía que corresponde a 1 g de N excretado bajo la forma de ácido úrico. En aves en crecimiento (balance de N es positivo) el valor de EMA es mayor que el de EMAn. (De Blas *et al.*, 1990; FEDNA, 2008). Los valores de EMA dependen del nivel de ingestión de la dieta, a menor consumo menor es la EMA ya que las pérdidas endógenas aumentan. En condiciones prácticas se asume que la EMAn de una dieta es aproximadamente un 94% de la EMA. Para ello es necesario medir el consumo de alimento y la cantidad de excretas producidas en los tres días de colección.

A continuación se presentan las siguientes ecuaciones:

- $EM / g \text{ dieta} = EB \text{ g dieta} - E \text{ excreta/g dieta} - 8.22 (\text{g N retenido/g dieta})$
- $EB / g \text{ dieta} = \text{determinada por la bomba calorimétrica}$
- $E \text{ excreta} / g \text{ dieta} = EB \text{ excreta} \times (\text{g excreta} / g \text{ dieta})$
- $8.22 = \text{Energía expresada en Kcal de tres moléculas de ac. Úrico que se forman por cada gramos de Nitrógeno retenido.}$
- $\text{g N retenido} / g \text{ dieta} = N / g \text{ dieta} - [N / g \text{ excreta} \times (\text{g excreta} / g \text{ dieta})]$.

4.8.4 MEDICIONES

Los registros que se han tenido para dicha investigación fueron: consumo de alimento diario, pesos semanales y mortalidad.

4.8.5 ANÁLISIS QUÍMICO

Se tomaron muestras de las dietas y excretas para realizar los siguientes análisis:

- **Humedad:** Para las muestras de excretas frescas y excretas secadas, según el método del AOAC (1980).
- **Energía Bruta:** Expresada en Kcal/kg de las dietas y excretas, se determina por la Bomba Calorimétrica adiabática de Parr de acuerdo al procedimiento descrito en el Manual número 20 de la Parr Instrument.Co.
- **Nitrógeno:** Para las dietas y excretas, con la finalidad de calcular el material nitrogenado de las muestras. Se realizó por el método de Micro-Kjeldahl propuesto por el AOAC (1980).

4.9 DISEÑO ESTADÍSTICO

Se usó el Diseño Completamente Randomizado (DCA) con arreglo factorial 3 x 2. Los factores fueron los tres niveles de Energía Metabolizable (2800, 2900 y 3000 Kcal/kg) y dos niveles de enzima (0 y 0.05 por ciento). En total fueron 6 tratamientos con 5 repeticiones por tratamiento.

El modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$i=1, 2, 3$ niveles del factor α (EM)

$j=1, 2$ niveles del factor β (enzima)

$k=1, 2, 3, 4, 5$ observaciones o repeticiones

Donde:

Y_{ijk} = La k -ésima observación de la utilización de energía de las dietas de pollo de carne

μ = Es la media poblacional a estimar a partir de los datos de utilización de energía de las dietas de pollo de carne en estudio del experimento.

α_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor α (niveles de EM) a estimar a partir de los datos experimentales.

β_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor β (niveles de enzima) a estimar a partir de los datos experimentales.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre los niveles de EM y enzima.

ε_{ij} = Error que se comete al aplicar el efecto del j-ésimo nivel de enzima en el i-ésimo nivel de EM.

Para la comparación de medias se realizara la Prueba de Duncan (Duncan, 1955).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 6, las dietas suministradas con enzimas a razón de 500g/TM (0.05 por ciento) muestra incrementos de energía de +6 (0.22 por ciento), +96 (3.35 por ciento) y +38 (1.31 por ciento) Kcal y una metabolicidad de +1.3. +0.36 y +0.84 por ciento para los tratamientos de 2800, 2900 y 3000 Kcal/kg respectivamente, en comparación al control negativo (sin enzimas); obteniendo mejor EMAn (+ 96 Kcal) con la dieta de 2900 Kcal, pero el más bajo incremento con respecto a la metabolicidad (+0.36 por ciento). Además tenemos que la mejora en el valor promedio de EMAn es de +47 Kcal/kg de dieta, resultado de las enzimas designadas para hidrolizar los PNA y proteínas, como la mejora de la metabolicidad del almidón a través de la ruptura de la pared celular, inactivando factores antinutricionales. La viscosidad de la ingesta puede ser reducida permitiendo un pasaje lento a través del canal intestinal y mejor absorción de nutrientes (Chia, 2002).

Estos resultados respaldan lo encontrado por Zhou *et al.* (2009) donde demuestran una mejora en los valores de la EMAn sobre todo en las dietas de menor energía comparados con las dietas de energías metabolizables superiores al suministrar un complejo enzimático a razón de 750g/TM. La mejora de la EMAn fue solo de +0.54 (1.48 por ciento) para las dietas de alta energía (2999 y 2940 Kcal/kg), pero de +2.03 (5.33 por ciento) en dietas más bajas en energía (2820 y 2760 Kcal/kg); además en los periodos de prueba durante los días 20-22 ellos registran un incremento promedio de +91.3 Kcal/kg de dieta provenientes de 5 niveles de Energía Metabolizable (2760, 2820, 2880, 2940 y 2999 Kcal/kg). Resultados similares encontrados por Cowan *et al.* (1996), muestran la mejora de los niveles de EMAn a la suplementación con enzimas en dietas con bajo nivel de nutrientes. Kocher *et al.* (2003) por su parte encontraron que la adición combinada de pectinasas, proteasas y amilasas mejoran significativamente la EMAn cuando se añade a una dieta basal de maíz-soya, con menores niveles de energía y proteínas.

