

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

**COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO DE ESTIMACIÓN  
MATEMÁTICA Y EL MÉTODO DE CALORIMETRÍA PARA  
DETERMINAR EL CONTENIDO ENERGÉTICO DEL  
SUBPRODUCTO DE GALLETA Y DE PANADERÍA PARA LA  
ALIMENTACIÓN DE CERDOS EN DESARROLLO**

***RODRIGO ANTONIO BATRES GRACIAS***

**GUATEMALA, NOVIEMBRE 2004**

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

**COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO DE ESTIMACIÓN  
MATEMÁTICA Y EL MÉTODO DE CALORIMETRÍA PARA  
DETERMINAR EL CONTENIDO ENERGÉTICO DEL  
SUBPRODUCTO DE GALLETA Y DE PANADERÍA PARA LA  
ALIMENTACIÓN DE CERDOS EN DESARROLLO**

**TESIS**

Presentada a la Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
de la Universidad San Carlos de Guatemala

Por

***RODRIGO ANTONIO BATRES GRACIAS***

Al conferírsele el Grado Académico de:

**LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

Guatemala, Noviembre 2004

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

DECANO	Dr. M.V. Mario Llerena Quan
SECRETARIA	Dra. M.V. Beatriz Santizo
VOCAL PRIMERO	Dr. M.V. Yeri Véliz
VOCAL SEGUNDO	Dr. M.V. Fredy González
VOCAL TERCERO	Dr. M.V. Edgar Bailey
VOCAL CUARTO	Br. Estuardo Ruano
VOCAL QUINTO	Br. Daniel Barrios

**ASESORES**

Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas  
Dr. Ricardo Bressani Castignoli  
Lic. Zoot. Luis Corado Cuevas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con lo establecido por los estatutos de la Universidad San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de tesis titulado

**COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO DE ESTIMACIÓN  
MATEMÁTICA Y EL MÉTODO DE CALORIMETRÍA PARA  
DETERMINAR EL CONTENIDO ENERGÉTICO DEL  
SUBPRODUCTO DE GALLETA Y DE PANADERÍA PARA LA  
ALIMENTACIÓN DE CERDOS EN DESARROLLO**

Que fuera aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, como requisito previo a optar el título profesional de

**LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

## DEDICATORIA

- A Dios y a la Virgen María      Por darme la vida y fortaleza cada día.
- A Mis Padres:      Ing. Luis Oswaldo G. Batres Tabarini †  
 Dra. María Ernestina Gracias Rojas de Batres  
 Por haber sido mi ejemplo de amor, fe, sabiduría  
 y honradez.
- A Mis Hermanos:      Regina del Rosario Batres Gracias †  
 César Cáceres de León †  
 Raúl Enrique Batres Gracias  
 María Eugenia Valdés Batres + bebe  
 Paula Cáceres de León  
 Andrea Cáceres de León  
 Por todo su apoyo y amor incondicional.
- A Mi Novia:      Aura Alejandra Ramírez Sarti  
 Por todo tu amor y ayuda.
- A Mis Tíos:      Magali De León de Cáceres  
 Benjamín Cáceres  
 René Cáceres  
 Zoilita de Cáceres  
 María Teresa Cáceres  
 Antonieta Batres

A todos mis amigos en especial: Otto Valvert, Vanesa Orantes, Arleny Gabet, Juan A. Morales, Roxana Martínez, Gerardo Estrada, José A. Martínez, Analfi Fuentes, Raquel López, Christian Orellana, Cristina Mazul, Margarita Pérez, Sofía Rizzo, Xiomara Benfeldt, Julieta de Perdomo, Fam. García Guzmán, Lilian Ramírez y Andrea Ramírez, por haberme acompañado y ayudado en mis proyectos.

## AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen María

A Mis Asesores:                      Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas  
    Dr. Ricardo Bressani Castignoli  
    Lic. Zoot. Luis Corado Cuevas  
    Por todo su apoyo y mucha paciencia.

A mis padrinos de graduación:    Dra. María Ernestina Gracias R. de Batres  
    Dr. Raúl Enrique Batres Gracias  
    Dra. Paula Cáceres de León.

Al Hospital Veterinario especialmente al Dr. Fredy González.

A la Granja Experimental, al Lic. Zoot. Jorge Sinay y al Lic. Zoot. Álvaro Díaz.

Al Lic. Zoot. Wellington Henández por sus sabios consejos.

Al Dr. M.V. Carlos Camey por su ayuda en el análisis estadístico.

Al Dr. Hugo Pérez, revisor final.

Al Dr. Mario Llerena y a la Dra. Beatriz Santizo por su apoyo en mi graduación.

## ÍNDICE

I	INTRODUCCIÓN	1
II	HIPÓTESIS	2
III	OBJETIVOS	3
	3.1 Generales	3
	3.2 Específicos	3
IV	REVISIÓN DE LITERATURA	4
	4.1 Metabolismo Energético	4
	4.2 Energía Bruta (EB)	4
	4.2.1 Energía Bruta Calorimétrica	4
	4.2.2 Energía Bruta Matemática	5
	4.3 Energía Digestible (ED), Nutrientes Digestibles Totales (TND)	5
	4.4 Energía Metabolizable (EM)	6
	4.5 Energía Neta (EN) e Incremento Térmico (IT)	7
	4.6 Evaluación de la Concentración Energética del Alimento	7
	4.7 El subproducto de Galleta y de Panadería	7
V	MATERIALES Y MÉTODOS	9
	5.1 Localización	9
	5.2 Metodología	9
	5.2.1 Jaulas Metabólicas	9
	5.2.2 Manejo de los Animales	9
	5.2.3 Manejo del Alimento	9
	5.2.4 Manejo de Excretas	10
	5.3 Análisis de Laboratorio	10
	5.3.1 Calorimetría	10
	5.3.2 Químico Proximal	10
	5.4 Estimaciones Matemáticas	11
	5.4.1 Cálculo Matemático	11
	5.4.2 Estimación Matemática de Energía Bruta	11
	5.4.3 Determinación de los Valores Energéticos <i>in vivo</i>	11
	5.5 Períodos y Fases de Alimentación	12
	5.6 Diseño Experimental	13

VI	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
	6.1 Análisis Bromatológico de los Subproductos	14
	6.2 Consumo de Alimento y Excretas	16
	6.3 Determinación de Nutrientes Digestibles Totales (%TND)	16
	6.3.1 Digestibilidad Aparente <i>in vivo</i> de los Subproductos	16
	6.3.2 TND <i>in vivo</i>	17
	6.3.3 TND Matemático	18
	6.3.4 Comparación Estadística entre Métodos para TND	18
	6.3 Determinación de Energía Digestible (ED)	19
	6.3.1 Energía Digestible <i>in vivo</i>	19
	6.3.2 Energía Digestible Matemática	19
	6.3.3 Comparación Estadística entre Métodos para ED	19
	6.4 Determinación de Energía Metabolizable (EM)	20
	6.4.1 Energía Metabolizable <i>in vivo</i>	20
	6.4.2 Energía Metabolizable Matemática	20
	6.4.3 Comparación Estadística entre Métodos para EM	20
	6.5 Determinación de la Energía Bruta	21
	6.5.1 Energía Bruta Calorimétrica	21
	6.5.2 Energía Bruta Matemática	21
	6.5.3 Comparación Estadística entre Métodos para EB	22
	6.6 Comparación Nutricional de los Subproductos Evaluados	22
VII	CONCLUSIONES	24
VIII	RECOMENDACIONES	25
IX	RESUMEN	26
	SUMMSAY	27
X	BIBLIOGRAFÍA	28
XI	ANEXOS	30

## I INTRODUCCIÓN

La eficiencia de un alimento balanceado depende de la concentración adecuada de los nutrientes necesarios para el crecimiento y producción de los animales.

Para estimar el aporte energético de los alimentos, los nutricionistas utilizan varios métodos, muchos de los cuales se basan en ecuaciones matemáticas elaboradas en otros países que únicamente toman en cuenta los análisis realizados a la materia prima.

En el presente trabajo se realizó una comparación entre los métodos para estimar el contenido energético de los alimentos, para determinar su funcionalidad en subproductos de galleta y de panadería.

En muchos países se utilizan desperdicios de la industria panificadora y galletera en la alimentación animal, estos son clasificados como subproductos misceláneos, ya que varían mucho en su composición e identificación en cada región.

La importancia de la utilización de dichos productos de desperdicio radica en su bajo costo aunque sean distribuidos por intermediarios que los compran a empresas panificadoras para venderlos o formular alimentos balanceados. En las plantas de concentrados se ofrecen en forma molida, llamada así harina de galleta o de panadería.

La problemática de su utilización radica en que no se realiza un balanceo adecuado en la formulación de raciones que contengan dichos subproductos, ya que en Guatemala no se han realizado estudios que identifiquen la calidad nutricional de éstos. Los productores se han basado en análisis bromatológicos realizados en otros países donde la formulación del pan y galletas es diferente. En este estudio se establecieron datos más confiables del contenido energético y calidad nutricional de algunos subproductos hechos en Guatemala.

## II HIPÓTESIS

- ✓ Existe diferencia en la determinación de Nutrientes Digestibles Totales (TND), Energía Bruta (EB), Energía Digestible (ED) y Energía Metabólica (EM) obtenidos por Estimación Matemática con los obtenidos por Calorimetría.
  
- ✓ Entre los subproductos de galleta y de panadería no existen diferencias de calidad nutricional *in vivo* en términos de Nutrientes Digestibles Totales (TND), Energía Bruta (EB), Energía Digestible (ED) y Energía Metabólica (EM).

### III OBJETIVOS

#### 3.1 Generales:

- ✓ Generar información bromatológica de materias primas no tradicionales para la alimentación de cerdos en Guatemala.
- ✓ Comparar los métodos utilizados para determinar el contenido energético de los alimentos.

#### 3.2 Específicos:

- ✓ Comparar los valores de Nutrientes Digestibles Totales (TND), Energía Bruta (EB), Energía Digestible (ED) y Energía Metabólica (EM) del subproducto de galleta y de panadería, calculados en la estimación matemática, con los obtenidos por una determinación calorimétrica *in vivo*, para cerdos en fase de desarrollo.
- ✓ Comparar las características nutricionales *in vivo* del subproducto de galleta con el de panadería en términos de Nutrientes Digestibles Totales (TND), Energía Bruta (EB), Energía Digestible (ED) y Energía Metabólica (EM) para Guatemala.

## IV REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Metabolismo Energético:

El valor potencial de un alimento para suministrar un determinado nutriente puede conocerse mediante análisis químicos, pero el valor real que tiene para el animal es siempre inferior ya que durante la digestión, absorción y metabolismo se producen pérdidas. Para conocer este valor lo primero que hay que considerar es la porción del alimento que no es absorbida y se excreta en las heces (McDonald, 1975).

