

**ENERGIA METABOLIZABLE APARENTE Y VERDADERA DE MATERIAS  
PRIMAS UTILIZADAS EN RACIONES PARA AVES EN COLOMBIA**

**T E S I S**

**Presentada al Programa de Estudios para Graduados en  
Ciencias Agrarias Universidad Nacional - Instituto  
Colombiano Agropecuario ICA**

**Por**

**CECILIA VILLEGAS LOPEZ**

**Como requisito parcial para optar al título de**


**MAGISTER SCIENTIAE**

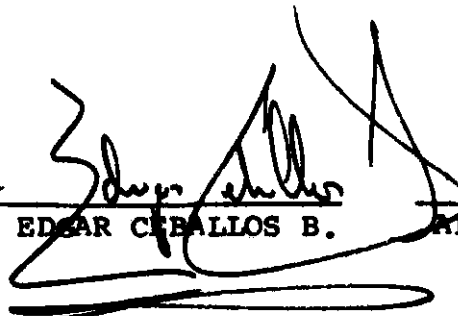
**Bogotá - Colombia  
1979**


TESIS APROBADA POR:

ORLANDO RENDON C., EDGAR CEBALLOS B. y ALBERTO MONCADA B.

Miembros del Comité Consejero escogido  
para orientar guiar e interpretar el  
trabajo de campo los resultados y dis-  
cusión, obtenidos en la realización  
del presente trabajo

  
ORLANDO RENDON C.

  
EDGAR CEBALLOS B.

  
ALBERTO MONCADA B.

" El Presidente de Tesis y el Consejo  
Examinador de Grado, no serán res-  
ponsables de las ideas emitidas por  
el candidato"

( Artículo 217 de los Estatutos de  
la Universidad Nacional )

**D E D I C O :**

**A mis padres**

**A mis hermanos**

**A mi esposo**

## AGRADECIMIENTOS

A los doctores ORLANDO RENDON C. y HECTOR ALVAREZ G.  
por su colaboración, estímulo y acertados consejos.

A los doctores EDGAR CEBALLOS B. y ALBERTO MONCADA B.  
por las sugerencias en la corrección del trabajo.

Al personal de la Sección de Avicultura por su amistad  
y cooperación.

A los funcionarios de los Laboratorios de Nutrición  
Animal y de Insumos Pecuarios por su colaboración.

Por su valiosa ayuda a las siguientes Entidades:

NUTRINAL

PURINA S. A.

INCUBACOL.

## CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
3. MATERIALES Y METODOS	30
3.1. Experimento No. 1	30
3.2. Experimento No. 2	34
3.3. Cálculos	37
3.4. Análisis Estadístico	38
4. RESULTADOS Y DISCUSION	40
4.1. Experimento No. 1	40
4.2. Experimento No. 2	45
4.3. Experimentos No. 1 y No. 2	52
5. CONCLUSIONES	56
6. RESUMEN	58
7. SUMMARY	61
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	63

## LISTA DE TABLAS

	Página
TABLA 1. Análisis proximal de las materias primas	31
TABLA 2. Composición de la dieta basal.	33
TABLA 3. Energía Metabolizable, corregido nitrógeno (E.M.n), de las diez materias primas analizadas.	42
TABLA 4. Energía Metabolizable aparente y verdadera obtenida para las diez materias primas en el experimento No.2.	47
TABLA 5. Energía Metabolizable Verdadera (Kcal/g) de las diez materias primas analizadas	49

## LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. E.M.A. y E.M.V. del aceite de palma y su relación con consumo.	53

## 1. INTRODUCCION

La energía ocupa un lugar importante en la nutrición de cualquier especie animal, ya que todos los procesos vitales de los mismos dependen del potencial de energía, presente en los alimentos.

Para describir el contenido de energía de un alimento pueden ser usados los términos de: energía bruta, digestible, metabolizable o productiva; la energía bruta indica la cantidad total de energía contenida en el alimento, pero al no sustentar la relación de la porción que es aprovechable por el animal, su valor no es de uso práctico en la formulación de raciones; la digestible varía dependiendo de la especie y en aves es difícil su obtención por la separación de heces y orina; y la determinación de energía productiva es laboriosa, en tanto que la de energía neta requiere equipos especializados.

Es así como la metabolizable es el parámetro más usado para medir la contribución calórica de las raciones para aves, ya que es relativamente fácil de determinar y proporciona una buena medida de la energía del alimento que es aprovechable por el ave para varios procesos corporales.