Tabla 6: Metabolicidad aparente de la materia seca, EMAn determinado e incremento de energía en la dieta por adición de enzima

Metabolicidad Aparente					
de Materia Seca			EMAn		
Energía					
Metabolizable	Enzima	Incremento	Obtenido	Incremento	
Dieta (Kcal/kg)		(%)	(%)	(Kcal/kg)	(Kcal)
2800	Sin enzima	71.34(*)		2757	
	Con enzima	72.64	+ 1.30	2763	+ 6
2900	Sin enzima	73.42		2767	
	Con enzima	73.78	+ 0.36	2863	+ 96
3000	Sin enzima	72.81		2852	
	Con enzima	73.65	+ 0.84	2890	+ 38
Efecto de Energía					
2800		71.99		2760	
2900		73.60		2815	
3000		73.23		2871	
Efecto de Enzima					
Sin enzima		72.52		2792	
Con enzima		73.36		2839	+ 47
Probabilidad					
Energía		0.1517		0.0032	
Enzima		0.2325		0.0581	
Energía x Enzima		0.8538		0.3029	

(*) Valores son promedios de cinco repeticiones, con cinco animales por repetición.

FUENTE: Elaboración propia.

Con respecto al efecto de la energía, se puede apreciar (Tabla 6), que para dietas de 2800, 2900 y 3000 Kcal/kg obtenemos un efecto en la metabolibilidad aparente de materia seca igual a 71.99, 73.60 y 73.23 por ciento y una EMAn de 2760, 2815 y 2871 Kcal/kg, respectivamente. Además una probabilidad: 0.1517 y 0.0032 para la metabolibilidad aparente de materia seca y la EMAn respectivamente; resultando esta última altamente significativa ($p < 0.01$).

Lo obtenido durante la etapa experimental demuestra que los valores de EMAn de las dietas estuvieron muy lejos de los valores calculados en la formulación, el más cercano fue la dieta de menos contenido energético, formulada para contener 2800 Kcal/kg. En ese caso, el valor promedio obtenido fue 2760 Kcal/kg, es decir, con 40 Kcal menos que el calculado. Datos similares son los reportados por Zhou *et al.* (2009), en donde observaron que la mejora de la EMA en dietas con 5 niveles de energía (2760, 2820, 2880, 2940 y 2999 Kcal/kg), las más bajas fueron superiores a las dietas con energía más altas.

A su vez, el efecto de la enzima (Tabla 6), demuestra que en las dietas maíz-soya sin (S) y con (C) adición de enzimas el efecto en la metabolibilidad es de 72.52 y 73.36 por ciento y la EMAn de 2792 y 2839 Kcal/kg respectivamente, es decir la acción del complejo enzimático en las dietas energéticas genera una mayor metabolibilidad y una EMAn en promedio de +0.84 por ciento y +47 Kcal/kg respectivamente. Además, con una probabilidad: 0.2325 y 0.0581 para la metabolibilidad aparente de materia seca y la EMAn, respectivamente. Resultando estadísticamente que el efecto enzimático no es significativo para ambas variables (Metabolibilidad y EMAn) respecto al control negativo.

Estos resultados coinciden con la investigación de Chavez (2003) en donde no se encontró ningún efecto de la enzima en dietas a base de maíz y pasta de soya, concluyendo que las aves de engorda tienen la capacidad de adaptarse a diferentes niveles de energía sin afectar los parámetros productivos, únicamente modificando el valor de consumo de alimento. Por su parte Ruíz (2006) menciona que usando

enzimas en dietas de canola con dos niveles de energía (baja y tradicional) no hay diferencias significativas entre los tratamientos con y sin adición de enzimas.

Por otro lado estos resultados no respaldan lo propuesto por Méndez *et al.* (2009), quienes al adicionar un complejo enzimático en dietas de pollos de carne a base de sorgo-pasta de soya encontraron una mejora importante en su valor nutritivo a través del incremento de la metabolicidad de aminoácidos y energía. A su vez, Ferket *et al.* (2005) hace mención que dicho complejo enzimático aumenta la disponibilidad de energía y metabolicidad de la proteína en la pasta de soya por arriba del 7 por ciento.

La capacidad enzimática limitada del ave durante su etapa inicial hace que no pueda aprovechar todos los nutrientes de una dieta energética. Shimada (1993) añade que el requerimiento diario de energía por ave varía según el peso corporal, temperatura ambiente, actividad del ave, variaciones en la producción, edad o cobertura de plumas; más aún en esta etapa de inicio en el cual las aves pueden tener limitada la capacidad digestiva del tracto con una producción baja de enzimas (Soto y Wyatt, 1997). Como la productividad de las aves depende además del aporte energético de la dieta en la ingesta diaria de varios nutrientes, es esencial ajustar el contenido de cada uno de ellos al nivel de la energía en la ración. Las raciones muy densas poseen altos niveles de energía, de proteína y de aminoácidos, con un mayor costo por unidad de peso (Pontes y Castelló, 1995; Arroyo, 2003). Así mismo, los resultados obtenidos por Adeola *et al.* (2008), en su investigación en patos Pekín demuestran que la suplementación de enzimas en la utilización de nutrientes y energía son mejores en dietas de inicio con respecto a las de crecimiento.

Por último, los resultados que se obtuvieron (Tabla 6) con respecto al efecto entre la energía-enzima, demuestran que no existe un efecto significativo en la interacción sobre la metabolicidad y la EMAn, con probabilidades de 0.8538 y 0.3029 respectivamente. Estos resultados coinciden con lo propuesto por Chávez (2003), quien investigó el efecto de la adición de enzimas en pollos de engorda alimentados con una dieta a base de maíz y pasta de soya, usando dos niveles de enzima (0 y 1 kg/ton) y tres de energía metabolizable (2800, 2900 y 3000 kcal/kg

de alimento). Obteniendo que en los niveles de enzima y su interacción no se encontró diferencia significativa para este tipo de dieta. Del mismo modo Ruíz (2006) en un estudio realizado en pollos de carne evaluó el uso de enzimas en dietas de canola con dos niveles de energía (baja y tradicional), obteniendo que no se manifestó efectos significativos entre los niveles de energía y los distintos tratamientos.