La eficiencia en la utilización de la energía es fundamental desde el punto de vista cuantitativo y económico; cubrir las necesidades energéticas de los animales constituye un alto coste ligado a la alimentación de los cerdos. Los animales obtienen energía en la oxidación parcial o total de los carbohidratos, proteínas y grasas ingeridas que son absorbidas de los alimentos, o bien, por la degradación del glucógeno, grasa o proteína almacenada en el organismo, incluso en las fases no productivas, los animales precisan de energía para mantener el funcionamiento del organismo, conservar una temperatura corporal estable y mantener la actividad muscular (respiración, ritmo cardíaco). Los animales domésticos precisan energía adicional para soportar el trabajo de las producciones: crecimiento y cebo, gestación y lactación (Bondi, 1988).

La importancia de la energía en la alimentación animal radica en que a partir del consumo de energía se determina la ración que se debe suministrar, la cual, a su vez, fija el nivel de nutrimentos por kilogramo de la ración (Necesidades Nutritivas, 1973).

### 4.2 Energía Bruta (EB):

La energía bruta 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. La energía total de los alimentos no es completamente utilizable por los animales, debido a las pérdidas energéticas que tiene lugar durante la digestión y el metabolismo (Bondi, 1988).

#### 4.2.1 Energía Bruta Calorimétrica:

La energía bruta se mide en un aparato llamado bomba calorimétrica que, en esencia, consiste en una cámara de metal resistente (la bomba) aislada en el interior de un tanque de agua. La muestra a estudiar se coloca en el interior de la bomba y se inyecta oxígeno a presión. Se mide la temperatura del agua y se quema la muestra mediante electricidad. El calor que produce en la combustión es absorbido por el metal de la bomba que se transmite al agua y cuando se alcanza el equilibrio se mide de nuevo la temperatura del agua. El calor producido se calcula a partir del aumento de temperatura del agua, teniendo en cuenta los pesos y los calores específicos del agua y de la bomba (Bondi, 1988).

#### 4.2.2 Energía Bruta Matemática:

Bateman (1970) menciona que el sistema de Weende (análisis proximal) está diseñado para simular el proceso de la digestión, en cual se simula una

digestión ácida y luego una digestión alcalina del alimento estudiado. Se calcula la proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo (grasas) y extracto libre de nitrógeno (carbohidratos), para luego calcular la energía bruta con una ecuación matemática (ver inciso 5.4.2), donde el contenido de proteína cruda y extracto etéreo son las variables que tienen mayor influencia en el contenido de EB de un alimento (Cañas y Aguilar, 1990).

#### **4.3 Energía Digestible (ED), Nutrientes Digestibles Totales (TND):**

Según McDonald (1975), la determinación de la energía total de un alimento es un dato poco exacto para conocer cuál es en realidad la energía utilizable por el animal ya que no toma en cuenta las pérdidas que tienen lugar durante la digestión y el metabolismo. La energía digestible es la energía del alimento (EB) menos la energía bruta de las heces (EBh), (Bondi, 1988).

El término aparente en este método está indicando que existe una porción de la energía de las heces fecales que no proviene del alimento y consiste en fluidos digestivos y células descamadas de la mucosa intestinal, denominada "Energía Metabólica Fecal" (EMF). Por otra parte, durante el proceso de digestión se liberan productos gaseosos que incluyen gases combustibles producidos en el tracto digestivo durante la fermentación de la ración. Denominaremos esta fracción como "Energía de Gases de Digestión" (EG), (Cañas y Aguilar, 1990).

$$\text{ED aparente} = \text{EB alimento} - \text{EB heces}$$

La ED real corresponde, por lo tanto, a la diferencia entre la energía aparente y estas dos pérdidas de energía que se genera en este proceso. Las pérdidas gaseosas implícitas (EG), por lo general no son consideradas en cerdos para llegar a determinar este valor por ser insignificantes (Maynard, 1993).

$$\text{ED real} = \text{EB alimento} - \text{EB heces} - \text{EMF} - \text{EG}$$

La digestibilidad de un alimento indica entonces, la cantidad de un alimento completo o nutriente en particular del alimento, que no se excreta en las heces, y que por consiguiente, se considera que es utilizable por el animal tras la absorción en el tracto digestivo. La digestibilidad se expresa corrientemente mediante el coeficiente de digestibilidad:

$$\text{Coeficiente de Digestibilidad (\%)} = \frac{\text{Nutriente Ingerido} - \text{Nutriente en Heces}}{\text{Nutriente Ingerido}} \times 100$$

La obtención de la digestibilidad supone la determinación de la cantidad de un alimento o un nutriente en particular, que no se degrada y se absorbe durante su paso por el aparato digestivo. Es una faceta importante de la utilización de los nutrientes (Bondi, 1988).

A principios del siglo XX un equipo de investigadores en Vermont y Wisconsin (EEUU), acuñaron la frase "Nutrientes Digestibles Totales", ("Total Nutrients Digestibility", TND en inglés). Ellos la definieron como la suma de los

valores energéticos de la proteína digestible, grasas y carbohidratos encontrados en una muestra de alimento.

En este sencillo sistema de valoración de alimentos, las necesidades de los animales y el valor de los alimentos para cubrirlas, se expresan sobre la cantidad de material digestible de los alimentos. En dicho sistema el contenido de TND se calcula del modo siguiente:

$$\text{TND (por 100 kg)} = \text{PCD (kg)} + \text{FCD (kg)} + \text{ELND (kg)} + \{2.25 \times \text{EED (kg)}\}$$

(Bondi, 1988)

Donde: PCD = Proteína Cruda Digestible  
 FCD = Fibra Cruda Digestible  
 ELND = Extracto Libre de Nitrógeno Digestible  
 EED = Extracto Etéreo Digestible

El extracto etéreo digestible o grasa bruta digestible se multiplica por 2.25 por el valor energético de la grasa, en relación con los carbohidratos y las proteínas. (Bondi, 1988). Otra forma práctica de expresar el TND es con porcentajes de la siguiente forma:

$$\text{TND \%} = \text{PCD \%} + \text{FCD \%} + \text{ELND \%} + (2.25 \times \text{EED \%})$$

(Maynard, 1993)

#### 4.4 Energía Metabolizable (EM):

El animal sufre posteriores pérdidas de materias que contiene energía como en la orina y, en el caso de los rumiantes, con los gases combustibles (metano) que abandonan el tracto digestivo. La energía de la orina está en las sustancias nitrogenadas, como urea, ácido hipúrico, creatinina y alantoína, y también en algunos compuestos no nitrogenados, como el ácido cítrico y los glucoronatos (McDonald, 1975).

La EM se define como la ED menos la energía perdida en la orina y gases combustibles que abandonan el tracto digestivo (significativo solamente en rumiantes, el metano). La EM representa la porción de energía de los alimentos que queda disponible para los procesos metabólicos del animal (Bondi, 1988).

Entonces podemos definir en una ecuación la EM como la Energía Bruta del alimento menos las pérdidas de energía en gases (EG), energía de las heces (EBh) y energía urinaria (EU), que incluye la porción no utilizada de los nutrientes absorbidos.

$$\text{EM} = \text{EB alimento} - (\text{EBh} + \text{EG} + \text{EU})$$

Las pérdidas de energía por la orina proceden de la excreción de compuestos nitrogenados incompletamente oxidados relacionados con el metabolismo proteico, especialmente urea en los mamíferos. Las pérdidas urinarias son relativamente constantes para cada especie animal y en cerdos alcanza del 2 al 3% de la EB ingerida (Bondi, 1988).

#### 4.5 Energía Neta (EN) e Incremento Térmico (IT):

La energía neta se obtiene a partir de la EM por substracción del incremento térmico, IT, es decir:  $\text{EN} = \text{EM} - \text{IT}$ . El incremento térmico abarca

todos los procesos químicos y físicos ligados a la digestión y el metabolismo. La energía neta es la que el animal utiliza para el mantenimiento del organismo y para la producción (huevos, leche, carne, crías), (Bondi, 1988).

#### **4.6 Evaluación de la Concentración Energética del Alimento:**

Según Hernández (2002) existe una necesidad de conocer la funcionalidad de la fórmula matemática (análisis proximal de Weende) comparada con el análisis calorimétrico; en dicho experimento se llegó a la conclusión que los valores estadísticos muestran diferencias significativas entre los resultados obtenidos a partir del análisis calorimétrico y los obtenidos basándose en la correlación matemática a partir del análisis químico proximal para harinas de maíz (HB-Proticta y HB-83) y heces respectivas.

#### **4.7 El Subproducto de Galleta y de Panadería:**

Los subproductos de galleta y panadería están clasificados dentro del grupo de ingredientes misceláneos; su característica es que poseen una variación nutricional muy grande, dependiendo del nivel de cada componente que lo forma. Los mejores ingredientes misceláneos son aquellos que presentan menor variabilidad en su composición como lo es el de panadería o de galleta los cuales son muy usados actualmente en la alimentación porcina (Campabadal y Navarro, 1996).

Como su nombre lo implica, es un subproducto o desecho que proviene de las panaderías y de la industria galletera, y muchas veces se puede encontrar en cantidades considerables especialmente en áreas urbanas. Desafortunadamente la composición de éste tipo de subproducto puede variar a causa de los diferentes ingredientes crudos utilizados en su fabricación. El alimento puede variar en el contenido de grasa, fibra y cenizas dependiendo de los compuestos utilizados para aumentar el crecimiento de la masa, y algunos tienen características de alto contenido de grasa. Si se utiliza cáscara de soya, el alimento tendría alto contenido de fibra, mientras que cuando se utiliza piedra caliza los niveles de ceniza y calcio serán elevados. La EM aparente será obviamente reducida mientras se incrementa la fibra y/o las cenizas (Leeson y Summers, 1997).

El control de calidad necesariamente debe incluir el monitoreo del contenido de fibra, cenizas y sal. El subproducto de galleta puede contener alto contenido de sodio a causa de la sal contenida en galletas saladas.

Los subproductos de panadería y de galleta son ingredientes extremadamente valiosos de la alimentación de monogástricos. Debido a que virtualmente todos los componentes son de alta calidad, pues fueron pensados para consumo humano, la digestibilidad debe ser alta. Sin embargo, la política de algunos productores para agregar cantidades extensas de ingredientes de baja calidad y la inclusión ocasional de sustancias tales como subproducto del cacao y de granos, reducen drásticamente la energía metabolizable de este tipo de subproductos.

En un estudio reciente de la Universidad de Georgia se observó un rango en la energía bruta de 2,970 a 4,070 Kcal/Kg para estos subproductos. Al seleccionar a las empresas que proporcionen un fuente de calidad constante y alta

del subproducto de panadería casi no hay límite superior a la calidad de éstos que se puede emplear con éxito en la alimentación animal, sustituyendo maíz u otros granos. Además, otro factor importante a considerar en el subproducto de panadería y de galleta, es la alta palatabilidad (Dale, 1998). Algunos análisis bromatológicos de estos subproductos se muestran en la tabla 1, las comparaciones de éstos análisis con los resultados obtenidos en el presente experimento se puede observar en el inciso 6.1.

