

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA

**Determinación de la energía metabolizable verdadera
de varias fuentes de carbohidratos utilizadas para la
alimentación de aves**

NANCY JEANNETTE ZAMORA ZAMORA

GUATEMALA, MAYO DE 2006
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA

**Determinación de la energía metabolizable verdadera
de varias fuentes de carbohidratos utilizadas para la
alimentación de aves**

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

NANCY JEANNETTE ZAMORA ZAMORA

AL CONFERIRSELE EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA EN ZOOTECNIA

GUATEMALA, MAYO 2006

**JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**DECANO
MONTEPEQUE**

Lic. Zoot. MARCO VINICIO DE LA ROSA

SECRETARIO

Lic. Zoot. GABRIEL MENDIZABAL FORTUN

VOCAL PRIMERO

Dr. M.V. YERY VELIZ PORRAS

VOCAL SEGUNDO

Dr. M.V. FREDY GONZÁLEZ GUERRERO

VOCAL TERCERO

Dr. M.V. EDGAR BAILEY VARGAS

VOCAL CUARTO

Br. YADIRA ROCÍO PÉREZ FLORES

VOCAL QUINTO

Br. JOSÉ ABRAHAM RAMÍREZ

ASESORES

Dr. RICARDO BRESSANI CASTIGNOLI

Lic. Zoot. MIGUEL ÁNGEL RODENAS

Dr. M.V. HUGO PÉREZ

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

CUMPLIENDO CON LO ESTABLECIDO POR LOS ESTATUTOS DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, PRESENTO A
CONSIDERACIÓN DE USTEDES EL TRABAJO DE TESIS TITULADO

**Determinación de la energía metabolizable verdadera
de varias fuentes de carbohidratos utilizadas para la
alimentación de aves**

QUE FUERA APROBADO POR LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD
DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA PREVIO A OPTAR AL
TÍTULO PROFESIONAL DE

LICENCIADA EN ZOOTECNIA

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Porque día a día me confirma su **AMOR** y me ha dado la tranquilidad de saber que es **El** quien guía cada paso de mi vida.

A MIS PADRES

Roberto y María Consuelo de Zamora

muestra

Por el esfuerzo que día a día han realizado, como

los

del amor tan especial que me han dado, por inculcarme

vida y

valores que me han acompañado a lo largo de mi

porque siempre he contado con su apoyo incondicional.

A MIS ABUELITOS

Francisco Javier (+) y Roberta

Francisco Mario Eduardo (+) y María Carlota

de

Por sus valiosos consejos, su amor al trabajo y ejemplo

honradez.

A MI ESPOSO

Gabriel Alfredo Álvarez

amigo

Por su amor, su apoyo, comprensión y por ser mi

incondicional.

A MIS HIJAS

María Gabriela y María Laura

Porque son la razón de mi vida.

A ellas con todo mi amor.

A MIS HERMANOS

A cada uno de ellos por su amistad y cariño.

A MIS SOBRINOS

Con mucho cariño.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

A MIS PADRES

A MI ESPOSO

**A MIS TIAS
MARGOTH GAITAN Y DINORA CHICAS (Q.E.P.D)**

A MIS ASESORES

A MIS CATEDRÁTICOS

**A TODOS MIS COMPAÑEROS Y PERSONAL EN
GENERAL**

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	
2.1	General	2
2.2	Específicos	2
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	
3.1	Requerimientos energéticos	3
3.2	Distribución de la energía en el animal	3
3.3	Algunas materias primas con potencial para alimentación de aves	6
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	
4.1	Localización	8
4.2	Metodología	8
4.2.1	Materiales	8
4.2.2	Jaulas metabólicas y recolectores	8
4.2.3	Manejo de los alimentos	9
4.2.4	Manejo de los animales	9
4.2.5	Desarrollo de las actividades	10
4.2.5.1	Fase experimental	10
4.2.5.2	Periodo de ayuno	10
4.2.5.3	Periodo de alimentación forzada	10
4.2.5.4	Periodo de colecta	11
4.3	Variables estudiadas	11
4.3.1	Análisis bromatológico	11
4.3.1.1	Calorimetría	11
4.3.1.2	Químico proximal	12
4.3.2	Determinación de la energía metabolizable verdadera ¹²	
4.3.3	Estimaciones económicas	12

V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1	Análisis bromatológico	13
5.2	Costo del experimento por materia prima evaluada	15
VI.	CONCLUSIONES	16
VII.	RECOMENDACIONES	17
VIII.	RESUMEN	18
	SUMMARY	19
IX.	BIBLIOGRAFIA	20
X.	ANEXOS	22

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO

1	Tratamientos evaluados	9
2	Cronograma de las actividades realizadas durante el experimento	10
3	Análisis químico proximal de los ingredientes evaluados	13
4	Valores de energía metabolizable verdadera determinadas en los ingredientes bajo estudio	14
5	Determinación del costo de cada ingrediente por unidad de nutriente	15

ANEXO

1	Valores de energía bruta determinadas en los ingredientes bajo estudio	23
2	Cantidad de deyecciones y energía bruta de las deyecciones en los diferentes ingredientes	23
3	Costo del experimento por materia prima a evaluar	24

I. INTRODUCCIÓN

La explotación avícola en nuestro país es una importante fuente de ingresos económicos y de producción de proteína de origen animal, a un costo relativamente bajo, lo cual tiende a mejorar la economía y la dieta de los guatemaltecos.