VI. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación y bajo las condiciones experimentales empleadas se puede inferir:

1. Las dietas con un nivel de energía de 2900 Kcal/kg fue la que obtuvo mejores resultados con el complejo enzimático a razón de 500g/TM, encontrando un incremento de 96 Kcal/kg de dieta, es decir, se incrementa significativamente la energía metabolizable respecto a la dieta sin adición del complejo enzimático. Por lo tanto en dietas bajas de energía la EMAn son más cercanas a los valores calculados en la formulación.
2. La suplementación del complejo enzimático en dietas de pollos de carne permite mejorar tanto la metabolicidad aparente de la materia seca como la EMAn, siendo el valor promedio de mejora en + 0.84 por ciento y + 47 Kcal, respectivamente.

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y observaciones obtenidos en el presente trabajo de investigación y bajo las condiciones experimentales empleadas, se recomienda:

1. Probar la eficacia de complejos enzimáticos en dietas energéticas de pollos de carne, utilizando insumos no tradicionales y con baja densidad de nutrientes.
2. Utilizar en las dietas comerciales de cada etapa de la producción de pollos de carne, la suplementación de complejos enzimáticos, evaluando la mejora en la metabolicidad y la EMA por cada tipo de dieta.
3. Evaluar el costo/beneficio de la suplementación enzimática, considerando mejoras en los parámetros productivos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ADEOLA O., SHAFER D. J. AND NYACHOTIF C. M. 2008. Metabolism and nutrition. Nutrient and Energy utilization in Enzyme-supplemented Starter and Grower Diets for White Pekin Ducks. Poultry Science 87: 255-263.

ALLTECH. 1998. Sexta ronda latinoamericana de Alltech hacia el año 2000. Soluciones viables para la Industria de la alimentación del consumismo. Pág. 38.

ALMQUIST, H. J. AND HALLORAN, H. R. 1971. Crude fiber in poultry nutrition studies. Poultry Science 50: 1233-1235.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists.

ARANA, C. M. 1978. Determinación de la energía metabolizable de la harina, concentrado proteico, aceite semirefinado y grasa de anchoveta en pollos en crecimiento. Tesis Mg. Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.

ARROYO CORILLOCLA, W. 2003. Determinación de la Energía Metabolizable de tres harinas especiales de pescado en pollos de carne por el método de colección total y fibra cruda. Tesis Ing. Zootecnista. UNALM. Págs.: 107.

A.S.T.M. Methods. 1972. American Society for Testing and Materials. D-2015-66.

BEDFORD, M. R. 1996. Interaction between ingested feed and the digestive system in poultry. Journal of Applied Poultry Research 5: 86-95.

CALIZAYA CUADROS, C. 1998. Uso de enzimas digestivas en dietas de pollos de carne. Tesis para optar el grado de Mg. Scientae. UNALM. Págs. 82.

CALZADA, J. 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación. 5ta. edición. Editorial Jurídica. Lima Perú.

CAMIRUAGA M., GARCIA F., ELERA R. Y SIMONETTI C., 2001. Respuesta productiva de pollos Broilers a la adición de enzimas exógenas a dietas basadas en maíz o triticale. Pontificia Universidad Católica de Chile. Cien. Inv. Agr.28 (1): 23-36.

CARLON VARGAS, G. 2007. El uso de enzimas en la alimentación de aves. Facultad de Médico Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. Págs. 71.

CASTRO BEDRIÑANA, J. 1986. Efecto de la adición de enzimas digestivas a dietas bajas en energía en el comportamiento productivo de pollos de carne. Tesis para optar el grado de Mg. Scientae. UNALM.

CHÁVEZ, G. R. 2003. Adición de enzimas en raciones para pollos de engorda con diferentes niveles de energía y sus efectos sobre las características productivas. Tesis de maestría. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. México. Pp. 37-38.

CHIA GAVANCHO, L. 2002. Evaluación de dos complejos enzimáticos en dietas de postura sobre la reproducción de la codorniz japonesa. Tesis para optar el título de Ing. Zootecnista. UNALM.

CHOCT, M., HUGHES, R. J., WANG, J., BEDFORD, M. R., MORGAN, A. J., AND ANNISON, G. 1996. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. Poultry. Science 37: 609-621.

CHOCT, M. 2006. Enzymes for the feed industry: past, present and future. World's Poultry Science Journal 62: 5-15.

CLASSEN, H., BEDFORD M., 1991. The Uses of Enzymes to Improve the Nutritive Value of Poultry Feed. Recent in Animal Nutrition. Butterworth Heinemann.

CORTES C. A., ÁGULIA S. A., ÁVILA G. E. 2002. Utilización de enzimas como aditivos en dietas para pollos de engorda. Artículos científicos. México D.F. Vol. 33, N° 1.

COWAN, W. D., KORSBAK A., HASTRUP T., AND RASMUSSEN P. B., 1996. Influence of added microbial enzymes on energy and protein availability of selected feed ingredients. *Animal Feed Science Technology* 60: 311 – 319.

DE PAZ CONTRERAS, I. M., 2007. Evaluación de dos complejos enzimáticos en el comportamiento productivo de pollos de engorde alimentados con una dieta a base de maíz y pastas de soya bajo condiciones comerciales. Tesis para optar el título de Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala.

DUNCAN, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*. 11:1-42.

ELIZARRARAZ VARGAS, R. 1999. Efecto de la suplementación de enzimas en la dieta para pollos de engorda sobre los parámetros productivos. Tesis Mg Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima. México Págs. 56.

FARFAN CARRILLO, C. 2004. Comportamiento productivo de pollos de carne alimentados con dietas suplementadas con enzimas. Tesis Ing. Zootecnista. UNALM. Págs. 46.