El nivel energético de la ración parece ser un factor determinante en el consumo, a menos que la palatabilidad o calidad de la dieta se altere drásticamente, por ello del conocimiento exacto de la energía metabolizable de la ración, podrían fijarse niveles de aminoácidos, vitaminas y minerales, para garantizar un adecuado balance de nutrientes.

Cuando se calculan raciones para aves, en Colombia, los datos de energía metabolizable, son tomados de tablas extranjeras y el uso indiscriminado de estos valores, pueden ser causa de raciones pobremente balanceadas, por ello es necesario realizar ensayos para evaluar nuestras materias primas y así obtener valores más adaptados y precisos.

El objeto del presente trabajo ha sido comparar dos métodos de determinación de energía metabolizable: el primero haciendo uso del óxido de cromo como sustancia indicadora y corregida para nitrógeno, con el cual son obtenidos valores de energía metabolizable, como su nombre lo indica, corregida para nitrógeno (E.M.n.). El segundo con recolección total de excreta y corrección para pérdidas de energía fecal metabólica y energía urinaria endógena (EFm + EUe), con el cual se obtienen valores de energía metabolizable verdadera (E.M.V.).

## 2. REVISION DE LITERATURA

La energía es la necesidad nutricional más importante de los animales, ya que cerca del 70% de la dieta está constituida por sustancias que se convierten en precursores de energía o en moléculas conservadoras de la misma; además, el 30% restante suministra cofactores que son auxiliares importantes en las transformaciones de energía en el organismo (Rojas, 1974). Es necesario conocer con exactitud los valores de energía de nutrientes purificados y materiales alimenticios crudos, teniendo en cuenta que estos datos de digestibilidad están sujetos, en las aves, a limitaciones de separación química de heces y orina (Hill y Anderson 1958).

Teóricamente la información más exacta sobre la porción de energía que es aprovechable directamente por el organismo animal, corresponde a energía neta, sin embargo, existen muchas limitaciones en los métodos de análisis disponibles, por lo cual las determinaciones son poco precisas y el valor es relativo a la variación ambiental (Buitrago, 1973); Hill y Anderson (1958) afirman que parece posible la existencia de un límite de nivel de consumo, por debajo del cual, la estimación de energía productiva no puede ser exacta, debido a disturbios fisiológicos en el animal, sin embargo, es independiente del nivel de consu-

mo en el rango de 100 a 30% de consumo ad libitum.

Anderson et al (1958); Hill y Anderson (1958) y Matterson et al (1965), están de acuerdo en afirmar que la energía metabolizable es la medida más precisa, para describir la energía contenida en un ingrediente, utilizado en la alimentación de aves, ya que la energía neta para producción está asociada con un amplio grado de variación.

Los valores de energía metabolizable son relativamente constantes, reproducibles en diferentes laboratorios, están poco afectados por el balance nutricional, muestran una alta correlación con el funcionamiento, no están marcadamente influenciados por diferencias genéticas y son relativamente fáciles de determinar (Matterson et al 1965); pero para ser confiables estos valores en un ingrediente particular, deben ser independientes de otros componentes de la dieta y no variar con el tipo ó edad del ave, a la cual se ofrece el alimento (Sibbald et al 1960; Vohra, 1966).

Varios métodos indirectos han sido desarrollados para medir energía metabolizable (Sibbald, 1975), los dividió en físicos, químicos y biológicos. Los físicos, toman como parámetros propiedades físicas de los ingredientes, por ejemplo densidad, estos han sido inaceptables. Los químicos, son atraen-

tes por cuanto evitan muchos de los problemas de los métodos directos y están basados en el porcentaje de nutrientes de un ingrediente. Las ecuaciones para predecir energía metabolizable, pueden ser inexactas porque consideran los coeficientes de digestibilidad constantes y toman en cuenta sólo los factores que contribuyen a la energía, pero no los factores negativos como es el caso de la fibra bruta. En esto están de acuerdo Guirguis (1975) y Sibbald et al (1963), quienes anotan que la inexactitud está en que en ellos se asume que todas las proteínas, extractos etéreos, almidones y azúcares, tienen el mismo contenido de energía metabolizable bajo todas las condiciones de alimentación. Vohra (1966), dice que los valores de energía metabolizable calculados de la composición química, pueden proveer alguna información de aproximada exactitud, para alimentos como cereales o algunas fuentes proteícas, pero en alimentos que tienen poca digestibilidad, tal como la harina de plumas, dá valores extremadamente altos e inexactos. Han et al (1976), obtuvieron valores de energía metabolizable a partir del metabolismo aparente de la materia seca de los alimentos, pero estos fueron muy variables. Presentan ecuaciones de regresión para alimentos ricos en carbohidratos, en proteínas ó en lípidos, que pueden ser útiles donde no es posible la calorimetría.