En la alimentación de las aves existen factores que dificultan la formulación de dietas adecuadas, dentro de los cuales se puede mencionar: la falta de información local del valor nutritivo de las materias primas, su variabilidad, la deficiente legislación y control de los procesos de fabricación tanto de las materias primas como de los alimentos terminados.

El uso de las materias primas utilizadas en la elaboración de alimentos balanceados para animales, depende de varias condiciones entre las que sobresalen: disponibilidad en el mercado, facilidad de adquisición, precio e información del contenido y calidad nutricional.

Conocer el contenido energético disponible de subproductos de rechazo es esencial en la formulación de dietas económicas.

Las aves tienden a comer para satisfacer sus requerimientos energéticos, por lo que los nutrientes se deben incluir en la dieta en proporción a la energía disponible, para evitar desperdicio de nutrientes o una mala productividad. Si bien es cierto mucho se ha escrito sobre la energía en nutrición avícola, existen problemas que solucionar, ya que existen muchos alimentos de relleno de interés regional que requieren evaluación y que pueden ser mejor utilizados si se conocen sus valores de energía disponible.

Un problema adicional es la falta de estandarización en la metodología para medir la energía disponible (Sibbald, 1979), lo cual afecta las operaciones de alimento balanceado, por lo que la información obtenida en este trabajo beneficiará a los nutricionistas encargados de formular alimentos para animales pues contarán con datos mas confiables sobre el contenido calórico de las materias primas disponibles.

II. OBJETIVOS

2.1. General

- Generar información sobre el valor nutricional de materias primas para la alimentación animal en Guatemala.

2.2. Específicos

- Determinar la concentración energética de maíz (*Zea mays*), rechazo de harina de maíz nixtamalizado y harina de banano (*Musa sapientum*) en términos de energía metabolizable verdadera para aves.
- Determinación del costo por unidad de nutriente (Mcal de EMV).

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Requerimientos energéticos

Los pollos y otras aves de corral pueden ajustar su ingestión de alimento sobre valores considerablemente amplios de niveles de energía. Por consiguiente las “necesidades” de energía o bien requerimientos energéticos se dan como límites valores de aproximadamente 2500 a 3400 Kcal/Kg de dieta, puesto que el contenido energético de la dieta influye en la ingestión de alimentos, las concentraciones de proteína y aminoácidos generalmente se dan en relación al contenido de energía, por lo que algunos nutricionistas acostumbran a tener en cuenta la proporción caloría/proteína. (NRC, 1994).

Conocer sobre el contenido de energía disponible de los ingredientes es esencial en la mayoría de dietas formuladas para aves. Las aves tienden a comer para satisfacer sus requerimientos energéticos, por lo consiguiente los nutrientes deben incluirse en las dietas en proporción a la energía, si no se hace esto, puede resultar en desperdicio o una productividad no deseada.

3.2 Distribución de la energía en el animal

Unidades energéticas

Conforme a la primera ley de la termodinámica, todas las formas de energía pueden ser convertidas cuantitativamente en calor. La energía térmica representada por los componentes de la dieta e implicada en todos los procesos orgánicos, es la base más conveniente para describir la energética de la nutrición. (Maynard, 1989).

La unidad básica en la energía térmica es la caloría (cal), que se define como “la cantidad de energía requerida para elevar la temperatura de un gramo de agua un grado centígrado, medido entre los 14.5 y los 15.5 grados centígrados”. Por ser esta unidad demasiado pequeña para uso cómodo y en materia de nutrición, se emplea la caloría grande, equivalente a 1,000 calorías, cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de 1 kilogramo de agua, este múltiplo de la caloría se representa por una C mayúscula o por la abreviatura Cal, para distinguirlo de la unidad menor. Pero a fin de evitar posibles confusiones se refiere la abreviatura Kcal (Kilocaloría). Para cantidades grandes se usa la Mega caloría (megacal o Mcal), llamada también termia, que vale 1,000 Kcal (Maynard 1989).

Calor de combustión o energía bruta

La energía bruta (EB) se define como “la energía liberada en forma de calor cuando un alimento, heces o tejido animal se oxida completamente, quemando totalmente una muestra en una bomba calorimétrica” (Bondi 1989). El instrumento utilizado para medir el valor energético de los alimentos (Energía Bruta/materia seca) se llama calorímetro y su función básicamente consiste en la combustión de una muestra de alimento, mediante la ignición con un conductor eléctrico conectado a una bomba o cámara inyectada con O₂, la cual contiene la muestra a analizar. Esta bomba está sumergida en un balde con agua a temperatura ambiente. La muestra contenida en la

cámara al combustionar desprende calor, calentando el agua circulante y provocando un cambio de temperatura del agua registrado en un termómetro (Bateman 1970).

Energía digestible

Determinando el calor de combustión de las heces y restando este valor de la EB, se obtiene la energía digestible aparente o ED., este valor se califica de aparente porque es la energía fecal que incluye la de productos metabólicos del cuerpo y la del alimento no digerido. La porción metabólica corresponde a los líquidos digestivos y a los residuos de la mucosa intestinal. En sentido estricto, esta pérdida es parte de la demanda de mantenimiento del animal (Maynard 1989).

La Energía Digestible Verdadera es el valor al que se llega restando solo la energía fecal de origen alimentario de la ingestión bruta energética (Maynard, 1989).

Energía metabolizable

La energía metabolizable representa la porción de energía de los alimentos que queda disponible para los procesos metabólicos del animal. Por consiguiente la energía metabolizable proporciona una medida adecuada del valor nutritivo de los alimentos (Bondi 1989).