FEDNA, 2008. Necesidades Nutricionales para avicultura: Pollos de Carne y Aves de Puesta.

FERKET, P. R. 1993. Practical use of Feed enzymes for turkeys and broilers. *J. Appl. Poultry Research* 2: 75-81.

FERKET, P. R., SANTOS A. A., AND OVIEDO E. O. 2005. Dietary factors that effect gut health and pathogen colonization. *Proceeding 32 th Carolina Poultry Nutrition Conference*, Pp. 1-22.

FRANCESCH, M. 2001. Sistemas para la valoración energética de los alimentos en aves. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 9(1): 35-42.

GARCÍA ANTUÑANO, M., 2004. Características de las enzimas. Asociación Americana de Soya A.C.

GARCÍA E. R., EIKO M. A., FERRIANI B. A., FURLAN A. C., MOREIRA I., 2000. Efecto de la Suplementación de enzimas en dietas con harina de soya y soya integral extruída en la digestibilidad de los nutrientes, el flujo de nutrientes en

el contenido ileal y rendimiento en los pollos de engorde. Revista Brasileira de Zootecnia, vol. 29 nro. 5.

GARCÍA JIMENEZ M., 2000. Evaluación de Complejos Enzimáticos en la alimentación de Pollos de Engorde. Tesis para optar el grado de Doctor Ingeniero Agrónomo. Universidad Politécnica de Madrid.

GRACIA, M. I., LATORRE, M. A., GARCIA, M., LAZARO, R. Y MATEOS, G. G. 2003. Procesamiento de calor de la cebada y suplementación de enzimas en dietas para pollos de engorde. España. Poultry Science. 82:1281-1291.

GRAHAM, H. AND INBORR, J. 1993. Stability of enzymes during processing Feed Mix. 1 (3):18.

HIDALGO AREVALO, L. 2009. Evaluación de diferentes niveles de fibra con y sin complejo enzimático en la crianza de Broilers y caracterización de la composición corporal. Artículo Científico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. Ecuador.

HALLORAN, H. R. 1972. A major problem in metabolizable energy determinations of feedstuffs for poultry-Feedstuffs. 44(7): 38:39.

HILL, F., ANDERSON, D., RENNER, R. AND CAREW, L. 1960. Studies on the metabolizable energy of grain and grain products for chick. Poultry Science 39:573-579.

I.N.R.A. 1984. Alimentación de los animales monogástricos. Editorial Mundi-Prensa. Págs 122.

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LOYOLA. República Dominicana. Evaluación de desarrollo de las líneas de pollo Ross y Cobb en las etapas de crecimiento y engorde. Págs. 15-18-19. Consultado 10 de Feb. 2013. Disponible: <http://www.gruposegtec.com/fundloyola/documentos/Tesis/Pollo%20Parrillero%202007.pdf>

KALINOWSKI, A. 1998. Efecto de la adición de suplementos enzimáticos para dietas a base de soya, en el comportamiento productivo de pollos de carne. Tesis para optar el título de Ing. Zootecnista. UNALM. Págs. 95.

KERNKAMP, W. F. 1990. Enzimas en la Alimentación animal. Trouw Ibérica. Madrid, España.

KOCHER, A., CHOCT M., ROSS G., BROZ J. AND CHUNG T. K. 2003. Effect of enzyme combinations on apparent metabolizable energy of corn-soybean meal-based diets in broilers. Poultry Research 12: 275 – 283.

LAZARO R., y MATEOS G.G. 2008. Necesidades Nutricionales para avicultura: Pollos de carne y aves de puesta. Normas FEDNA.

LEIVA GARCIA, D. 2011. Actualidad Avipecuaria. Edición 29. Págs. 68-70.

LEESON, S. 1988. Estimating metabolizable energy for poultry. Proceeding of the twenty-fourth Annual Nutrition Conference for Feed Manufacturers. University of Guelph. Canadian Feed Industries Association.

MADRID J., CATALÁ P., GARCÍA V., HERNANDEZ F., 2010. Effect of a multienzyme complex in wheat-soybean meal diet on digestibility of broiler chickens under different rearing conditions. Italian Journal of Animal Science 2010. Vol. 9 nro. 1.

MARQUARDT, R. R., BRENES A., ZHANG Z. AND BOROS D. 1996. Use of enzymes to improve nutrient availability in poultry feedstuffs. Anim. Feed Science Technology 60: 321-330.

Mc DONALD, E. 1991. Nutrición Animal. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. Págs 132-140.

Mc NAB, J., 1993. Digestibility of Starch by Poultry in Feed Mix. Volume 1 Number 2. Págs 24-27.

Mc NAB, J.M. AND BERNARD, K. 1997. The effect of proteases (Vegpro) on the true metabolisable energy (TMEn) and true digestibility of amino acids in soybean meal. Poultry Science 76, 1, 133.

MÉNDEZ D. A., CORTÉS C. A., FUENTE M. B., LÓPEZ C. C., ÁVILA G. E., 2009. Efecto de un complejo enzimático en dietas de sorgo+soya sobre la digestibilidad ileal de aminoácidos, energía metabolizable y productividad en pollos. Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.: 47(1):15-25

MILED OUHIDA, I. 2001. Evaluación de complejos enzimáticos en la mejora del valor nutritivo de cereales y leguminosas en la alimentación de pollos en crecimiento. Tesis para optar el grado de Doctor en Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona. Págs. 73.

MORALES CÓRDOVA, C. 2008. Suplementación de enzimas exógenas y su efecto en la producción de huevos de codorniz. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.

PESTI, G. M. AND EDWARDS J. 1983. Metabolizable energy nomenclature for poultry feedstuff. Poultry Science 62: 1275-1280

PIQUER, F. J. 1996. Bases de la utilización de complejos enzimáticos en nutrición animal: Estudios comparativo entre especies. Memorias de XII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, España, 1996.