**Tabla 1: Análisis bromatológicos de subproductos de galleta y panadería**

<b>Subproducto</b>	<b>Materia seca %</b>	<b>PC %</b>	<b>Grasa %</b>	<b>FC %</b>	<b>Ceniza %</b>	<b>EB Kcal/Kg</b>
<b>Galleta<sup>1</sup></b>	88	8	13	4	3.5	3,780
<b>Galleta<sup>2</sup></b>	89.5	9.2	10.1	1.8	2.8	--
<b>Galleta<sup>3</sup></b>	90	12	11	4	4	--
<b>Panadería<sup>1</sup></b>	87	20	7	10	5	3,300
<b>Panadería<sup>3</sup></b>	68	14	3.2	1	3	--
<b>Panadería<sup>4</sup></b>	97.75	7.09	12.76	3.56	1.94	4,290

<sup>1</sup> Straights Direct (2003), <sup>2</sup> De Blas (2003), <sup>3</sup> Beefmag (2004), <sup>4</sup> Corado (2003).

Además, la importancia de la utilización de dichos productos de desperdicio radica en su bajo costo, ya que su precio puede llegar a ser Q 0.66 por Kg (Q 30.0 / qq) en planta panificadora. Dichos productos son distribuidos por intermediarios que los compran a empresas panificadoras, para venderlos o formular alimentos concentrados. En las plantas de concentrados se ofrecen a los productores en forma molida por un valor de Q 1.79 por Kg (Q 81.5 / qq) para el subproducto de galleta y de Q 1.00 por Kg (Q 45.0 / qq) para el subproducto de panadería, en comparación con el precio del alimento concentrado que oscila entre Q 1.84 a 2.48 por Kg (Q 84.00 a 113.00 / qq).

## V MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización:

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Hospital Veterinario y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la cual se encuentra dentro de la zona de vida "Bosque Húmedo Subtropical Templado" a una altura de 1,551.5 msnm., con una temperatura media anual de 20° a 26° centígrados y una precipitación pluvial que oscila entre 1,100 a 1,345 mm/año (Cruz De la, 1982).

### 5.2 Metodología:

#### 5.2.1 Jaulas Metabólicas:

Se utilizaron jaulas metabólicas las cuales proveen de confinamiento total a los cerdos, usando 6 jaulas de metal con medidas de 0.50 m de ancho, 1 m de largo y 0.75 m de alto (siendo 0.375 m<sup>3</sup>), con piso de reja metálica y elevado a 0.45 m del suelo, cada una con su comedero y bebedero individual. Las jaulas fueron colocadas en un área bajo techo con buena ventilación y aisladas del medio ambiente para evitar la influencia de factores que pudieran afectar el experimento además poseían dispositivos especiales para la recolección de heces y orina, que evitaron que dichas excretas se mezclaran entre sí y con el agua del bebedero.

#### 5.2.2 Manejo de los Animales:

Para el estudio se utilizaron 6 cerdos en etapa de desarrollo de 2 a 2.5 meses de edad, con un peso promedio de 35 Kg. Hernández (2002), indica que previo a ingresar los cerdos al experimento deben ser evaluados en los primeros días en una fase de adaptación al medio para determinar si serán aptos en cuanto a conducta para las condiciones del experimento (restricción de alimento, confinamiento total y poca movilidad). Antes de ingresar al área experimental los animales fueron desparasitados y se verificó que tuvieran buena salud.

Además Hernández 2002, indica que un aspecto clave para minimizar el estrés de estos animales es la restricción total del ingreso de personas ajenas al área experimental durante las fases de adaptación y evaluación.

#### 5.2.3 Manejo del Alimento:

Se utilizó el subproducto de galleta 50-50, que contenía 50% de galleta dulce y 50% de galleta salada; y subproducto de panadería el cual estaba formado en un 100% de pan desabrido, pan francés y pirujo.

La distribución de los subproductos fue realizada mediante el método de sobre-cambio, para minimizar el error experimental, alternándolos en dos períodos. En cuanto al consumo de alimento se suministró acorde al 68% del gasto energético basal de los cerdos y ajustando la dieta a un punto donde los animales soportaran la restricción de alimento, sin exceso de estrés, siendo 1500 y 1600 g/animal/día, para cada período respectivamente. La ración se suministró

dos veces al día en dos porciones del 50% cada una, a las 7:00 am y a las 3:00 pm. El alimento que no era consumido fue pesado para descontarlo de la ración. Durante todo el experimento se proporciono agua fresca *ad libitum*

#### **5.2.4 Manejo de Excretas:**

Debajo del piso de reja metálica se colocaron unas estructuras de tubo de PVC con plástico, con desnivel hacia atrás para recolectar la orina y evitar la contaminación con el agua del bebedero. Se observó la distancia máxima a la que el cerdo macho expulsa la orina de su prepucio para colocar el punto del desnivel. En el extremo distal de la jaula se colocó un recipiente plástico de un diámetro de 40 centímetros y con capacidad de 4 litros, a fin de recolectar en éste la orina de todo un día. A la orina se le añadió 10 ml de ácido sulfúrico al 10% en cada recolector para evitar la volatilización y deterioro biológico de la orina; 24 horas después se realizó la medición del volumen total de orina. Del total recolectado en un día, se tomaron 100 ml de muestra por animal por día para refrigeración y posterior análisis en el laboratorio.

Para la recolección de heces se utilizó un cedazo plástico colocado debajo del piso de la jaula en el área de las patas traseras. Durante el período experimental se hizo la recolección diaria de heces de cada animal, las cuales fueron pesadas en fresco y refrigeradas en su totalidad. Al final del experimento se recolectaron 10 muestras de cada cerdo, 5 de cada tratamiento, las cuales fueron secadas, molidas y homogenizadas para tener una muestra por animal y por período para el análisis de laboratorio. Se utilizó Carmín en la ración como marcador de heces, durante el primer día del experimento y durante el primer día después del período experimental.

### **5.3 Análisis de Laboratorio:**

Los análisis de laboratorio fueron realizados de la siguiente manera:

#### **5.3.1 Calorimetría:**

Se analizaron las muestras de los subproductos evaluados, así como también de heces y orina de cada animal por período, estas fueron sometidas a combustión para obtener el valor de Energía Bruta (EB) de cada una.

Para calcular el contenido energético (EB) de la orina, se desecaron 2 ml de orina en un sustrato de 1 g de almidón de papa, obteniendo el valor de EB por diferencia entre estos componentes (Bateman, 1970).

El equipo que se utilizó es un calorímetro adiabático marca "IKA" serie C-5000, reportando valores de calorías por gramo de muestra ajustada a materia seca, luego se realizó la conversión a kilocalorías por kilogramo (Kcal/Kg) para estandarizar los resultados.

#### **5.3.2 Químico Proximal:**

De la misma manera, se tomaron muestras para hacer el análisis químico proximal a los subproductos y a las heces, obteniendo las proporciones de materia seca (MS) mediante desecación, extracto etéreo (EE) mediante Goldfish, fibra cruda (FC) mediante digestión, cenizas mediante incineración, proteína cruda

(PC) mediante Kjeldahl y extracto libre de nitrógeno (ELN) por diferencia. (Bateman, 1970)

## 5.4 Estimaciones Matemáticas:

### 5.4.1 Cálculo Matemático:

Con los valores resultantes del Análisis Químico Proximal de los dos subproductos se estimó el valor de TND%, ED (Kcal/Kg) y EM (Kcal/Kg) aplicando las siguientes ecuaciones:

$$\text{TND \%} = 8.792 - 4.464 (\text{FC}) + 4.243 (\text{EE}) + 0.866 (\text{ELN}) + 0.338 (\text{PC}) + 0.0005 (\text{FC})^2 + 0.122(\text{EE})^2 + 0.063(\text{FC})(\text{ELN}) - 0.073 (\text{EE})(\text{ELN}) + 0.182 (\text{EE})(\text{PC}) - 0.011 (\text{EE})^2 (\text{PC})$$

(McDowell, 1974)

Donde: TND % = Nutrientes digestibles totales; FC= Fibra cruda; EE= Extracto etéreo; ELN = Extracto libre de nitrógeno; y PC = Proteína cruda.

$$\text{ED (Kcal/Kg)} = \text{TND \%} \times 44.09$$

$$\text{EM (Kcal/Kg)} = (0.96 - 0.00202 \times \text{PC \%}) \times \text{ED}$$

(McDowell, 1974)

Donde: ED = energía digestible y EM = energía metabólica.

### 5.4.2 Estimación Matemática de Energía Bruta:

La energía bruta se estimó con el resultado del análisis químico proximal realizado a los subproductos y heces, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{EB (Kcal/Kg)} = (4 \text{ PC \%} + 9 \text{ EE \%} + 1 \text{ FC \%} + 3.75 \text{ ELN \%}) \times 10$$

(Cañas y Aguilar, 1990)

Donde: EB = energía bruta, PC = proteína cruda, EE = extracto etéreo, FC = fibra cruda y ELN = extracto libre de nitrógeno.

### 5.4.3 Determinación de los Valores Energéticos *in vivo*:

Para obtener los valores *in vivo* de TND%, ED (Kcal/Kg) y EM (Kcal/Kg) se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} \% \text{ Digestibilidad PC} &= (\text{PC alimento} - \text{PC heces} / \text{PC alimento}) \times 100 \\ \% \text{ Digestibilidad EE} &= (\text{EE alimento} - \text{EE heces} / \text{EE alimento}) \times 100 \\ \% \text{ Digestibilidad FC} &= (\text{FC alimento} - \text{FC heces} / \text{FC alimento}) \times 100 \\ \% \text{ Digestibilidad ELN} &= (\text{ELN alimento} - \text{ELN heces} / \text{ELN alimento}) \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PCD} &= \text{PC\% alimento} \times (\% \text{ digestibilidad PC} / 100) \\ \text{EED} &= \text{EE\% alimento} \times (\% \text{ digestibilidad EE} / 100) \\ \text{FCD} &= \text{FC\% alimento} \times (\% \text{ digestibilidad FC} / 100) \\ \text{ELND} &= \text{ELN\% alimento} \times (\% \text{ digestibilidad ELN} / 100) \end{aligned}$$

$$\text{TND \%} = \text{PCD} + (\text{EED} \times 2.25) + \text{FCD} + \text{ELND}$$

(Maynard, 1993)

Donde: PCD = proteína cruda digestible, EED = extracto etéreo digestible, FCD = fibra cruda digestible y ELND = extracto libre de nitrógeno digestible.

$$\text{ED (Kcal/Kg)} = \text{EB alimento} - \text{EB heces}$$

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

(Maynard, 1993)

Donde: ED = energía digestible, EB = energía bruta, EM = energía metabólica, EU = energía urinaria.

### 5.5 Períodos y Fases de alimentación:

El experimento se llevo a cabo en dos períodos (primero y segundo) y cada uno se realizó en tres fases: adaptación, recolección y descanso. Al inicio se efectuó una fase preliminar de adaptación. Dichas fases se describen a continuación:

✚ Preliminar: para seleccionar a los cerdos que sean aptos para el experimento la cual duró 30 días, durante los cuales se preparó y evaluó el funcionamiento de la jaula metabólica, disposición de comederos, bebederos, recolector de orina y heces así como el comportamiento de los animales en dicha jaula. Durante ésta fase los cerdos seleccionados para las condiciones experimentales (restricción de alimento, poca movilidad y confinamiento total) fueron alimentados con concentrado.