La metabolicidad se define como la energía metabolizable de un alimento dividida por la energía bruta. El valor de la relación entre Energía metabolizable/Energía bruta varía considerablemente con el tipo de ración y la especie animal en estudio (Bondi 1989).

Puesto que las aves eliminan junto las heces y la orina, los valores de energía metabolizable para las aves pueden determinarse por los métodos normales de digestibilidad. En la valoración de los alimentos para las aves suele emplearse la Energía metabolizable (Bondi 1989).

El valor energético de cada gramo de nitrógeno excretado en forma de urea es de 5.47 Kcal y de 6.66 Kcal si se hace en forma de ácido úrico. Por esta razón cada gramo de nitrógeno urinario excretado por los rumiantes supone 7.38 Kcal, en los cerdos 6.66 Kcal y en las aves 8.09 Kcal (Bondi 1989).

Los contenidos de Energía digestible y Energía metabolizable se ven afectados por la cantidad de alimento consumido, ya que cuanto más consume un animal mas rápido es el paso por el tracto digestivo. Las mayores pérdidas en heces causadas por la mayor ingestión se compensan parcialmente por la reducción en las pérdidas de energía en la orina y como metano. El efecto de la mayor ingestión sobre la reducción de la EM es mas marcado con los alimentos de baja calidad, llegando la reducción hasta el 10% en los rumiantes al duplicar la ingestión (Bondi 1989).

López C. (1987), en un estudio realizado en el INCAP con gallos Arbor Acres encontró que la semilla de amaranto presenta una variación en cuanto al valor de energía metabolizable verdadera de 2.91 a 4.22 Kcal/g para la semilla clara y de 2.77 a 3.56 Kcal/g para la semilla oscura.

López M. (1984) realizó un estudio en el INCAP con gallos Leghorn blancos y encontró que para la almendra de semilla de hule existe una variación de la energía metabolizable verdadera de 2.91 a 4.22 Kcal/g y para la semilla de soya de 2.77 a 3.56 Kcal/g.

En un estudio realizado con gallos adultos en ayuno, a los que se les proporcionó diferentes cantidades de trigo, se determinó que la cantidad de trigo ingerida tuvo relación con la energía bruta eliminada como excretas, debido a que hubo un incremento lineal. La energía metabolizable verdadera fue independiente de la cantidad de trigo ingerida. El cálculo del valor de la energía metabolizable aparente dio como resultado un incremento curvilíneo con lo ingerido, lo cual se le atribuye a que la energía bruta (energía fecal metabólica + energía urinaria endógena) tuvo un incremento contrario al aporte energético.

Sibbald (1979), basado en la relación lineal que existe entre el alimento ingerido y la energía excretada formuló la **Técnica de estimación de energía metabolizable verdadera para alimentación de aves**, en donde la energía metabolizable verdadera se determina sometiendo aves con 24 horas de ayuno a una alimentación forzada con el ingrediente a evaluar, utilizando un ave control (sin alimentar) por tratamiento, recolectándose las excretas 24 horas post-alimentación forzada.

Con la energía bruta obtenida del ingrediente a evaluar y de las heces de las aves en tratamiento, se hace una corrección utilizando la energía bruta o sea la energía fecal de origen metabólico + energía urinaria de origen endógeno, obtenida del ave sin alimento o control (Sibbald, 1979).

Sibbald et al (1983) realizaron dos experimentos en Canadá, para valorar la relación entre la energía digestible aparente (valores medidos en cerdos), utilizando el óxido crómico y la ceniza insoluble en ácido, como indicadores, y la energía metabolizable verdadera (valores medidos en gallos adultos), dando como resultado una estrecha relación entre la energía digestible aparente en cerdos y la energía metabolizable verdadera en gallos, ya que la EMV siempre se mantuvo intermedia entre los dos indicadores de la EDA. Por lo tanto sugieren que el valor de la EMV puede usarse para predecir el valor de la EDA en la formulación de dietas para cerdos.

Energía neta

La energía neta se obtiene a partir de la energía metabolizable, por sustracción del incremento térmico IT, es decir $EN=EM-IT$. La energía neta se diferencia de la energía metabolizable en la cantidad de calor perdido como resultado de los procesos químicos y físicos ligados a la digestión y metabolismo, es decir el incremento térmico.

La energía neta de un alimento es la parte energética que es completamente útil para el organismo ya que es utilizable por el animal para el mantenimiento y para la producción (Bondi, 1989).

La parte de la energía neta empleada para el mantenimiento es la energía gastada para soportar los procesos vitales del animal, el trabajo muscular necesario para los movimientos mínimos, el mantenimiento y reparación de tejidos y para mantener la temperatura corporal en un medio ambiente frío. La otra parte de la energía neta es la energía retenida en los tejidos por los animales en crecimiento o cebo, en la leche o en los huevos producidos, siendo completamente útil para el organismo (Bondi 1989).

En un estudio llevado a cabo en Bélgica, Groote (1971) comparó el sistema de energía neta con el sistema de energía metabolizable en la formulación de dietas de pollos de carne y concluyó que formular en base a la energía neta fue más barato 4.77 FB* en pollos iniciadores y 2.43 FB en pollos finalizadores, que formulando en base a los valores de energía metabolizable, ya que para igualarla a la energía neta contenía de 50 a 70 Kcal menos de EM/Kg y 1% menos de proteína y en cuanto al comportamiento productivo hubo una diferencia de 20 a 30 gramos con la Energía Neta.