PONTES, M; CASTELLO, LIJ. 1995. Alimentación de las aves. Real Escuela de avicultura. España. Editorial Grinver -Arts Grafiques. Págs.189-209

QUISPE LOBATON, A. 1999. Uso de las Enzimas en la formulación de dietas para aves. Trabajo Monográfico para optar el Título de Ing. Zootecnista. UNALM.

REMIGIO ESPINOZA, R. 2001. Evaluación de enzimas digestivas en dietas con diferentes niveles de Energía Metabolizable para codornices en postura. Tesis Ing. Zootecnista. UNALM. Pág.: 94.

RUIZ GÓMES, A. 2006. El uso de enzimas en dietas con canola y dos niveles de energía, sobre los parámetros productivos en el pollo de engorda. Tesis para optar el título de Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. Pág. 13.

SAHAGUN, R. R. 1998. Uso de enzimas en la nutrición Animal. Mundo Avícola y Porcino. Vol. 6, N. 26.

SAS INSTITUTE, 2000. SAS User's Guide. Statistics. Version 8. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

SCHANG, M. J., SIBBALD I. R. AND HAMILTON R. M. G. 1982. Comparison of two direct bioassay using young chickens and two internal indicators for estimating the metabolizable energy content of feedingstuffs. Poultry Science 62: 117-124.

SCHANG, M. J., AZCONA O. Y ARIAS J. E. 1997. Effects of a soya enzyme supplement on performance of broilers fed corn/soy or corn-soy-full fat soy diets. Alltech, Inc. USA.

SHIMADA, A. 1993. Fundamentos de nutrición y alimentación animal comparada. 1era Edición, México. Págs. 372.

SIBBALD, I. R. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feeding stuffs. Poultry Science 55: 303-308.

SIBBALD, I. R. 1982. Measurement of bioavailable energy in poultry feedstuffs: a review. Canadian Journal of Animal Science, 62, 983-1048.

SIBBALD, I. R., PRICE, K. AND BARRETE, J. P. 1980. True Metabolizable energy values for poultry of commercial diets measured by bioassay and predicted from chemical data. Poultry Science 59, 808-811.

SOTO ORIHUELA, R. 2000. Efectos de diferentes niveles de Energía Metabolizable en relación a la densidad de nutrientes en el comportamiento productivo de pollos de carne. Tesis Ing. Zootecnista. UNALM. Págs. 120.

SOTO - SALANOVA, M. F.; GARCIA, O.; GRAHAM, H. Y PACK, M., 1996. Utilización de enzimas para mejorar el valor nutritivo de dietas de maíz y soya para aves. Reporte científico Ilender (Perú) S.A.

SOTO, S. M. Y WYATT, L. C. 1997. Uso de enzimas para la mejora de dietas avícolas. Mundo Ganadero. (93): 34-40.

SQUIBB, R. L. 1971. Estimating the metabolizable energy of feedstuff with an avian model. *J. Nutrition* 101: 1211-1216.

TEJEDOR, A., ALBINO, L., ROSTAGNO, H., et al. 2001. Efecto de la adición de enzimas en dietas de pollo basadas en maíz y harina de soya sobre la digestibilidad ileal de nutrientes. *Rev. de Zootecnia*, Vol. 30, Numero 3.

VERGARA R. V. Y ARROYO C. W. 2006. Determinación de la Energía Metabolizable de tres harinas especiales de pescado en pollos de carne por el Método de Colección Total y Fibra Cruda. *Anales Científicos*. UNALM.

ZHOU Y., JIANG Z., LV D., AND WANG T., 2009. Improved energy-utilizing efficiency by enzyme preparation supplement in broiler diets with different metabolizable energy levels. *Poultry Science* 88:316–322

ZOLLITSCH, W; C. COON, K. KESKE, AND J. AUTIS, 1993. Effect of different levels of metabolizable energy and total sulfur aminoacids (TSSA) in diets of laying hens kept in a hot or cool environment. *Poultry Science*, Abstract 210.

IX. ANEXOS

ANEXO 1: Ficha técnica del complejo enzimático Allzyme Vegpro

1.- Descripción del producto

Allzyme Vegpro es un complejo multienzimático elaborado por un extracto seco de hongos (*Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Sacharomyces cerevisiae* y *Trichoderma viride*) y sulfato de calcio, cuya composición enzimática es la siguiente: proteasa y celulasa básicamente; y en cantidades menores α -galactosidasa, xilanasa o pentosanasa y amilasa. Este producto ayuda los cerdos y aves en la digestión de la proteína vegetal en insumos como la soya.

La Allzyme Vegpro mejora el perfil nutricional de la torta de soya:

- 7 a 9 por ciento para la energía metabolizable
- 7 por ciento para proteína cruda
- 5 por ciento para los aminoácidos esenciales

2.- Composición

Las principales sustancias activas son: Proteasa en cantidad mínima de 7.4 millón de HUT y celulasa en cantidad mínima de 74.800 CMCU.

- HUT: cantidad de enzima, que produce un hidrolizado con la misma absorbancia a 275 nm que una solución conteniendo 1.10 $\mu\text{g/ml}$ de tirosina en 0.006 N de HCl
- CMCU: cantidad de enzima que libera un micromol de azúcar reductor (expresado como equivalentes de glucosa) en un minuto, bajo condiciones del ensayo.

3.- Dosis

Adicionar 500 ml Allzyme Vegpro /tonelada de alimento balanceado de cerdos y aves.

ANEXO 2: Registros de Pesos semanales (gr.)

Tratamiento	Peso semana 1 (*)	Peso semana 2 (*)	Peso semana 3 (*)
2800 Kcal/kg	143.6	387.0	765.8
Sin enzima			
2800 Kcal/kg	137.2	395.8	807.4
Con enzima			
2900 Kcal/kg	134.0	377.4	773.6
Sin enzima			
2900 Kcal/kg	139.8	394.4	794.8
Con enzima			
3000 Kcal/kg	141.8	395.4	784.4
Sin enzima			
3000 Kcal/kg	137.6	374.2	806.6
Con enzima			

(*) Promedio en gramos de 25 pollos por tratamiento.

FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 3: Registro de mortalidad semanal (%)

Tratamiento	Mortalidad	Mortalidad	Mortalidad semana 3 (*)	
	semana 1 (*)	semana 2 (*)	Hasta día 18	Día 18-21
2800 Kcal/kg	-	1.25	0.63 **	-
Sin enzima				
2800 Kcal/kg	.-	-	1.26 **	-
Con enzima				
2900 Kcal/kg	-	-	0.63 **	-
Sin enzima				
2900 Kcal/kg	-	0.63	0.63	-
Con enzima				
3000 Kcal/kg	-	-	-	-
Sin enzima				
3000 Kcal/kg	-	-	1.26 **	-
Con enzima				

(*) Promedio de 160 pollos hasta el día 18, del día 18-21 son 150.

** Mortalidad + descarte de pollos

FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 4: Análisis de excretas en base fresca: Humedad (Hd), nitrógeno (N) y ceniza (Cz)

Tratamiento	% Hd Inicial	% N (Base Fresca)	% Cz (Base Fresca)
	67.74	1.23	4.78
	69.14	1.05	4.56
Sin	75.29	0.91	3.61
Enzima	68.58	1.20	4.55
	67.26	1.31	4.72
2800 Kcal/Kg	71.09	1.09	4.34
	65.20	1.19	5.26
Con	74.79	0.90	3.96
Enzima	69.75	1.03	4.54
	74.13	0.93	4.03
	69.09	1.12	4.72
	65.42	1.22	5.20
Sin	72.70	1.02	4.11
Enzima	72.37	0.95	4.18
	73.85	0.96	4.09
2900 Kcal/Kg	69.94	1.09	4.68
	72.63	1.00	4.20
Con	69.19	1.17	4.50
Enzima	75.05	0.93	3.81
	59.52	1.49	5.73
	72.09	1.03	4.67
	68.72	1.14	4.78
Sin	66.04	1.44	4.61
Enzima	70.26	1.07	4.82
	68.98	1.14	5.07
3000 Kcal/Kg	75.25	0.98	4.17
	65.42	1.20	5.14
Con	68.77	1.26	4.81
Enzima	72.15	1.01	4.20
	68.98	1.11	4.99

FUENTE: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos. UNALM

ANEXO 5: Análisis de excretas en base seca: Nitrógeno (N), ceniza (Cz), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC)

Tratamiento	% MS Inicial	% N (Base Seca)	% Cz (Base Seca)	% MO (Base Seca)	% PC (Base Seca)	
2800 Kcal/Kg		32.26	3.813	14.82	85.18	23.83
	Sin	30.86	3.402	14.78	85.22	21.27
	Enzima	24.71	3.683	14.61	85.39	23.02
		31.42	3.819	14.48	85.52	23.87
		32.74	4.001	14.42	85.58	25.01
		28.91	3.770	15.01	84.99	23.56
	Con	34.80	3.420	15.11	84.89	21.37
	Enzima	25.21	3.570	15.71	84.29	22.31
		30.25	3.405	15.01	84.99	21.28
		25.87	3.595	15.58	84.42	22.47
2900 Kcal/Kg		30.91	3.623	15.27	84.73	22.65
	Sin	34.58	3.528	15.04	84.96	22.05
	Enzima	27.30	3.736	15.05	84.95	23.35
		27.63	3.438	15.13	84.87	21.49
		26.15	3.671	15.64	84.36	22.94
		30.06	3.626	15.57	84.43	22.66
	Con	27.37	3.654	15.35	84.65	22.84
	Enzima	30.81	3.797	14.61	85.39	23.73
		24.95	3.727	15.27	84.73	23.30
		40.48	3.681	14.16	85.84	23.01
3000 Kcal/Kg		27.91	3.690	16.73	83.27	23.07
	Sin	31.28	3.645	15.28	84.72	22.78
	Enzima	33.96	4.240	13.57	86.43	26.50
		29.74	3.598	16.21	83.79	22.49
		31.02	3.675	16.34	83.66	22.97
		24.75	3.960	16.85	83.15	24.75
	Con	34.58	3.470	14.86	85.14	21.69
	Enzima	31.23	4.035	15.40	84.60	25.22
		27.85	3.627	15.08	84.92	22.67
		31.02	3.578	16.09	83.91	22.36

FUENTE: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos. UNALM

ANEXO 6: Materia orgánica consumida (MOC)

Tratamiento	Alimento suministrado (g)	Residuo (g)	Consumo (g)	Consumo MS (g)	MOC (g)	
2800 Kcal/Kg	Sin Enzima	2050	543	1507	1335	1268
		2050	476	1574	1394	1324
		2050	385	1665	1475	1401
		2050	553	1497	1326	1260
		2050	600	1450	1285	1220
	Con Enzima	2050	492	1558	1379	1310
		2050	574	1476	1307	1241
		2050	598	1452	1285	1221
		2050	553	1497	1325	1259
		2050	492	1558	1379	1310
2900 Kcal/Kg	Sin Enzima	2050	507	1543	1364	1291
		2050	671	1379	1219	1154
		2050	400	1650	1458	1380
		2050	492	1558	1377	1303
		2050	411	1639	1449	1371
	Con Enzima	2050	559	1491	1320	1247
		2050	567	1483	1313	1241
		2050	586	1464	1296	1225
		2050	472	1578	1397	1320
		2050	579	1471	1302	1231
3000 Kcal/Kg	Sin Enzima	2050	479	1571	1397	1319
		2050	602	1448	1288	1215
		2050	508	1542	1371	1294
		2050	426	1624	1444	1363
		2050	411	1639	1458	1376
	Con Enzima	2050	374	1676	1488	1405
		2050	518	1532	1361	1284
		2050	480	1570	1394	1316
		2050	446	1604	1425	1344
		2050	583	1467	1303	1229