✚ Adaptación al 1<sup>er</sup> período, durante éste, se comenzó a ofrecer gradualmente los subproductos a evaluar; a tres cerdos se les dio el de panadería y a los otros tres el de galleta.

✚ Recolección 1<sup>er</sup> período, en éste se agregó el marcador de heces (carmín) y se recolectaron las excretas para el estudio, seleccionando primero solo las heces que presenten coloración roja para luego recogerlas todas.

✚ Descanso 1<sup>er</sup> período, durante éste, se ofreció nuevamente alimento balanceado (agregándole carmín) a libre consumo para recuperar a los cerdos de la dieta restringida. Además se recolectaron al inicio las heces que presentaron coloración marrón (normal) suspendiéndola al aparecer heces rojas, no se hizo la recolección de orina.

✚ Las fases de Adaptación, Recolección y Descanso del 2<sup>do</sup> periodo se realizaron de igual forma que en el 1<sup>er</sup> período pero al inicio de éste se hizo el sobre-cambio de los alimentos experimentales, los cerdos que habían consumido subproducto de panadería ahora se les dio subproducto de galleta y viceversa. Los períodos y fases de alimentación se calendarizaron en la tabla 2.

### 5.6 Análisis Estadístico:

Para el análisis estadístico de la comparación entre métodos (Estimación matemática y Calorimetría *in vivo*), primera hipótesis, se utilizó una prueba de T-Student en las variables TND, EB, ED y EM. Para comparar la calidad nutricional de los dos subproductos (de galleta y de panadería), segunda hipótesis, se utilizó un diseño de cuadro latino en sobre-cambio en las variables *in vivo* TND, EB, ED y EM. Los tratamientos serán subproducto de galleta (tratamiento 1) y subproducto de panadería (tratamiento 2). La unidad experimental será un cerdo. Los gradientes de variación fueron tres cuadrados (de 2 x 2), períodos (2) y cerdos (6).

**Tabla 2: Calendarización de las fases y períodos de alimentación.**

Día	Fase	Período experimental	Ración	Carmín	Recolección	
					Heces	Orina
1-30	Preliminar	-	Balanceada	-	-	-
31-45	Adaptación	-	Balanceada	-	-	-
46-47	Adaptación	1 <sup>er</sup>	Subproducto	-	-	-
48	Adaptación	1 <sup>er</sup>	Subproducto	Si	-	-
49-50	Recolección	1 <sup>er</sup>	Subproducto	-	Rojas	Si
51-52	Recolección	1 <sup>er</sup>	Subproducto	-	Todas	Si
53-66	Descanso	-	Balanceada	Si	No rojas	-
67-68	Adaptación	2 <sup>do</sup>	Subproducto	-	-	-
69	Adaptación	2 <sup>do</sup>	Subproducto	Si	-	-
70-71	Recolección	2 <sup>do</sup>	Subproducto	-	Rojas	Si
72-74	Recolección	2 <sup>do</sup>	Subproducto	-	Todas	Si
75-78	Descanso	-	Balanceada	Si	No rojas	-

## VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Análisis Bromatológico de los Subproductos:

El resultado de los análisis bromatológicos realizados a los subproductos de galleta y de panadería se presenta en la tabla 3, indicando la media y desviación estándar.

**Tabla 3: Composición química proximal de los subproductos evaluados.**

Componentes	<i>Galleta</i>		<i>Panadería</i>	
	<i>media</i>	<i>S</i>	<i>media</i>	<i>S</i>
Materia seca % (MS)	93.09	0.51	93.42	0.31
Humedad %	6.91	0.51	6.58	0.31
Cenizas %	1.98	0.01	2.77	0.03
Extracto etéreo % (EE)	9.01	0.16	4.89	0.20
Fibra Cruda % (FC)	0.71	0.01	1.02	0.02
Proteína cruda % (PC)	7.83	0.04	14.41	0.47
Extracto libre de nitrógeno % (ELN)	80.48	0.16	76.91	0.25
Energía Bruta Kcal/Kg (EB)	4,438.5	2.12	4,287.5	0.71

*S* = desviación estándar.

El contenido de humedad que indica De Blas (2003) para el subproducto de galleta es de 10.5%, mientras que Straights Direct (2003) reporta del 12 al 13% de humedad para ambos subproductos. En evaluaciones realizadas en Guatemala por Corado (2003) se determinó que la humedad del subproducto de panadería era inferior al 3%, en el presente estudio se encontraron valores de 6.9 y 6.6% de humedad para el subproducto de galleta y de panadería respectivamente.

Según De Blas (2003) el producto original de galleta debería tener un contenido bajo de cenizas (< 3%), sin embargo, es frecuente encontrar harinas de galleta con niveles de cenizas superiores al 6%, lo cual no constituye un fraude ya que es frecuente añadir cantidades altas de talco u otros minerales a la harina a fin de facilitar su fluidez y manejo en fábrica. Un nivel alto de cenizas va en detrimento del valor nutritivo, pues actúa como diluyente, por lo que debe ser considerado en cuanto al cálculo de energía. Empresas que trabajan con subproducto de galleta como es Straights Direct (2003) y Beefmag (2004) indican valores de 3.5 y 4% de cenizas, respectivamente, y para el subproducto de panadería éstas empresas reportan valores 5 y 3% de cenizas. Corado (2003) encontró que en Guatemala el subproducto de panadería contenía 1.94% de cenizas, podemos observar que en el presente estudio el contenido de cenizas fue similar en ambos subproductos. Esto nos señala que los subproductos evaluados tienen bajo contenido de minerales (< 3%) lo cual indica que la calidad de éstos tiende a ser superior.

Por otra parte, De Blas (2003) indica que el subproducto de galleta es rico en grasa (8 al 11%), y según Straights Direct (2003) puede tener un 13% de EE; Beefmag (2004) reporta que el subproducto de galleta contiene 11% de grasa, mientras que el contenido de extracto etéreo del subproducto de galleta utilizado en éste experimento presentó una media de 9.01%, el cual es casi el doble del encontrado en el subproducto de panadería (4.89%). Corado (2003), encontró valores altos de grasas en el subproducto de panadería siendo de 12.76%, mientras que el subproducto reportado por Beefmag (2004) tan solo contiene el 3.2%.

En el caso de la fibra cruda según, Straights Direct (2003) y Beefmag (2004), el valor de ésta para la galleta es de 4%, De Blas (2003) ha indicado que el subproducto de galleta contiene 1.8% de FC. Straights Direct (2003) indica que el subproducto de panadería posee 10% de fibra cruda y Beefmag (2004) tan solo el 1%. En Guatemala Corado (2003) encontró que en el subproducto de panadería el valor de la FC fue de 3.56%, En el presente estudio se encontró que el contenido de FC en el subproducto de galleta fue de 0.71% y en el subproducto de panadería 1.02%.

De Blas (2003) señalan que en estos subproductos de galleta el contenido de proteína cruda es bajo 8-11%, pero la disponibilidad de los aminoácidos es elevada. No obstante, un tratamiento térmico de horneado excesivo reduce la digestibilidad, especialmente de la lisina y la cistina

Straights Direct (2003) indica que sus subproductos contienen 8% de PC en el de galleta y 20% en el de panadería. Beefmag (2004) también indica que el contenido de proteína para estos es de 12 y 14%, respectivamente.

Corado (2003) indicó que el subproducto de panadería contenía 7.09% de PC. En los análisis realizados a los subproductos utilizados se encontró que el contenido de PC en la galleta fue inferior (de 7.8%) al encontrado en el de panadería (de 14.4%).

Este tipo de subproductos utilizados como ingredientes en alimentación animal son bastante ricos en carbohidratos de alta calidad (55-62% de almidón más azúcares) por lo que su digestibilidad y palatabilidad son elevadas, característica importante señalada por De Blas (2003). Beefmag (2004) y Straights Direct (2003) indican que los subproductos de galleta contienen 69 y 71% de ELN respectivamente.

Los subproductos de panadería poseen 79 y 58% de ELN indican, Beefmag (2004) y Straights Direct (2003). En análisis realizados a subproductos de panadería guatemaltecas, Corado (2003), encontró que el extracto libre de nitrógeno alcanza un 74%, en el presente estudio se determinó que para dicho valor de ELN el subproducto de panadería presentaba 76.91% y 80.48% en el de galleta.

En el análisis químico proximal se dividen los carbohidratos de la muestra en las fracciones de fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, éste último viene a ser los carbohidratos calculados por diferencia de las porciones de FC, EE, PC y cenizas de la muestra, por esto el ELN no es el resultado de ningún análisis, sino que su valor se refiere solo "a lo que quedó", advierte Maynard, (1993).

Por último, en el análisis bromatológico de los subproductos estudiados se determinó la porción de la energía bruta. Según Straights Direct (2003) el

subproducto de galleta libera 3,780 Kcal/Kg y el de panadería 3,300 Kcal/Kg; en un estudio reciente de la Universidad de Georgia se observó un rango de 2,970 a 4,070 Kcal/Kg para esta clase de subproductos (Dale, 1998). Corado (2003) en Guatemala indica que la EB liberada por el subproducto de panadería es de 4,290 Kcal/Kg, en la calorimetría realizada en el reciente estudio se determinó que el subproducto de panadería contiene 4,287.5 Kcal/Kg y el de galleta 4,438.5 Kcal/Kg, los cuales son similares a lo reportado a nivel nacional.

## 6.2 Consumo de Alimento y Excretas:

El promedio del consumo de alimento y excreción de heces y orina se presenta en la tabla 4.

**Tabla 4: Promedio por período de alimentación, heces y orina**

Variables / Periodo	<i>Galleta</i>		<i>Panadería</i>	
	1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>	1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>
Consumo real MS g/animal/día	1,389	1,464	1,284	1,430
Heces MS g/animal/día	44.3	38.8	52.7	66.5
Orina g/animal/día	5,069	5,949	6,082	5,867

Como se observa, la excreción de heces fue baja en comparación con el alimento consumido, lo cual es un indicador de la alta digestibilidad de los subproductos utilizados.

## 6.3 Determinación de Nutrientes Digestibles Totales (% TND):

### 6.3.1 Digestibilidad Aparente *in vivo* de los Subproductos:

En el presente experimento se logró calcular la digestibilidad aparente *in vivo*, nombrada así porque no se toman en cuenta las descamaciones intestinales, sin embargo, en la práctica no se utiliza la digestibilidad real, que es usada en investigaciones más avanzadas, indica Maynard (1993). Los valores de dicha digestibilidad de cada uno de los componentes del análisis químico proximal se detallan en la tabla 5.

Según los resultados *in vivo* podemos notar que los dos subproductos poseen una alta digestibilidad en casi todos sus componentes, superando al 83% de digestibilidad de PC que reporta De Blas (2003) para el subproducto de galleta.