Los métodos biológicos son los que involucran una respuesta biológica. Los ensayos con pollos en crecimiento tienen limitada aplicabilidad (Sibbald, 1975). Es así como Isaza (1973), empleó la técnica desarrollada por Squibb, para calcular valores de energía metabolizable de materias primas colombianas, concluyendo que es un método fácil, de bajo costo, que no requiere análisis de laboratorio, ni correcciones, ni cálculos, pero que sólo puede ser empleado en ingredientes que puedan ser utilizados en las dietas a un nivel no inferior al 10%.

Los métodos directos involucran la determinación real del contenido de energía del alimento y de la excreta, lo cual puede hacerse por recolección total de excreta y pesaje de alimento consumido ó por el uso de indicadores (Carew, 1973). Un método para simplificar la medición total de alimento y excreta, es cuando se incorpora en la dieta una cantidad conocida de una materia indicadora completamente indigestible (Dansky y Hill, 1952). Como sustancias indicadoras, metabólicamente inertes, se han usado principalmente óxido férrico, sulfato de bario y óxido de cromo que es el más empleado (Vohra, 1966). El óxido de cromo es usado en ensayos de energía metabolizable, porque es recobrado cuantitativamente en la excreta y la concentración relativa de este en alimento y excreta, proporciona

una base exacta para establecer la cantidad de excreta obtenida, por unidad de alimento ingerido (Hill et al 1960; Dansky y Hill, 1952).

La confiabilidad de los valores de energía metabolizable, usando sustancias indicadoras ha sido cuestionada por varios investigadores; Carew (1973), anota que se incrementa la necesidad de análisis de laboratorio y equipos sofisticados y puede haber mucha variación en los resultados analíticos. En efecto, encontró grandes diferencias entre laboratorios, variaciones de 37% para el porcentaje de óxido de cromo en la dieta, de 30% para el porcentaje de óxido de cromo en la excreta y de 31% para la relación: % de óxido de cromo en la dieta/% de óxido de cromo en la excreta; concluyendo que se hace necesario la estandarización de un proceso para determinar concentraciones de óxido de cromo. Farrel (1978), dice que la técnica del óxido de cromo, tiene un sin número de desventajas que resultan generalmente en una subestimación del valor de energía metabolizable de un alimento. Sibbald et al (1960), sugieren que el método del cromo, permite obtener datos más precisos del metabolismo de la energía, que el de la recolección total, coincidiendo con Sibbald y Slinger (1963), quienes concluyeron que la recolección total involucra gran cantidad de muestra de ex-

creta, que no es necesaria y puede estar contaminada.

Hill et al (1960), emprendieron un estudio sistemático de valores de energía metabolizable de forrajes y alimentos para pollos, empleando un material de referencia, la glucosa, en una dieta patrón con el glúcido y dietas en las cuales el azúcar era reemplazado parcialmente por un ingrediente de prueba. Usaron como sustancia indicadora el óxido de cromo y las siguientes ecuaciones para calcular energía metabolizable:

$$\frac{E.M.}{g \text{ dieta}} = \frac{E.B.}{g \text{ dieta}} - \frac{E.B. \text{ de excreta}}{g \text{ de dieta}} - 8.22 \times \frac{g \text{ de N retenido}}{g \text{ de dieta}}$$

Donde:

E.B./g. de dieta, es obtenida en la bomba calorimétrica.

$$\frac{E.B. \text{ excreta}}{g \text{ de dieta}} = \frac{E.B.}{g \text{ excreta}} \times \frac{\% \text{ de óxido de cromo en dieta}}{\% \text{ de óxido de cromo en excreta}}$$

$$\frac{gs. \text{ N retenido}}{g \text{ de dieta}} = \frac{N}{g \text{ dieta}} - \frac{N}{g \text{ excreta}} \times \frac{\% \text{ óxido de cromo en dieta}}{\% \text{ óxido de cromo en excreta}}$$

Entonces:

$$E. M. p = 3.64 - \frac{E. M. r - E. M. rp.}{\text{nivel de sustitución}}$$

Siendo:

- E. M. p = Energía metabolizable del material problema en Kcal/g
- E. M. r = Energía metabolizable de la dieta patrón
- E. M. pr = Energía metabolizable de la dieta con el material

de prueba.

3.64 = Energía metabolizable de la glucosa (Kcal/g.)