FUENTE: Elaboración propia

ANEXO 7: Materia orgánica excretada (MOE)

Tratamiento	Excreta Fresca (g)	Excreta Seca (g)	MOE (g)
	1146	370	315
Sin	1282	396	337
Enzima	1799	445	380
	1180	371	317
2800	1143	374	320
Kcal/Kg			
	1351	391	332
Con	967	337	286
Enzima	1457	367	310
	1195	361	307
	1432	370	313
	1362	421	357
Sin	896	310	263
Enzima	1356	370	314
	1323	366	310
2900	1368	358	302
Kcal/Kg			
	1112	334	282
Con	1254	343	291
Enzima	1144	352	301
	1576	393	333
	774	313	269
	1407	393	327
Sin	960	300	254
Enzima	1088	369	319
	1440	428	359
3000	1312	407	340
Kcal/Kg			
	1446	358	298
Con	1152	398	339
Enzima	1186	370	313
	1270	354	300
	1136	352	296

FUENTE: Elaboración propia

ANEXO 8: Metabolicidad de materia orgánica (MMO) y materia seca (MMS)

Tratamiento		MMO (%)	MMS (%)	Promedio (%)	Incremento (%)	
2800 Kcal/Kg	Sin Enzima	75.16	72.31	71.34	+ 1.30	
		74.54	71.63			
	Con Enzima	72.91	69.86	72.64		
		74.83	72.04			
		73.75	70.87			
		74.66	71.68			
		76.98	74.25			
		74.64	71.43			
	2900 Kcal/Kg	Sin Enzima	75.59	72.72		73.42
			76.20	73.46		
Con Enzima		77.99	75.31	73.78		
		77.37	74.67			
		76.58	73.85			
		75.42	72.80			
		74.76	71.85			
		78.14	75.94			
3000 Kcal/Kg		Sin Enzima	75.20	71.89	72.81	
			79.07	76.68		
	Con Enzima	75.33	73.06	73.65		
		73.67	70.35			
		75.25	72.08			
		78.81	75.96			
		73.59	70.72			
		76.19	73.44			
		77.66	75.17			
		75.95	72.95			

FUENTE: Elaboración propia

ANEXO 9: Cálculo de la energía de la excreta por gramos de dieta

(E excreta/g dieta)

Tratamiento	g Excreta/ g Dieta	EB Dieta Kcal/100 g	EB Excreta Kcal/100 g	EB Dieta Kcal/g	EB Excreta Kcal/g	E excreta/ g dieta	
2800 Kcal/kg		0.277	439.00	389.66	4.3900	3.8966	1.0790
	Sin	0.284	439.00	388.36	4.3900	3.8836	1.1019
	Enzima	0.301	439.00	387.39	4.3900	3.8739	1.1675
		0.280	439.00	388.99	4.3900	3.8899	1.0875
		0.291	439.00	391.91	4.3900	3.9191	1.1417
		0.283	434.98	392.51	4.3498	3.9251	1.1115
	Con	0.258	434.98	395.6	4.3498	3.9560	1.0188
	Enzima	0.286	434.98	396.04	4.3498	3.9604	1.1317
		0.273	434.98	382.36	4.3498	3.8236	1.0429
		0.269	434.98	382.47	4.3498	3.8247	1.0273
2900 Kcal/kg		0.309	434.00	395.36	4.3400	3.9536	1.2204
	Sin	0.254	434.00	393.13	4.3400	3.9313	0.9993
	Enzima	0.254	434.00	389.67	4.3400	3.8967	0.9891
		0.265	434.00	391.04	4.3400	3.9104	1.0380
		0.247	434.00	374.78	4.3400	3.7478	0.9254
		0.253	440.69	388.86	4.4069	3.8886	0.9848
	Con	0.261	440.69	386.59	4.4069	3.8659	1.0107
	Enzima	0.272	440.69	390.72	4.4069	3.9072	1.0627
		0.281	440.69	382.37	4.4069	3.8237	1.0764
		0.241	440.69	370.74	4.4069	3.7074	0.8921
3000 Kcal/kg		0.281	445.79	392.27	4.4579	3.9227	1.1026
	Sin	0.233	445.79	397.91	4.4579	3.9791	0.9279
	Enzima	0.269	445.79	397.73	4.4579	3.9773	1.0716
		0.297	445.79	389.55	4.4579	3.8955	1.1551
		0.279	445.79	390.93	4.4579	3.9093	1.0916
		0.240	445.20	390.21	4.4520	3.9021	0.9382
	Con	0.293	445.20	390.97	4.4520	3.9097	1.1447
	Enzima	0.266	445.20	387.71	4.4520	3.8771	1.0299
		0.248	445.20	394.21	4.4520	3.9421	0.9788
		0.270	445.20	381.45	4.4520	3.8145	1.0317