3.3 Algunas materias primas con potencial para alimentación de aves

3.3.1 Maíz

El maíz constituye el ingrediente más importante de las dietas humanas en los países de América Central. Así mismo es parte muy importante en las raciones alimenticias para aves, cerdos y ganado en general. Constituye en tales casos una rica fuente de calorías.

Además debido a que su uso es elevado, contribuye con cantidades importantes de diversos nutrientes esenciales para el organismo y por consiguiente es necesario estudiarlo (Bressani, 1957).

Su principal limitante es su costo, aunque también su disponibilidad, en aquellos países no productores de sorgo, por lo que en ciertas ocasiones se limita su nivel de inclusión en la dieta ó bien la computadora por el precio no lo usa (Campabadal y Navarro 1994).

El componente químico principal del grano de maíz es el almidón al que corresponde hasta el 72-73% del pienso del grano. Otros Hidratos de Carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructuosa, en cantidades que varían de 1-3% del grano (Jugenheimer, 1974).

3.3.2 Rechazo de harina de maíz nixtamalizado

La harina de maíz se obtiene de la molienda tradicional de la gramínea *Zea mays*. Es de color amarillo y sabor característico.

Se le llama harina de rechazo al producto que se ha dañado en su empaque en el área de bodegas, por ejemplo: bolsas rotas, mal selladas, bolsas que tienen mucho tiempo de haber sido empacadas ó cualquier circunstancia que afecte la presentación externa del producto.

*Francos Belgas (Moneda de Bélgica)

Representa el material procesado térmicamente a un nivel alcalino, que ha sufrido una gelatinización parcial de los almidones.

3.3.3 Harina de banano

El banano se produce abundantemente en América Central, su uso en la dieta humana nada tiene de novedoso, sin embargo no se le ha dado la importancia que amerita en la alimentación animal.

En Guatemala el cultivo de banano abarca un área de 16,400 a 20,000 Ha/año, con una producción anual de 658,200 TM/año, el costo de producción por hectárea es de Q.16,850. La cantidad de banano de desecho se considera en un 15 a 20% de la producción anual total (Banco de Guatemala, 2003).

La composición química del banano entero, así como de la cáscara y de las harinas de banano ha sido descrita por varios investigadores, quienes informan que deshidratado al sol, este tiene un equivalente energético del 66%, mientras que la cáscara es de 46.1%, hecho que permite el uso de este producto como alimento animal (Bressani et al, 1961).

La materia seca del banano se compone fundamentalmente de carbohidratos (por lo general 60-90%). Los carbohidratos vegetales comprenden celulosa, resinas y almidones pero estos últimos son la principal fuente de energía nutritiva ya que las celulosas no se digieren (Bressani et al, 1961).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización

El estudio se llevó a cabo en La Finca Las Flores, El Jocotillo, Villa Canales, la cual se encuentra dentro de la zona de vida “Bosque Húmedo Subtropical Templado” a una altura de 1,100 msnm, con una temperatura media de 20 grados Centígrados y una precipitación pluvial que oscila entre 1,100 a 1,345 mm/año. (De la Cruz, 1982)

4.2 Metodología

4.2.1 Materiales

- 27 jaulas metabólicas (con sus respectivos recipientes para agua y alimento y bandejas colectoras de excretas).
- Dosificador de alimento (jeringa de 50 cc con sonda de 40 cm de largo).
- Embudo (para verter el alimento en la jeringa y asegurar que la cantidad indicada se introdujo al estomago del ave).
- Recipientes plásticos para alimento y colecta de excretas.

4.2.2 Jaulas metabólicas y recolectores

Se elaboraron 27 jaulas individuales de cedazo de 40 cm de largo por 40 cm de ancho y 60 cm de alto, con piso de tela metálica y elevadas a 20 cm del suelo, cada jaula con un recipiente para agua y uno para el alimento. Se colocó una bandeja plástica debajo de cada jaula utilizada para la recolección de excretas.

Las jaulas se colocaron dentro de un área techada con palma y totalmente cerrado para evitar que variaciones en el ambiente afectaran el experimento. Además se instalaron 2 ventiladores silenciosos para ventilación y control de la temperatura (24 grados centígrados).

Las jaulas metabólicas se elaboraron de acuerdo a la información sobre los requerimientos específicos para este experimento, se analizó la forma mas adecuada para la colecta de las excretas, la disposición de los recipientes de agua y alimento y el sitio adecuado para el alojamiento de las jaulas.

A lo largo del experimento hasta el último día se monitoreó el funcionamiento de cada uno de los componentes de la jaula, de manera que no se derramara agua, ni botaran el recipiente donde se proporcionó el alimento para el periodo de adaptación.

4.2.3 Manejo de los alimentos

Los ingredientes se prepararon de la siguiente manera:

1. La harina de banano se obtuvo deshidratando banano verde con cáscara en un horno a 60 grados centígrados por 4 días, para luego proceder a molerlo.
2. El maíz amarillo se molió.
3. El rechazo de harina de maíz nixtamalizado no recibió ningún tratamiento.

Momentos antes de su utilización, se tomaron muestras de cada uno de los ingredientes para el análisis bromatológico, las cuales se depositaron en recipientes plásticos debidamente identificados.

4.2.4 Manejo de los animales

Previo a iniciar el experimento se mantuvo en observación a un grupo de gallos para determinar si eran aptos en cuanto a salud y conducta de acuerdo a las condiciones requeridas para el trabajo (confinamiento total y alimentación forzada), este período tuvo una duración de 2 días.