La digestibilidad de las cenizas no se reporta, pues no tiene valor como indicador del uso de calcio y fósforo pues en las heces se excretan los minerales que se absorbieron, metabolizaron y utilizaron por el organismo, y también aquellos que han escapado a la absorción. (Maynard, 1993)

**Tabla 5: Coeficiente de digestibilidad aparente *in vivo* del subproducto de galleta y de panadería.**

Nutrientes	Coeficiente de digestibilidad %	
	<b><i>Galleta</i></b>	<b><i>Panadería</i></b>
Materia seca	97.0	95.6
Extracto etéreo	94.7	89.6
Fibra cruda	56.1	41.5
Proteína cruda	90.3	90.6
Extracto libre de nitrógeno	98.9	98.1

### 6.3.2 TND *in vivo*:

El TND *in vivo* se calculó a partir del análisis proximal de los subproductos y de las heces, obteniendo primero el coeficiente de digestibilidad *in vivo* (tabla 5) para luego utilizar la fórmula de %TND (ver inciso 4.4.3). Los resultados de la determinación *in vivo* de TND se detallan en la tabla 6.

Se observa que el mayor aporte energético proviene del extracto libre de nitrógeno, debido a que los subproductos (galleta y panadería) contienen carbohidratos solubles y azúcares.

Los valores de TND son elevados ya que todos los nutrientes tiene un alto coeficiente de digestibilidad (tabla 4). En el caso del subproducto de galleta es normal que el porcentaje de TND sea superior al 100% atribuible al factor energético superior del extracto etéreo, y en este subproducto el EE digestible es de 8.53. FAO (2004), indica que el coeficiente de digestibilidad de las grasas y aceites es del 80 al 92%, y el TND de estos para monogástricos es de 180%; en rumiantes puede alcanzar el 207%.

**Tabla 6: Contenido de Nutrientes Digestibles Totales (% TND) determinados por el método *in vivo*.**

Componentes	Nutrientes Digestibles Kg/100Kg	
	<b><i>Galleta</i></b>	<b><i>Panadería</i></b>
Extracto etéreo	8.53*	4.3*
Fibra cruda	0.40	0.42
Proteína cruda	7.08	13.06
Extracto libre de nitrógeno	79.57	75.49
<b>% TND <i>in vivo</i></b>	<b>106.24</b>	<b>98.83</b>

\*La cantidad de extracto etéreo se multiplica por 2.25, factor que corresponde a su valor energético con respecto a la PC, FC y ELN según Bondi (1988).

Beefmag (2004) reporta que el TND del subproducto de galleta es de 90% y en el de panadería 91% debido principalmente a que los ingredientes para panadería y galletas son de alta calidad, pues son dirigidos al consumo humano.

Adicionalmente Guyton (1992), indica que existen varios factores que inhiben el vaciamiento del contenido gástrico, como lo es el grado de distensión del duodeno causado por el volumen del quimo y la irritación de la mucosa duodenal asociada al contenido de fibra del alimento, lo cual reduce la excreción de heces considerablemente y por ende incrementa la digestibilidad en los subproductos utilizados.

### 6.3.3 TND Matemático:

Para calcular el TND matemático se procedió a utilizar la fórmula propuesta por McDowell (1974), utilizando los resultados del análisis químico proximal realizados a los subproductos de galleta y de panadería (ver inciso 4.4.1). El TND matemático para el subproducto de galleta fue de 82.61% y para el subproducto de panadería de 85.89%.

### 6.3.4 Comparación Estadística entre Métodos para TND:

Al realizar la comparación estadística de los valores obtenidos *in vivo* con los obtenidos matemáticamente se obtuvieron los resultados detallados en la tabla 7.

**Tabla 7: Comparación de los métodos *in vivo* vrs. matemático para la determinación de TND**

% TND	Subproductos	
	<i>Galleta</i>	<i>Panadería</i>
<i>In vivo</i>	106.24 a	98.83 a
<b>Matemático</b>	82.61 b	85.89 b

► Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (0.05 sign.)

Se determinó que existe diferencia significativa entre los métodos de determinación de TND para los dos materiales evaluados. Los valores de TND calculados matemáticamente son inferiores a los obtenidos *in vivo*, siendo éstos 22.24 y 13.09% menores, para los subproductos respectivamente. La causa de la diferencia tan marcada entre ambos métodos es difícil de determinar puesto que durante todo el análisis se pueden visualizar algunas limitaciones para este tipo de comparaciones.

Se puede mencionar cierta acumulación de error experimental en el análisis químico proximal, con las limitaciones que se han mencionado en el inciso 5.1, principalmente en lo que refiere al ELN. Tomando en cuenta que el extracto libre de nitrógeno aporta una gran proporción de energía al TND en ambos subproductos (ver tablas 4 y 5) y dicho ELN no es resultado de ningún análisis específico. Hernández (2002) menciona una tendencia similar al encontrar diferencia significativa al comparar el TND matemático con TND *in vivo* y cita a Andrews (1971) quién menciona que la fórmula de TND solo se aplica para

algunos ingredientes, mientras que en otros no funciona, sugiriendo además para confirmar esto, la revisión de cada uno de los ingredientes en cada país para determinar su certeza.

### 6.3 Determinación de Energía Digestible (ED):

#### 6.3.1 Energía Digestible *in vivo*:

Para precisar el valor de la ED *in vivo*, se realizó el balance energético tomando en cuenta la energía bruta del alimento consumido y de las heces excretadas (ver inciso 5.4.3), como se detalla en la tabla 8.

De Blas (2003), al igual que otros autores consultados, muestra valores de ED para cerdos de 3,720 Kcal/Kg para el subproducto de galleta, aún cuando no especifica el método de valoración utilizado.

**Tabla 8: Contenido de Energía Digestible *in vivo* y matemática de los subproductos evaluados.**

ED Kcal/Kg	<i>Galleta</i>	<i>Panadería</i>
<i>In vivo</i>	6,101.01	5,504.04
matemática	3,642.25	3,787.35

#### 6.3.2 Energía Digestible Matemática:

Para establecer la ED con la fórmula matemática propuesta por McDowell (1974), se utilizó el % TND matemático (ver inciso 5.4.1) que proviene del análisis proximal de las muestras del subproducto de galleta y de panadería, obteniendo los valores en la tabla 8.

Los resultados de la ED calculada matemáticamente en este estudio es similar a la reportada por De Blas (2003).

#### 6.3.3 Comparación Estadística entre Métodos para ED:

Al efectuar la comparación estadística de los valores obtenidos matemáticamente con los datos *in vivo* de ED, se detectó diferencia significativa entre ambos en los dos subproductos evaluados (ver tabla 9), debe considerarse que el cálculo matemático de ED proviene del TND matemático, diferencia también mencionada por Hernández (2002).

Jahns citado por Hernández (2002), señala que las fórmulas matemáticas se pueden seguir usando en explotaciones pequeñas, pero que para explotaciones intensivas es poco práctica pues sobreestima los valores energéticos de los alimentos, sin embargo, en éste experimento los valores matemáticos fueron los inferiores.

**Tabla 9: Comparación de los métodos *in vivo* vrs. matemático para la determinación de ED.**

ED Kcal/Kg	Subproductos	
	<i>Galleta</i>	<i>Panadería</i>
<i>in vivo</i>	6,101.01 a	5,504.04 a
matemática	3,642.25 b	3,787.35 b

► Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (0.05 sign.)

#### 6.4 Determinación de Energía Metabolizable (EM):

##### 6.4.1 Energía Metabolizable *in vivo*:

Para determinar el valor de la EM *in vivo* se realizó un balance energético de acuerdo a las fórmulas detalladas en el inciso 5.4.3, y tomando en cuenta la cantidad de orina y de energía contenida en la misma. Los resultados de este análisis se detallan en la tabla 10.

##### 6.4.2 Energía Metabolizable Matemática:

En el calculo por el método matemático de la EM se aplicó la fórmula propuesta por McDowell (1974), ver inciso 5.4.1, obteniendo los valores detallados en la tabla 10.

**Tabla 10: Contenido de Energía Metabolizable *in vivo* y matemática de los subproductos evaluados.**

EM Kcal/Kg	<i>Galleta</i>	<i>Panadería</i>
<i>in vivo</i>	4,697.82	3,478.73
matemática	2,920.55	2,533.15

De Blas (2003), indica que el subproducto de galleta puede proporcionar 3,640 Kcal/Kg de energía metabólica, aún cuando no especifica el método de valoración utilizado.

##### 6.4.3 Comparación Estadística entre Métodos para EM:

Al realizar la comparación estadística de energía metabólica de los datos determinados *in vivo* contra los obtenidos mediante la fórmula matemática, se obtuvo la información que se detalla en la tabla 11.

**Tabla 11: Comparación de los métodos *in vivo* vrs. matemático para la determinación de EM.**

EM Kcal/Kg	Subproductos	
	<i>Galleta</i>	<i>Panadería</i>
<i>in vivo</i>	4,697.82 a	3,478.73 a
matemática	2,920.55 b	2,533.15 b

► Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (0.05 sign.)

Se determinó diferencia significativa entre los métodos de determinación de energía metabolizable (matemático e *in vivo*) en los subproductos de galleta y de panadería evaluados en el presente estudio.

Al comparar ambos métodos, Hernández (2002), concluye que los valores energéticos obtenidos por calorimetría *in vivo* fueron diferentes a los calculados en la estimación matemática en términos de EM para cerdos en desarrollo. Como se explica en el inciso 5.4.1, McDowell (1974) propone una fórmula matemática para estimar la EM de los alimentos la cual tiene como base el TND matemático, y Andrews citado por Hernández (2002), menciona que la fórmula de TND sólo se aplica para algunos ingredientes, mientras que otros no funciona, sugiriendo para confirmar esto, la revisión de cada uno de los ingredientes en cada país para determinar su certeza.

## 6.5 Determinación de la Energía Bruta (EB):

### 6.5.1 Energía Bruta Calorimétrica:

Para medir la energía bruta directa se utilizó un calorímetro como se explica en el inciso 5.3.1, analizando los subproductos de galleta y de panadería y las heces, obteniendo los resultados de la tabla 11.

Corado (2003) en Guatemala indica que la EB liberada por el subproducto de panadería es de 4,290 Kcal/Kg, valor similar al encontrado en el presente experimento.

### 6.5.2 Energía Bruta Matemática:

Para calcular la EB por el método matemático en los subproductos y heces, se aplicó la fórmula descrita en el inciso 5.4.2, y los valores obtenidos se detallan en la tabla 12.

**Tabla 12: Contenido de Energía Bruta calorimétrica y matemática de los subproductos evaluados.**

EB Kcal/Kg	<i>Galleta</i>	<i>Panadería</i>	<i>Heces de galleta</i>	<i>Heces de panadería</i>
<b>Calorimétrica</b>	4,438.50	4,287.50	5,568.47	5,299.87
<b>Matemática</b>	4,141.79	3,900.97	3,548.54	3,336.61

### 6.5.3 Comparación Estadística entre Métodos para EB:

Al realizar el análisis estadístico se detectó diferencia significativa entre la estimación matemática y la calorimetría directa en todas las comparaciones, siendo mayor en las heces de galleta y heces de panadería que en los propios subproductos (galleta y panadería), como se especifica en la tabla 13.