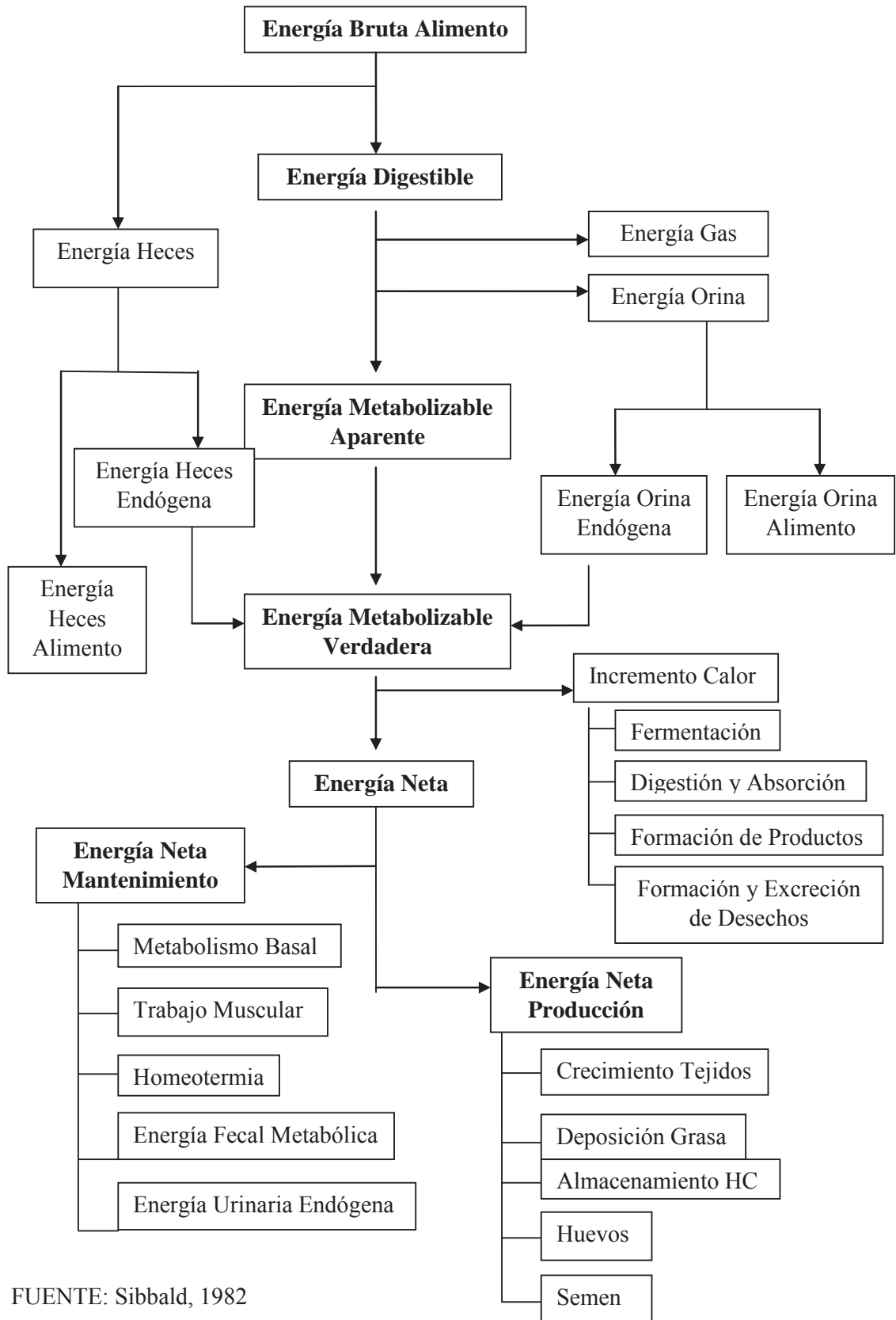
FUENTE: Elaboración propia

ANEXO 10: Cálculo de la energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EMAn)

Tratamiento	% Nitrógeno Dieta	Nitrógeno g Dieta	Nitrógeno g Excreta	g N Retenido/g Dieta	EMAn Dieta Kcal/Kg BS	EMAn Dieta Kcal/Kg BF	\bar{X} Kcal/kg
2800 Kcal/kg Sin Enzima	3.0432	0.030432	0.038128	0.019874	3148	2788	2757
	3.0432	0.030432	0.034025	0.020778	3117	2762	
	3.0432	0.030432	0.036827	0.019333	3064	2714	
	3.0432	0.030432	0.038192	0.019755	3140	2782	
	3.0432	0.030432	0.040012	0.018776	3094	2741	
2800 Kcal/kg Con Enzima	2.9456	0.029456	0.037703	0.018780	3084	2730	2763
	2.9456	0.029456	0.034195	0.020650	3161	2799	
	2.9456	0.029456	0.035700	0.019255	3060	2709	
	2.9456	0.029456	0.034050	0.020169	3141	2781	
	2.9456	0.029456	0.035949	0.019801	3160	2797	
2900 Kcal/kg Sin Enzima	3.0832	0.030832	0.036234	0.019647	2958	2615	2767
	3.0832	0.030832	0.035281	0.021864	3161	2794	
	3.0832	0.030832	0.037363	0.021348	3175	2807	
	3.0832	0.030832	0.034383	0.021705	3124	2761	
	3.0832	0.030832	0.036711	0.021767	3236	2860	
2900 Kcal/kg Con Enzima	2.9968	0.029968	0.036261	0.020784	3251	2878	2863
	2.9968	0.029968	0.036536	0.020416	3228	2858	
	2.9968	0.029968	0.037975	0.019640	3183	2817	
	2.9968	0.029968	0.037275	0.019475	3170	2806	
	2.9968	0.029968	0.036808	0.021111	3341	2958	
3000 Kcal/kg Sin Enzima	3.1792	0.031792	0.036904	0.021419	3179	2827	2856
	3.1792	0.031792	0.036445	0.023293	3339	2969	
	3.1792	0.031792	0.042403	0.020367	3219	2863	
	3.1792	0.031792	0.035978	0.021123	3129	2783	
	3.1792	0.031792	0.036750	0.021530	3189	2836	
3000 Kcal/kg Con Enzima	3.0816	0.030816	0.039596	0.021296	3339	2965	2891
	3.0816	0.030816	0.034702	0.020656	3137	2786	
	3.0816	0.030816	0.040346	0.020098	3257	2892	
	3.0816	0.030816	0.036266	0.021812	3294	2925	
	3.0816	0.030816	0.035783	0.021137	3247	2883	

FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 11: Partición de la energía ingerida por el ave



FUENTE: Sibbald, 1982