Se utilizaron 27 gallos de 12 semanas de edad, de la raza Arbor Acres, con un peso promedio de 2.5 kilogramos. La distribución de los tratamientos se presenta en el cuadro No. 1.

CUADRO 1. Tratamientos evaluados

Tratamiento	Gallos alimentados	Gallos control	Material experimental
1	8	1	Rechazo de harina de maíz nixtamalizado
2	8	1	Maíz amarillo molido
3	8	1	Harina de banano verde con cáscara

4.2.5 Desarrollo de las actividades

Previo al inicio del experimento y por espacio de 2 días se procedió a adaptar a los gallos a las condiciones experimentales alimentándolos con una dieta balanceada. Se removieron las excretas de las patas de las aves y se limpió perfectamente las jaulas de cualquier pluma presente en ellas.

El peso de las aves estaba en un rango muy estrecho, puesto que la energía endógena obtenida de las excretas del tratamiento control debía ser igual en el ave alimentada, por lo que solo una pequeña cantidad de la variabilidad de la energía endógena puede ser atribuida a la diferencia de pesos y se debe minimizar la variación experimental.

Se experimenta con varios ingredientes simultáneos, lo cual minimiza la cantidad de trabajo ya que solo se requiere un ave de control negativo en cada aplicación. Posteriormente se procedió de la siguiente manera:

4.2.5.1 Fase experimental

La fase experimental se presenta en el cuadro No. 2

CUADRO 2. Cronograma de las actividades realizadas durante el experimento

DÍA	ACTIVIDADES	DIETA	COLECTA DE EXCRETAS
1	Período de ayuno	Ninguna	No
2	Alimentación forzada*	Material experimental**	No
3	Período de recolección de excretas	Ninguna	Si

*En este momento se registra la hora del ofrecimiento para cada uno de los ingredientes en cada una de las aves.

** Maíz amarillo molido, rechazo de harina de maíz nixtamalizado y harina de banano con cáscara.

4.2.5.2 Período de ayuno

El primer día del experimento se retiraron los recipientes del alimento de adaptación y permanecieron sin alimento 24 horas con el fin de que vaciaran el canal alimentario.

4.2.5.3 Período de alimentación forzada

En este periodo se introdujeron 30 g del ingrediente respectivo al buche del ave a través de una sonda plástica, utilizando una jeringa de 50cc haciendo uso de un embudo para evitar pérdidas del ingrediente. Una vez depositado el ingrediente en la jeringa, se empujó hacia el buche con la ayuda de un émbolo.

En el procedimiento anterior se requirió de 3 personas lo que tomó alrededor de 1 minuto por ave, una persona sostuvo y entregó el ave, otra persona colocó la sonda hasta el buche y una tercera empujó el alimento con el émbolo y fue quien llevó el control de la identificación del ave, alimento proporcionado y el tiempo en que concluyó cada procedimiento.

Una vez depositado el alimento en el buche, la sonda fue retirada despacio con movimiento giratorio y se realizó una pequeña presión en el esófago para que cayera cualquier partícula de ingrediente adherida.

Dos horas después de finalizada la alimentación forzada se colocaron de nuevo las bandejas recolectoras de excretas.

4.2.5.4 Periodo de colecta

Este procedimiento se realizó a las 24 horas post-alimentación forzada, en el cual las excretas fueron colectadas simultáneamente para tener mayor uniformidad entre ellas. Se recogieron con una espátula de acero inoxidable, evitándose la contaminación de dichas excretas con plumas o cualquier otro tipo de partícula. Se depositaron en el recipiente plástico con protector previamente identificado, se llevaron al laboratorio en donde se deshidrataron, molieron y se procedió a realizar los análisis correspondientes.

4.3 Variables estudiadas

En los ingredientes se determinó lo siguiente:

1. Cantidad consumida (g/tratamiento).
2. Concentración de la Energía Bruta (Kcal/Kg).
3. Costo por unidad de nutriente (Mega calorías de EMV).

En las heces se determinó lo siguiente:

1. Cantidad excretada (g de materia seca/tratamiento)
2. Concentración de Energía Bruta (Kcal/Kg)

4.3.1 Análisis Bromatológico

4.3.1.1 Calorimetría

Se tomaron muestras de las materias primas bajo estudio, de las excretas de las aves alimentadas y de las excretas de las aves sin alimentar (tratamientos control), las cuales fueron sometidas a combustión para obtener el valor de la Energía Bruta, esto se realizó por medio del Calorímetro adiabático.

4.3.1.2 Químico proximal

A las materias primas evaluadas se les realizó el análisis químico proximal, obteniendo las proporciones de materia seca (MS) mediante desecación, extracto etéreo (EE) mediante Goldfish, fibra cruda (FC) por digestión, cenizas por incineración, proteína cruda (PC) Kjeldahl y extracto libre de nitrógeno (ELN) por diferencia.

4.3.2 Determinación de la Energía Metabolizable Verdadera

Este valor se determinó aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{EMV (Kcal/Kg)} = \frac{(\text{Fj} \times \text{Ebf}) - (\text{Yf} - \text{Ye})}{\text{Fj}}$$

En donde:

Fj= Cantidad de alimento ofrecido (Kg).

Ebf= Energía bruta del alimento (Kcal./Kg).

Yf= Energía excretada por el ave alimentada (Kcal).