En otro estudio comparativo de métodos de determinación energética, Hernández (2002), concluye que existe diferencia significativa entre ambos métodos y que el método matemático subestima el valor real tanto del alimento como de las heces.

Cañas y Aguilar (1990) señalan que los coeficientes en la ecuación corresponden a los valores de combustión planteados por Atwater y Bryant, indican que el contenido de proteína cruda y extracto etéreo son las variables de mayor influencia en el contenido de EB por gramo de nutriente.

**Tabla 13: Comparación de los métodos calorimétrico vrs. matemático para la determinación de EB.**

EB Kcal/Kg	Muestras			
	<i>Galleta</i>	<i>Panadería</i>	<i>Heces de galleta</i>	<i>Heces de panadería</i>
<b>Calorimétrica</b>	4,438.50 a	4,287.50 a	5,568.47 a	5,299.87 a
<b>Matemática</b>	4,141.79 b	3,900.97 b	3,578.54 b	3,336.61 b

► Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (0.05 sign.)

### 6.6 Comparación Nutricional de los Subproductos Evaluados:

Al comparar los valores energéticos *in vivo* del subproducto de galleta con el de panadería se detectó diferencia significativa entre ambos materiales evaluados en este experimento. Podemos notar, según los datos de la tabla 14, que el subproducto de galleta es superior al de panadería en cuanto a TND, EB, ED y EM.

**Tabla 14: Comparación nutricional del subproducto de galleta vrs. panadería.**

Subproductos	Valores energéticos <i>in vivo</i>			
	% TND <sup>1</sup>	EB Kcal/Kg <sup>2</sup>	ED Kcal/Kg <sup>1</sup>	EM Kcal/Kg <sup>1</sup>
<b>Galleta</b>	106.24 a	4,438.50 a	6,101.01 a	4,697.82 a
<b>Panadería</b>	98.83 b	4,287.50 b	5,504.04 b	3,478.73 b

► Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (0.05 sign.)

<sup>1</sup> Análisis de cuadrado latino en sobre cambio y <sup>2</sup> análisis de T-Student

En el inciso 6.1 se pueden examinar los resultados de los análisis químicos proximales realizados a los dos subproductos evaluados y la comparación de éstos con los citados en la literatura. La diferencia energética principal entre ambos es el contenido de EE, De Blas (2003), Straights Direct (2003) y Beefmag

(2004) indican que el contenido de grasa en el subproducto de galleta está en un rango del 10 al 13% y en el subproducto de panadería es inferior, siendo en éste de 3.2 a 7% de EE. El contenido de extracto etéreo del subproducto de galleta utilizado en éste experimento presentó una media de 9.01% el cual prácticamente duplica al contenido en el subproducto de panadería 4.89%

Según Straights Direct (2003), el subproducto de galleta libera 3,780 Kcal/Kg y el de panadería 3,300 Kcal/Kg, liberando 480 Kcal más el de galleta. En el presente estudio al realizar la calorimetría en ambos subproductos se obtuvieron valores de 4,438 y de 4,287 Kcal/Kg en galleta y panadería, respectivamente, siendo mayor el de galleta por 151 Kcal.

## VII CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó este estudio, se concluye lo siguiente:

1. Los valores energéticos de los subproductos de galleta y de panadería estimados matemáticamente fueron menores a los obtenidos con el método calorimétrico (*in vivo*) en términos de Nutrientes Digestibles Totales (TND), Energía Digestible (ED) y Energía Metabólica (EM) en cerdos en fase de desarrollo.
2. Los valores de Energía Bruta (EB) obtenidos con la fórmula matemática partiendo del análisis químico proximal fueron menores de los valores cuantificados por calorimetría en subproductos de galleta y panadería y en sus heces respectivas.
3. Las fórmulas utilizadas por McDowell (1974) y por Hernández (2002), subestiman el valor energético de los alimentos evaluados en el presente estudio.
4. La calidad nutricional del subproducto de galleta es superior a la del subproducto de panadería en términos de Nutrientes Digestibles Totales (TND), Energía Digestible (ED) y Energía Metabólica (EM) determinados *in vivo* en cerdos en fase de desarrollo en Guatemala.
5. El valor energético del subproducto de galleta es mayor al subproducto de panadería en la variable de Energía Bruta (EB) determinada por calorimetría directa.
6. La cantidad del extracto etéreo (EE) en el subproducto de galleta es superior a la encontrada en el subproducto de panadería, pero éste último posee el doble de proteína cruda (PC). En las otras componentes como humedad, cenizas, fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN) son similares.

## VIII RECOMENDACIONES

1. En subproductos de galleta y de panadería se puede utilizar el método de estimación matemática para predicción del contenido energético, únicamente cuando no exista la posibilidad de realizar el análisis calorimétrico, tomando en cuenta que la energía será subestimada.
2. Evaluar alternativas matemáticas que pudieran resultar más eficientes en la predicción energética para los materiales utilizados en el presente estudio.
3. Utilizar los subproductos de galleta y de panadería como ingredientes energéticos de alta digestibilidad, en la formulación de raciones a criterio personal, seleccionando el que más satisfaga las necesidades del nutricionista (digestibilidad, precio u otros).
4. Comparar los métodos para determinación del contenido energético en cerdos, utilizando nuevos materiales de importancia en nutrición porcina para confirmar los resultados de esta investigación.

## IX RESUMEN

**BATRES, R. 2004.** Comparación entre el método de Estimación Matemática y el método de Calorimetría para determinar el contenido energético del subproducto de galleta y de panadería para la alimentación de cerdos en desarrollo.

**Palabras Clave:** Cerdo, energía, nutrientes digestibles totales, energía digestible *in vivo*, energía metabolizable *in vivo*, calorimetría, digestibilidad, alta digestibilidad, subproducto de galleta, subproducto de panadería.

El presente estudio se realizó con el fin de comparar la funcionalidad del método de estimación matemática propuesto por McDowell (1974) y por Cañas y Aguilar (1990) comparado con la determinación calorimétrica *in vivo*, en las variables de nutrientes digestibles totales (TND), energía bruta (EB), energía digestible (ED) y energía metabolizable EM).

También se compararon las características nutricionales *in vivo* del subproducto de galleta con el de panadería en las variables de nutrientes digestibles totales (TND), energía bruta (EB), energía digestible (ED) y energía metabolizable (EM).

En la variable de TND los valores obtenidos *in vivo* fueron 106.24% para el subproducto de galleta y 98.83% para el subproducto de panadería, y los valores estimados matemáticamente fueron 82.91% y 85.89% respectivamente.

Para la variable de ED los valores calculados *in vivo* fueron 6,101.01 Kcal/Kg en el subproducto de galleta y 5,504.04 Kcal/Kg para el de panadería, los valores estimados por la predicción matemática fueron 3,642.25 Kcal/Kg para el de galleta y 3,787.35 Kcal/Kg para el de panadería

En la determinación de EM *in vivo* el resultado fue 4,697.82 Kcal/Kg en el subproducto de galleta y 3,478.73 Kcal/Kg en el de panadería. En la estimación matemática de EM se obtuvo 2,920.55 Kcal/Kg y 2,533.15 Kcal/Kg en los subproductos respectivamente.

Para el cálculo de energía bruta cuantificada por calorimetría directa el valor obtenido fue 4,438.5 Kcal/Kg en el subproducto de galleta y 4,287.5 Kcal/Kg en el de panadería. En la predicción matemática de EB se encontró 4,141.79 Kcal/Kg el subproducto de galleta y 3,900.97 Kcal/Kg en el de panadería.

Al realizar la comparación estadística entre los métodos para TND se encontró diferencia significativa entre ambos, siendo mayor el valor determinado *in vivo* que el estimado matemáticamente.

Al hacer la comparación entre los métodos de predicción de energía digestible y metabolizable, también se encontró diferencia significativa entre ambos métodos y de forma similar fue mayor la determinación *in vivo*.

Para la variable de energía bruta también se encontró diferencia significativa entre ambos métodos, siendo también mayor el valor de la calorimetría directa.

Finalmente, al comparar los valores nutricionales *in vivo* de los subproductos de galleta y de panadería en las variables de TND, EB, ED y EM se determinó que era superior el subproducto de galleta en todas las variables.

## SUMMARY

**BATRES, R. 2004.** Comparison between the method of Mathematical Estimate and the method of Calorimetric to determine the energy content of the bakery by-product and of bread for the feeding of pigs in development.

**Key Words:** Pigs, energy, total nutrients digestibility, digestible energy *in vivo*, metabolic evaluation *in vivo*, calorimetric, digestibility, high digestibility, bakery by-product, bread by-product.

The present study was carried out with the purpose of comparing the functionality of the method of mathematical estimate proposed by McDowell (1974) and for Cañas and Aguilar (1990) compared with the metabolic evaluation *in vivo*, in the variables of total nutrients digestibility (TND), gross energy (GE), digestible energy (DE) and metabolic energy (ME).

The nutritional characteristics were also compared *in vivo* of the bakery by-product with that of bread in the variables of total nutrients digestibility (TND), gross energy (GE), digestible energy (DE) and metabolic energy (ME).

In the variable of TND the values obtained *in vivo* were 106.24% for the bakery by-product and 98.83% for the bread by-product, and the dear values mathematically were 82.91% and 85.89% respectively.

For the variable of DE the values calculated *in vivo* were 6,101.01 Kcal/Kg in the bakery by-product and 5,504.04 Kcal/Kg for that of bread, the values estimated by the mathematical prediction were 3,642.25 Kcal/Kg for that of bakery and 3,787.35 Kcal/Kg for that of bread.

In the determination of ME *in vivo* the result was 4,697.82 Kcal/Kg in the bakery by-product and 3,478.73 Kcal/Kg in that of bread. In the mathematical estimate of ME it was obtained 2,920.55 Kcal/Kg and 2,533.15 Kcal/Kg respectively in the by-products.

For the calculation of gross energy quantified by direct calorimetric the obtained value it was 4,438.5 Kcal/Kg in the bakery by-product and 4,287.5 Kcal/Kg in that of bread. In the mathematical prediction of GE 4,141.79 Kcal/Kg were the bakery by-product and 3,900.97 Kcal/Kg in that of bread.

When carrying out the statistical comparison among the methods for TND was significant difference between both, being bigger the certain value *in vivo* that the dear one mathematically.

When making the comparison between the methods of prediction of digestible and metabolic energy, it was also between both significant difference methods and in a similar way it was bigger the determination *in vivo*.

For the variable of gross energy it was also between both significant difference methods, being also bigger the value of the direct calorimetric.

Finally, when comparing the nutritional *values in vivo* of the bakery by-products and bread by-products in the variables of TND, GE, DE and ME were determined that it was superior the bakery by-product in all the variables.