Ye= Energía excretada por el ave sin alimento (Kcal)

4.3.3 Estimación Económica:

El costo por unidad de nutriente se determinó de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Costo del ingrediente/Kg}}{\text{Mcal EMV/Kg}}$$

Conocido el precio de los ingredientes, se dividió por las Mega calorías de Energía Metabolizable Verdadera obtenidas al aplicar la fórmula correspondiente para cada ingrediente.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis bromatológico

En el cuadro No. 3 se presentan los resultados del análisis químico proximal para cada uno de los alimentos evaluados.

CUADRO 3. Análisis químico proximal de los ingredientes evaluados.

NUTRIENTE %	RECHAZO DE HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO	MAÍZ AMARILLO MOLIDO	HARINA DE BANANO CON CÁSCARA
HUMEDAD	13.38	11.57	14.89
MATERIA SECA	86.68	88.43	85.11
PROTEINA	8.86	11.57	5.30
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO	79.22	74.75	81.83
CENIZAS	1.42	2.83	6.12
EXTRACTO ETereo	7.88	6.82	2.13
FIBRA CRUDA	2.61	4.13	4.63

Como se puede observar, la harina de banano con cáscara presentó un mayor porcentaje de Fibra Cruda y menor concentración proteica. Probablemente esto aunado a la calidad de la fibra que afecta la digestibilidad, podría explicar los bajos consumos reportados en diferentes investigaciones realizadas con este material. (Bressani et al 1961).

El rechazo de harina de maíz nixtamalizado presenta un porcentaje mucho mas bajo de Fibra Cruda comparado con los otros dos ingredientes, debido que a este ingrediente durante el proceso de nixtamalización se le elimina la cáscara.

Según Docuagro (2002), las proteínas constituyen el segundo componente en orden de importancia en la composición química del maíz amarillo, este contenido puede oscilar entre 8-11%.

Rodenas et al (1999) reportan para el grano de maíz amarillo un contenido de 9.12% de proteína y según los datos presentados en el cuadro No.3 tiene un porcentaje mayor de proteína.

Rodenas et al (1999) reportan una concentración de fibra cruda en el grano de maíz amarillo de 3.97%, así mismo reporta una concentración de cenizas de 1.78%. Como se puede observar en el cuadro No. 3, se encontró valores más altos; Mc.Dowell (1974) y Méndez (1996) indican que dichos contenidos se ven influenciados por factores ambientales.

El extracto libre de nitrógeno es el componente químico principal del grano de maíz amarillo y su concentración varía entre 69-82%, valores que coinciden con el resultado presentado en el cuadro No 3, sin embargo hay estudios que reportan que su composición está determinada genéticamente. (Méndez, 1996 y Docuagro, 2002).

Bressani et al (1961) encontraron que la harina de banano verde con cáscara contiene 9.2 g. de agua, 0.2 g, de grasa, 3.9 g, de fibra cruda, 4.0 g, de proteína y 5.4 g, de ceniza por cada 100 gramos.

CUADRO 4. Valores de energía metabolizable verdadera determinadas en los ingredientes bajo estudio.

INGREDIENTES	ENERGÍA METABOLIZABLE VERDADERA (Kcal/kg)
RECHAZO DE HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO	4,088
MAÍZ AMARILLO MOLIDO	3,478
HARINA DE BANANO CON CÁSCARA	3,335

En la cuadro No. 4 se puede observar que la harina de banano verde con cáscara no presenta ninguna limitante como fuente energética para aves ya que presentó valores de Energía metabolizable verdadera similares a la energía metabolizable de los otros dos ingredientes.

El mayor contenido energético del maíz amarillo molido y del rechazo de harina de maíz nixtamalizado puede ser atribuido al mayor contenido de grasa, 7% y 8% respectivamente.

Existen pocas limitaciones en el uso del banano como alimento animal, sin embargo, es importante suministrar el banano cuando está verde y los carbohidratos se encuentran en forma de almidón (Preston y Leng, 1990)

Bressani et al (1961) reportan que las harinas de banano no pueden sustituir completamente al maíz ya que conforme la cantidad de harina de banano aumenta, el crecimiento de los pollos y el índice de eficiencia disminuye lo cual indica que la harina de banano solo puede sustituir hasta un 10% del maíz en una ración para pollos y es mejor utilizarlo verde y no maduro.

Estudios anteriores reportan para la energía metabolizable del grano del maíz amarillo un contenido de 2.93, 2.89 y 2.87 Mcal/Kg., datos que son similares al resultado obtenido en este estudio.(Mc.Dowel, 1974; Méndez, 1996 ; Quattrocchi, 1992).

La energía metabolizable del maíz es 86% absorbible, y gran parte de la porción no absorbible esta formada por la fibra de la cascarilla, (Dale, 1992).

El mayor contenido energético del rechazo de harina de maíz nixtamalizado comparado con el maíz amarillo molido puede ser atribuido a que presentó un mayor porcentaje de grasa, y menor fibra ya que no contiene cáscara y el proceso de cocción al que es sometido gelatiniza el almidón, lo cual lo hace más susceptible a la digestión.

5.2 Costo del experimento por materia prima evaluada

CUADRO 5. Determinación del costo de cada ingrediente por unidad de nutriente

INGREDIENTE	COSTO Kg/Ingrediente	CONCENTRACIÓN EMV Kcal/kg	COSTO Kcal EMV
RECHAZO DE HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO	Q. 0.98	4,088	Q. 0.24
MAÍZ AMARILLO MOLIDO	Q. 1.21	3,478	Q. 0.35
HARINA DE BANANO CON CÁSCARA	Q. 16.64	3,335	Q. 4.99

El menor costo de la Kcal de EMV proveniente del rechazo de harina de maíz nixtamalizado es atribuible al tratamiento térmico utilizado para su obtención, aunado a que, como subproducto el costo del ingrediente es menor.

El alto costo de la Kcal de EMV proveniente de la harina de banano verde con cáscara es atribuible al alto contenido de fibra (presente en la cáscara) y bajo contenido de materia seca, aunado a los problemas de digestibilidad provocados por los niveles de taninos presentes, Bressani et al (1961).

VI CONCLUSIONES

1. El Rechazo de harina de maíz nixtamalizado presentó una mayor concentración de Energía Metabolizable Verdadera (4,088 Kcal/Kg) comparado con el maíz (3,478 Kcal/Kg) y la harina de banano con cáscara (3,335 Kcal/Kg).
2. El rechazo de harina de maíz nixtamalizado presentó un menor costo por unidad de Energía metabolizable verdadera ((Q. 0.24) comparado con el maíz (Q. 0.35) y la harina de banano con cáscara (Q. 4.99).

VII RECOMENDACIONES

1. Bajo las condiciones del presente estudio se recomienda la utilización del rechazo de harina de maíz nixtamalizado como fuente energética para aves ya que presentó una mayor concentración de energía metabolizable verdadera y un menor precio por unidad energética.
- 2 Se recomienda realizar un estudio en harina de banano en donde se le pueda dar un procesamiento térmico similar al que se le da al maíz nixtamalizado para aumentar la biodisponibilidad de los almidones que se gelatinizan.

VIII. RESUMEN

Zamora Z., N.J. 2006. Determinación de la energía metabolizable verdadera de varias fuentes de carbohidratos utilizadas para la alimentación de aves. Tesis Lic. Zoot. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 24 p.

Se realizó un estudio para determinar los valores de energía metabolizable verdadera en tres diferentes ingredientes utilizados como fuente de carbohidratos. Los ingredientes utilizados fueron maíz molido, rechazo de harina de maíz nixtamalizado, y harina de banano verde con cáscara.

Se utilizaron 27 gallos de 12 semanas de edad con peso promedio de 2.5 kilogramos, distribuidos en 9 gallos por ingrediente.

Se alimentó de manera forzada a los gallos con 30 gramos de ingrediente, dejando un gallo como control. Inicialmente se adaptó a los animales a las jaulas metabólicas durante dos días. El experimento tuvo una duración de 3 días, de los cuales el primero fue de ayuno, posteriormente se alimentó al animal y al tercer día se recolectaron las excretas para su posterior análisis.

En el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (USAC), se procedió a realizar análisis proximal y de energía bruta del alimento, mientras que a las deyecciones se les determinó únicamente energía bruta mediante la técnica de calorímetro adiabático.

Para el análisis de los resultados se utilizó la fórmula de energía metabolizable verdadera propuesta por Sibbald 1979. Los resultados obtenidos demostraron que el rechazo de harina de maíz nixtamalizado aporta mayor cantidad de energía metabolizable verdadera (4.088 Kcal/Kg), seguido del maíz molido (3478 Kcal/Kg) y finalmente la harina de banano verde con cáscara (3,335 Kcal/Kg). Sin embargo, los tres ingredientes demostraron llenar los requisitos para aves como fuente de energía.

El mayor contenido de energía metabolizable verdadera del rechazo de harina de maíz nixtamalizado, es atribuible al proceso térmico recibido, mientras que la menor digestibilidad de la energía de la harina de banano verde con cáscara puede deberse a la presencia de fibra y taninos en la cáscara.

SUMMARY

In order to determine the True Metabolizable Energy (TME), an assay was conducted for three ingredients used in animal nutrition as a carbohydrate source. The ingredients were: Yellow corn (grounded), nixtamalized corn¹ (rejection) and green banana with peel meal.

27 cockerels of twelve weeks old with 2.5 Kg average weight were distributed in 3 treatments and force fed with 30g of the ingredient; 3 cockerels were used as control. The individuals were first adapted to the metabolic cages conditions for two days, then there was one day of fasting and subsequently three days for feeding and stools collection.

The stools were analyzed for gross energy and Weende components, as well as the feedstuff for gross energy by means of adiabatic calorimeter technique.

The data were analyzed with the TME formula proposed by Sibbald (1,979).

The results demonstrated that, the nixtamalized corn¹ contains a higher content of TME (4,088 Kcal/Kg), followed by Yellow Corn (3,478 Kcal/Kg) and green banana with peel meal (3,335 Kcal/Kg) respectively. However all the ingredients fulfilled the TME requirements for poultry.

There is an advantage for the nixtamalized corn¹ due to the termic treatment involved in its process, as well as there is an disadvantage for the green banana with peel meal attributed to the presence of fiber and tannins in the peel.