## X BIBLIOGRAFÍA

**Bateman, JV.** 1970. Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos. México, Centro regional de ayuda técnica, Agencia para el desarrollo internacional (AID). 468 p.

**Beefmag.** 2004. Typical composition feeds. (en línea) Estados Unidos, Empresa de productos para animales. Consultado 22 sep. 2004 disponible en: [http://www.beef-mag.com/mag/beef\\_typical\\_composition\\_feeds/](http://www.beef-mag.com/mag/beef_typical_composition_feeds/)

**Bondi, AA.** 1988. Nutrición Animal. España, Acribia. 546 p.

**Campabadal, C.; Navarro, H.** 1996. Clasificación de los ingredientes Utilizados en la elaboración de alimentos para animales. México, Asociación Americana de Soya. 21 p.

**Cañas, R.; Aguilar, C.** 1990. Uso de la bioenergética en producción de bovinos. Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile. 105 p.

**Corado, LH.; Rodenas, M.; Sinay, J.** 2003. Tablas de valor nutricional de alimentos para animales en Guatemala, altiplano central y en la cuenca ganadera del nor-oriente. Guatemala, Proyecto de Investigación Científica. FODECYT 65-00. 37 p.

**Cruz, JR. De la.** 1982. Clasificación de Zonas de Vida de Guatemala a Nivel de Reconocimiento, según el Sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.

**Dale, N.** 1998. Poultry Solutions Knowledge Nutrition & Feeding, Feed Ingredients. (en línea) Estados Unidos. Consultado 22 de sep 2004. Disponible en: <http://www.poultrysolutions.com/knowledg/articles/art-3b.htm>

**De Blas, C.; Mateos, G.; Rebollar, PG.** (2003). Tablas FEDNA. (en línea) España. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Consultado 15 de sep 2004. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/tablas.htm>

**FAO.** (2004). 117 Grasas, referencias útiles: 12 y 13. Amich-Gall, J. 1966. Technology of the use of fats in feeds and Animal protein and fats, 1971. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (en línea) Colección FAO. Consultado 5 de oct 2004. Disponible en: [www.fao.org/livestock/agap/frg/afri/espanol/document/tfeed8/Data/489.HTM](http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afri/espanol/document/tfeed8/Data/489.HTM)

**GUYTON, A.** (1992). Tratado de Fisiología Médica. 8 ed. México. Nueva editorial interamericana, S.A. de C.V., división de McGraw-Hill, Inc. 1063 p.

**Hernández, WO.** 2002. Comparación entre dos métodos de determinación de contenido energético (Calorimetría y Estimación Matemática) utilizados en harina de maíz HB-Proticta y HB-83 para alimentación de cerdos en desarrollo. Tesis Lic. Zoot. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 46 p.

**Leeson, S.; Summers, JD.** 1997. Commercial Poultry Nutrition. 2 ed. Canada, Department o Animal & Poultry Science, University of Guelph. s.p.

**Maynard, LA.** 1993. Nutrición Animal. Trad. por Alonso Ortega Said. 7 ed. México, McGraw-Hill. 640 p.

**McDonald, P.; Eduards, RA.; Greebhalgh, JFD.** 1975. Nutrición Animal. 2 ed. Trad. por Aurora Pérez Torromé. España, Editorial Acribia. 462 p.

**McDowell, LR.** 1974. Latin American Tables of Feed Composition. Gainesville, Florida, University of Florida. 509 p.

**Necesidades Nutritivas del Cerdo.** 1973. Argentina, Centro Regional de Ayuda Técnica. 78 p.

**Straights Direct Blends.** 2003. (en línea) Estados Unidos, Empresa de productos para animales. Consultado 20 jul 2003. Disponible en:  
<http://www.straightdirect.com/blends.html>

# XI ANEXOS

ABREVIATURAS IMPORTANTES	
Gall	Subproducto de galleta
Pan	Subproducto de panadería
Cerdo-período	No. de cerdo en el correspondiente período de evaluación
g/a/d	Gramos por animal por día
BF	Base Fresca
MS	Materia Seca
EB	Energía Bruta
EE	Extracto Etéreo
FC	Fibra Cruda
PC	Proteína Cruda
ELN	Extracto Libre de Nitrógeno
Ingesta.	Ingestión
EED	Extracto Etéreo Digestible
FCD	Fibra Cruda Digestible
PC	Proteína Cruda Digestible
ELND	Extracto Libre de Nitrógeno Digestible
TND	Nutrientes Digestibles Totales
ED	Energía Digestible
EM	Energía Metabolizable
EB	Energía Bruta

## MATRIZ DE DATOS

Alimento	# Cerdo-Periodo	# Muestra Bromatológico	Alimento Ofrecido BF g/a/d	Desperdicio BF g/a/total	Desperdicio BF g/a/dia	Consumo Real BF g/a/dia	Consumo Real MS g/a/dia	Orina g/a/d	Orina Nitrógeno %	Orina EB Kcal/kg	Heces BF g/a/total	Heces MS g/a/dia	Heces MS %	Humedad %	Cenizas % MS	EE % MS	FC % MS
Gall	# 2 1P	248a	1500	37.59	8	1492	1389	4509	1.274	263.1	487.1	44.12	45.29	54.71	14.65	16.47	9.04
Gall		248b	1500	37.59	8	1492	1389	4509	1.282	288.8	487.1	42.71	43.84	56.16	15.45	16.76	9.43
Gall	# 3 1P	249a	1500	35.45	7	1493	1390	5939	0.946	259.4	500.1	44.23	44.22	55.78	14.68	14.22	8.53
Gall		249b	1500	35.45	7	1493	1390	5939	0.874	214.8	500.1	43.37	43.36	56.64	14.44	14.41	8.93
Gall	# 6 1P	252a	1500	42.97	9	1491	1388	4759	1.079	289.1	509.2	46.32	45.48	54.52	22.18	13.73	8.15
Gall		252b	1500	42.97	9	1491	1388	4759	0.989	230.8	509.2	45.28	44.46	55.54	23.81	13.95	8.09
Gall	# 1 2P	253a	1600	250.29	50	1550	1443	5398	1.173	282.1	590.8	40.03	33.88	66.12	12.87	21.26	11.12
Gall		253b	1600	250.29	50	1550	1443	5398	1.337	271.9	490.8	33.31	33.93	66.07	13.58	21.37	10.99
Gall	# 4 2P	256a	1600	139.64	28	1572	1463	6818	0.821	257.2	561.6	40.51	36.07	63.93	12.44	16.46	14.97
Gall		256b	1600	139.64	28	1572	1463	6818	0.797	244.5	561.6	39.35	35.03	64.97	13.1	16.66	15.31
Gall	# 5 2P	257a	1600	12.89	3	1597	1487	5632	0.813	224.6	531.3	39.73	37.39	62.61	14.68	16.88	12.68
Gall		257b	1600	12.89	3	1597	1487	5632	0.805	245.8	531.3	40.37	37.99	62.01	20.13	16.54	12.62
Pan	# 1 1P	247a	1500	992.17	198	1302	1216	6362	0.891	179.2	727.1	55.725	38.32	61.68	12.58	14.25	11.79
Pan		247b	1500	992.17	198	1302	1216	6362	0.969	300.7	727.1	55.041	37.85	62.15	12.54	14.26	12.08
Pan	# 4 1P	250a	1500	489.66	98	1402	1310	5342	1.415	357.0	620.6	46.719	37.64	62.36	10.91	8.36	12.13
Pan		250b	1500	489.66	98	1402	1310	5342	1.328	346.9	620.6	44.758	36.06	63.94	11.71	8.58	12.91
Pan	# 5 1P	251a	1500	399.65	80	1420	1327	6541	1.094	241.7	790.3	58.071	36.74	63.26	11.35	12.07	12.14
Pan		251b	1500	399.65	80	1420	1327	6541	1.004	254.3	790.3	56.38	35.67	64.33	12.01	12.07	12.15
Pan	# 2 2P	254a	1600	91.07	18	1582	1478	6238	1.634	383.6	1047.7	72.145	34.43	65.57	11.91	7.90	15.68
Pan		254b	1600	91.07	18	1582	1478	6238	1.634	424.6	1047.7	72.438	34.57	65.43	11.84	7.90	15.86
Pan	# 3 2P	255a	1600	281.79	56	1544	1442	6606	1.235	421.8	1011.2	67.326	33.29	66.71	10.15	12.60	14.61
Pan		255b	1600	281.79	56	1544	1442	6606	1.086	384.2	1011.2	65.849	32.56	67.44	10.26	12.98	15.25
Pan	# 6 2P	258a	1600	665.38	133	1467	1370	4759	1.868	430.0	825.5	60.79	36.82	63.18	11.89	13.77	13.69
Pan		258b	1600	665.38	133	1467	1370	4759	1.884	385.5	825.5	60.724	36.78	63.22	11.74	13.64	13.99