¹ Boiled and wet grounded corn seed.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. Banco de Guatemala 2003. Estadísticas de productos agrícolas. Guatemala Departamento de estadísticas económicas. 9 p.
2. Bateman, John V 1970. Manual de métodos analíticos. México, Centro regional de ayuda técnica –Agencia para el desarrollo internacional (AID), 468 p
3. Bondi, AA. 1989. Nutrición animal. Trad. Rafael Sanz Arias. Zaragoza. ES. ACRIBIA. 546 p.
4. Bressani R 1957. Temas nutricionales para el agricultor. I. Composición química del maíz. Guatemala, INCAP 7 p.
5. _____; Aguirre, A. Arroyave, R; Jarquin, R. 1961 (b). La composición química de diversas clases de banano y el uso de harinas de banano en la alimentación de pollos. Turrialba (Cr.) 11 (4): 127-132.
6. Campabadal, C; Navarro Gonzáles, HA, 1994. El papel de los ingredientes en la formulación de alimentos balanceados por computadora. Asociación Americana de la soya (MX) 133: 1-29.
7. _____, 1995(a). Utilización de algunos subproductos energéticos en la alimentación aviar. San José Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones en Nutrición animal. p 6-13.
8. Cañas Ruchaga, R.; Aguilar Gonzáles, C. 1990. Uso de la bioenergética en producción de bovinos. Chile. Pontifica Universidad Católica de Chile. 105 p.
9. Cruz S; JR De la 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento, según sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
10. Dale, N. 1992. Probioticos y enzimas para aves. Asociación Americana de la Soya
11. México p 2-3.
12. Docuagro. 2002. Composición química y valor nutritivo del maíz (en línea) Consultado 24 oct. 2005. Disponible <http://www.merkasi.com/docuagro/CICLO6.htm>
13. Groote, G De. 1975. A comparison of a new Net Energy system with the Metabolizable Energy system en Broiler diet formulation, performance and Profitability S.I. National Renderers Association. No. 125. s.p.

14. Jugenheimer, RW. 1974. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. México, Noriega. p 254-301.
15. Lopez Cordón, MG. 1987. Determinación de la Energía Metabolizable Verdadera y Valor nutritivo de la semilla de amaranto (*Amaranthus cruentus*), en pollos de engorde. Tesis Lic. Zoot Universidad de San Carlos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 38 p.
16. Lopez de Vettorazzi, M. 1984. Determinación de la Energía Metabolizable Verdadera y Valor Nutritivo de la almendra de semilla de hule (*Hebrea brasiliensis*) en pollos de engorde. Tesis Lic. Zoot. Universidad de San Carlos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 43 p.
17. Maynard. LA. 1989. Nutrición animal. 7 ed. México, Mc Graw Hill. 640 p.
18. Mc-Dowell, LR. 1974. Latin American Tables of feed composition. Gainesville, Florida. University of Florida. 509 p.
19. Méndez, H. 1996. Valor nutritivo de los alimentos de Centroamérica. Guatemala, INCAP. 98 p.
20. National Research Council. 1994 Nutrient requirement for poultry. National Academy Press. 9 ed. Washington, DC. 98 p.
21. Preston, T; Leng, R. 1990. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. 2 ed. Colombia, s.e. 312 p.
22. Quattrocchi, O. 1992. Introducción a la HPLC, aplicación y práctica. Argentina, Artes gráficas Farro. 407 p.
23. Rodenas A. MA et al 1999. Tablas de valor nutricional de alimentos para animales en Guatemala. Guatemala, Dirección general de Investigación. 158 p.
24. Raíces, tubérculos, plátanos y bananas en la nutrición humana. 1991. Roma, FAO. No. 24. p 40-109.
25. Sibbald, IR. 1979. A new technique for estimating the ME contents of feed for poultry in proceeding of standarization of analytical methodology for feeds. Canada. p 38-43.
26. _____. 1993. Comparison of bioavailable energy values of diets measured with poultry and swine. Animal Feed Science and Technology.

X. ANEXOS

ANEXO 1. Valores de energía bruta determinadas en los ingredientes bajo estudio

INGREDIENTE	CANTIDAD CONSUMIDA*	ENERGÍA BRUTA (Kcal/Kg)
RECHAZO DE HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO	240 g	4109
MAÍZ AMARILLO MOLIDO	240 g	3753
HARINA DE BANANO CON CÁSCARA	240 g	3527

*30 g del ingrediente se introdujo a cada una de las 8 aves alimentadas por tratamiento, dando un total de 240 g por tratamiento.

ANEXO 2. Cantidad de deyecciones y energía bruta de las deyecciones en los diferentes ingredientes

TRATAMIENTO	CANTIDAD EXCRETADA*	ENERGIA BRUTA EXCRETADA Kcal/Kg
RECHAZO DE HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO	92.63 g	2927
MAÍZ AMARILLO MOLIDO	120 g	3688
HARINA DE BANANO CON CÁSCARA	75.78 g	3439
TRATAMIENTO CONTROL**	47.63 g	2864

* Peso de las deyecciones por cada tratamiento expresado en gramos.

**Aves en ayuno.

ANEXO 3. Costo del experimento por materia prima a evaluar

<u>MATERIAL</u>	<u>COSTO UNIDAD</u>	<u>COSTO TOTAL</u>
9 Jaulas (material y mano de obra)	Q. 15.00 c/u	Q. 135.00
9 Bandejas plásticas	Q. 6.00 c/u	Q. 54.00
1 Sonda (embudo y jeringa con embolo)		Q. 23.00
18 Recipientes (agua y alimento)	Q. 0.04 c/u	
	Q. 0.72	
3 Análisis Calorimétricos (ingrediente, heces ave alimentada y heces del ave sin alimentar)	Q. 99.00 c/u	Q. 297.00
1 Análisis Químico proximal		Q. 217.00
9 Gallos	Q. 30.00 c/u	Q. 270.00

En este análisis de costos no se presenta el precio de las materias primas ni del alimento balanceado para el período de adaptación ya que estos van a depender de cada caso específico.