### MATRIZ DE DATOS

Alimento	# Cerdo-Periodo	PC % MS	ELN % MS	EB real Kcal/kg MS	Cenizas g	EE g	FC g	PC g	ELN g	Ingest. Cenizas g	Ingest. EE g	Ingest. FC g	Ingest. PC g	Ingest. ELN g	Digestibilidad % EE	Digestibilidad % FC	Digestibilidad % PC
Gall	# 2 1P	25.53	34.31	5751.3	6.46	7.27	3.99	11.26	15.14	27.51	125.18	9.86	108.79	1118.15	94.19	59.57	89.65
Gall		26.45	31.91	5954.5	6.60	7.16	4.03	11.30	13.63	27.51	125.18	9.86	108.79	1118.15	94.28	59.17	89.62
Gall	# 3 1P	25.72	36.85	5782.5	6.49	6.29	3.77	11.38	16.30	27.52	125.22	9.87	108.82	1118.47	94.98	61.77	89.55
Gall		26.37	35.85	5887.1	6.26	6.25	3.87	11.44	15.55	27.52	125.22	9.87	108.82	1118.47	95.01	60.75	89.49
Gall	# 6 1P	21.36	34.58	5282.4	10.27	6.36	3.77	9.89	16.02	27.49	125.09	9.86	108.71	1117.34	94.92	61.71	90.90
Gall		21.3	32.85	5369.0	10.78	6.32	3.66	9.64	14.87	27.49	125.09	9.86	108.71	1117.34	94.95	62.84	91.13
Gall	# 1 2P	27.17	27.58	5540.7	5.15	8.51	4.45	10.88	11.04	28.57	130.00	10.24	112.97	1161.20	93.45	56.54	90.37
Gall		27.26	26.8	5476.4	4.52	7.12	3.66	9.08	8.93	28.57	130.00	10.24	112.97	1161.20	94.53	64.27	91.96
Gall	# 4 2P	27.07	29.06	5382.6	5.04	6.67	6.06	10.97	11.77	28.98	131.86	10.39	114.59	1177.78	94.94	41.63	90.43
Gall		27.7	27.23	5537.8	5.15	6.55	6.02	10.90	10.71	28.98	131.86	10.39	114.59	1177.78	95.03	42.03	90.49
Gall	# 5 2P	28.15	27.61	5474.3	5.83	6.71	5.04	11.18	10.97	29.44	133.98	10.56	116.44	1196.77	94.99	52.28	90.39
Gall		27.78	22.93	5383.1	8.13	6.68	5.09	11.21	9.26	29.44	133.98	10.56	116.44	1196.77	95.02	51.75	90.37
Pan	# 1 1P	32.59	28.79	5315.8	7.01	7.94	6.57	18.16	16.04	33.68	59.46	12.40	175.21	935.17	86.64	47.03	89.64
Pan		33.65	27.47	5380.3	6.90	7.85	6.65	18.52	15.12	33.68	59.46	12.40	175.21	935.17	86.80	46.39	89.43
Pan	# 4 1P	35.58	33.02	5479.3	5.10	3.91	5.67	16.62	15.43	36.28	64.05	13.36	188.74	1007.38	93.90	57.58	91.19
Pan		35.73	31.07	5738.3	5.24	3.84	5.78	15.99	13.91	36.28	64.05	13.36	188.74	1007.38	94.00	56.75	91.53
Pan	# 5 1P	33.53	30.91	5255.1	6.59	7.01	7.05	19.47	17.95	36.75	64.87	13.53	191.17	1020.31	89.20	47.90	89.81
Pan		34.37	29.40	5520.0	6.77	6.81	6.85	19.38	16.58	36.75	64.87	13.53	191.17	1020.31	89.51	49.38	89.86
Pan	# 2 2P	28.04	36.47	5071.7	8.59	5.70	11.31	20.23	26.31	40.93	72.26	15.07	212.94	1136.50	92.11	24.95	90.50
Pan		28.20	36.20	4705.0	8.58	5.72	11.49	20.43	26.22	40.93	72.26	15.07	212.94	1136.50	92.08	23.78	90.41
Pan	# 3 2P	29.47	33.17	5234.5	6.83	8.48	9.84	19.84	22.33	39.95	70.52	14.71	207.80	1109.10	87.97	33.13	90.45
Pan		30.29	31.22	5326.0	6.76	8.55	10.04	19.95	20.56	39.95	70.52	14.71	207.80	1109.10	87.88	31.73	90.40
Pan	# 6 2P	25.68	34.97	5260.9	7.23	8.37	8.32	15.61	21.26	37.96	67.01	13.98	197.47	1053.97	87.51	40.46	92.09
Pan		25.53	35.10	5311.6	7.13	8.28	8.50	15.50	21.31	37.96	67.01	13.98	197.47	1053.97	87.64	39.22	92.15

## MATRIZ DE DATOS

Alimento	# Cerdo-Periodo	Digestibilidad % ELN	Digestibilidad % MS	EED %	FCD %	PCD %	ELND %	TND % <i>in vivo</i>	ED <i>in vivo</i> Kcal/kg	EM <i>in vivo</i> Kcal/kg	TND % matematico	ED mate Kcal/kg TND*44.09	EM mate Kcal/kg	EB real Kcal/kg MS	EB mate Mcal/kg
Gall	# 2 1P	98.65	96.82	8.49	0.42	7.02	79.39	105.93	5912.9	4726.6	82.65	3644.0	2919.7	5751.3	3790.1
Gall		98.78	96.93	8.49	0.42	7.02	79.50	106.05	5912.3	4610.3	82.57	3640.5	2921.4	5954.5	3763.0
Gall	# 3 1P	98.54	96.82	8.56	0.44	7.01	79.31	106.01	5912.7	4372.3	82.65	3644.0	2919.7	5782.5	3690.5
Gall		98.61	96.88	8.56	0.43	7.01	79.36	106.06	5913.1	4637.6	82.57	3640.5	2921.4	5887.1	3696.1
Gall	# 6 1P	98.57	96.66	8.55	0.44	7.12	79.33	106.12	5917.5	4541.9	82.65	3644.0	2919.7	5282.4	3386.9
Gall		98.67	96.74	8.56	0.45	7.14	79.41	106.24	5919.1	4820.7	82.57	3640.5	2921.4	5369.0	3339.4
Gall	# 1 2P	99.05	97.23	8.42	0.40	7.08	79.71	106.14	6182.2	4659.6	82.65	3644.0	2919.7	5540.7	4034.5
Gall		99.23	97.69	8.52	0.46	7.20	79.86	106.68	6221.7	4754.1	82.57	3640.5	2921.4	5476.4	4018.7
Gall	# 4 2P	99.00	97.23	8.55	0.30	7.08	79.68	106.30	6277.4	4524.0	82.65	3644.0	2919.7	5382.6	3654.0
Gall		99.09	97.31	8.56	0.30	7.09	79.75	106.40	6277.6	4610.7	82.57	3640.5	2921.4	5537.8	3628.5
Gall	# 5 2P	99.08	97.33	8.56	0.37	7.08	79.74	106.45	6382.7	5117.6	82.65	3644.0	2919.7	5474.3	3680.6
Gall		99.23	97.29	8.56	0.37	7.08	79.86	106.56	6382.9	4998.5	82.57	3640.5	2921.4	5383.1	3459.7
Pan	# 1 1P	98.28	95.42	4.24	0.48	12.92	75.59	98.52	4917.0	3777.2	85.80	3783.4	2556.2	5315.8	3665.7
Pan		98.38	95.47	4.24	0.47	12.89	75.67	98.58	4917.1	3004.1	85.99	3791.3	2510.1	5380.3	3659.5
Pan	# 4 1P	98.47	96.43	4.59	0.59	13.14	75.73	99.79	5359.8	3452.8	85.80	3783.4	2556.2	5479.3	3413.9
Pan		98.62	96.58	4.60	0.58	13.19	75.85	99.96	5359.0	3505.9	85.99	3791.3	2510.1	5738.3	3366.5
Pan	# 5 1P	98.24	95.62	4.36	0.49	12.94	75.56	98.80	5382.8	3801.9	85.80	3783.4	2556.2	5255.1	3586.6
Pan		98.38	95.75	4.38	0.50	12.95	75.66	98.96	5376.7	3713.7	85.99	3791.3	2510.1	5520.0	3563.6
Pan	# 2 2P	97.68	95.12	4.50	0.25	13.04	75.13	98.56	5969.8	3576.9	85.80	3783.4	2556.2	5071.7	3200.2
Pan		97.69	95.10	4.50	0.24	13.03	75.14	98.54	5994.8	3346.2	85.99	3791.3	2510.1	4705.0	3196.5
Pan	# 3 2P	97.99	95.33	4.30	0.34	13.03	75.36	98.41	5830.5	3044.2	85.80	3783.4	2556.2	5234.5	3556.7
Pan		98.15	95.43	4.30	0.32	13.03	75.48	98.50	5832.2	3293.9	85.99	3791.3	2510.1	5326.0	3550.6
Pan	# 6 2P	97.98	95.56	4.28	0.41	13.27	75.36	98.67	5555.8	3509.4	85.80	3783.4	2556.2	5260.9	3577.9
Pan		97.98	95.57	4.29	0.40	13.28	75.35	98.68	5553.1	3718.6	85.99	3791.3	2510.1	5311.6	3565.1

**ANALISIS BROMATOLOGICO DE LOS SUBPRODUCTOS EVALUADOS**

Muestra		MS total %	MSR %	Humedad %	Cenizas %	EE %	FC %	PC %	ELN %	EB Calorimétrica Kcal/Kg	TND % matemático	ED matemática Kcal/kg	EM matemática Kcal/kg	EB matemática Kcal/kg
<b>Galleta</b>	<b>a</b>	92.73	92.73	7.27	1.98	9.07	0.72	7.86	80.36	4440	82.65	3644.0	2919.7	4144.3
	<b>b</b>	93.45	93.45	6.55	1.97	8.95	0.70	7.80	80.59	4437	82.57	3640.5	2921.4	4139.2
<b>Prom</b>			<b>93.09</b>	<b>6.91</b>	<b>1.98</b>	<b>9.01</b>	<b>0.71</b>	<b>7.83</b>	<b>80.48</b>	<b>4438.5</b>	<b>82.61</b>	<b>3642.2</b>	<b>2920.5</b>	<b>4141.8</b>
<b>Panadería</b>	<b>a</b>	93.20	93.20	6.80	2.77	5.03	1.03	14.08	77.09	4287	85.81	3783.4	2556.2	3906.9
	<b>b</b>	93.64	93.64	6.36	2.77	4.75	1.00	14.75	76.73	4288	85.99	3791.3	2510.2	3895.0
<b>Prom</b>			<b>93.42</b>	<b>6.58</b>	<b>2.77</b>	<b>4.89</b>	<b>1.02</b>	<b>14.41</b>	<b>76.91</b>	<b>4287.5</b>	<b>85.91</b>	<b>3787.6</b>	<b>2533.4</b>	<b>3901.0</b>



## Análisis de SAS

Nota: forma en que se introdujeron los datos al sistema SAS, se hicieron 3 cuadrados latinos de 2 cerdos x 2 períodos, utilizando las repeticiones a y b de los análisis de laboratorio y numerándolas de 1 a 12 para cada período.

```

data rodrigo;
input cuad per cerd trat $ tnd ed em;
cards;
1 1 1 pan 98.52 4917.0 3777.2
1 1 2 pan 98.58 4917.1 3004.1
1 1 3 gall 105.93 5912.9 4726.6
1 1 4 gall 106.05 5912.3 4610.3
2 1 5 gall 106.01 5912.7 4372.3
2 1 6 gall 106.06 5913.1 4637.6
2 1 7 pan 99.79 5359.8 3452.8
2 1 8 pan 99.96 5359.0 3505.9
3 1 9 pan 98.80 5382.8 3801.9
3 1 10 pan 98.96 5376.7 3713.7
3 1 11 gall 106.12 5917.5 4541.9
3 1 12 gall 106.24 5919.1 4820.7
1 2 1 gall 106.14 6182.2 4659.6
1 2 2 gall 106.68 6221.7 4754.1
1 2 3 pan 98.56 5969.8 3576.9
1 2 4 pan 98.54 5994.8 3346.2
2 2 5 pan 98.41 5830.5 3044.2
2 2 6 pan 98.50 5832.2 3293.9
2 2 7 gall 106.30 6277.4 4524.0
2 2 8 gall 106.40 6277.6 4610.7
3 2 9 gall 106.45 6382.7 5117.6
3 2 10 gall 106.56 6382.9 4998.5
3 2 11 pan 98.67 5555.8 3509.4
3 2 12 pan 98.68 5553.1 3718.6
proc glm;
class cuad cerd per trat;
model tnd ed em = cuad per (cuad) cerd (cuad) trat;
means trat/tukey;
run;

```

Rodrigo Antonio Batres Gracias  
Alumno

Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas  
ASESOR PRINCIPAL

Dr. Ricardo Bressani Castignoli  
ASESOR

Lic. Zoot. Luis Corado Cuevas  
ASESOR

IMPRIMASE

X

Dr. Med. Vet. Mario Llerena Quan  
DECANO