En 1958, Anderson et al establecieron el valor de energía de la glucosa, para ser empleada como estandar primario, en las determinaciones de energía de ingredientes en dietas para pollos, ya que el valor debe ser conocido exactamente, porque cualquier error en el valor asumido aparecerá en todas las determinaciones de energía. El valor hallado para la energía metabolizable de la glucosa fué 3.64 Kcal/g., aproximadamente 97% de su energía bruta; sin embargo, Sibbald et al (1962), encontraron que cuando se emplea una dieta control y se reemplaza el ingrediente de prueba, por uno tomado como referencia, este tiene que ser puro, de composición constante y así las dietas pueden no ser verdaderamente prácticas o estar imbalanceadas en nutrientes.

Es práctica común corregir los datos de energía metabolizable teniendo en cuenta una base de equilibrio de nitrógeno, ya que es reconocido que el nitrógeno retenido en el cuerpo, si es catabolizado, podría originar productos de excreción que tienen apreciable cantidad de energía (Sibbald y Slinger 1963); y es así como quienes primero aplicaron la corrección de nitrógeno a los valores de energía metabolizable fueron Hill y Ander-

son (1958), aduciendo que no toda la energía bruta de la proteína (de alimento o tejido) puede ser utilizada porque hay pérdidas urinarias y que la cantidad de proteína por gramo de dieta, puede variar de acuerdo a la naturaleza de la dieta, al nivel de alimento ingerido y a la edad y rata de crecimiento del animal, es necesario, por tanto, tener una base común para la expresión de todos los valores de energía metabolizable, a fin de eliminar la influencia variable de retención de nitrógeno; por ello, asumieron que el nitrógeno retenido en el cuerpo, cuando es catabolizado, se excreta como ácido úrico, el cual contiene 8.22 Kcal/g de nitrógeno retenido. Sibbald y Slinger (1962), dice que el valor práctico para corrección de nitrógeno ha sido cuestionado por varios investigadores. El mismo autor y Price en 1975, explica que la corrección de nitrógeno puede reducir la variación de los valores de energía metabolizable, pero esto puede ser debido al método de cálculo y es más aparente que real; además, requiere un trabajo analítico adicional e introduce otra fuente potencial de error, la cual puede ser omitida en ensayos en los cuales se empleen gallos adultos.

Sibbald y Slinger (1962) observaron que las diferencias entre energía metabolizable clásica y corregida son pequeñas y relativamente uniformes y que la correlación entre sus valo-

res era estrecha ( $r= 0.996$ ); por tanto, podría reducirse el trabajo de laboratorio, empleando una ecuación de regresión para corrección de valores, teniendo en cuenta que la cantidad y fuente de proteína de la dieta, tiene un pequeño efecto en la magnitud de la corrección de nitrógeno.

Pollos de dos semanas de edad, parecen ser los adecuados, para ensayos de energía metabolizable, ya que los valores obtenidos con aves más jóvenes pueden ser erróneos, probablemente debido a la absorción de nutrientes de la yema, en la cavidad abdominal; el uso de estas aves está favorecido por varias razones: son aprovechables en gran número a bajo costo, tienden a ser más uniformes que aves más viejas, varias aves pueden ser enjauladas en un mismo compartimiento, los efectos de variación entre aves pueden ser reducidos y estas consumen menos alimento que aves más maduras (Sibbald y Slinger 1962). Renner y Hill (1960), encontraron que la habilidad para metabolizar energía cambia en las primeras semanas de edad de las aves, pero luego permanece constante, Sibbald y Price (1975), sugieren que las aves no requieren más de 24 horas para acostumbrarse al cambio de dieta, pero para algunas dietas será deseable un período de 48 horas, esto es válido para pollitos y gallos adultos.

La investigación de factores que puedan afectar los valores de energía metabolizable, ha generado considerable información concerniente a la técnica de ensayos biológicos (Sibbald y Slinger, 1963); Kyriacos y Daghir (1976), dicen que durante los últimos años, varios investigadores han revelado diferencias en los valores de energía metabolizable entre sexos, razas y especies de aves; en su experimento encontraron un efecto significativo entre la edad y la estación, en cuanto a valores de energía metabolizable se refiere, y que la habilidad de las gallinas para utilizar energía de la pulpa de remolacha (baja en energía y alta en fibra), fué reducida significativamente por la temperatura ambiental; sin embargo, con maíz, harina de maní y semilla de calabaza, las gallinas fueron más hábiles, que los pollitos, para metabolizar energía de estos ingredientes, durante el invierno.

Sibbald et al (1960), aduce que si existen diferencias entre edad, para metabolizar energía de una dieta, estas son pequeñas y pueden ser olvidadas para propósitos prácticos; también Sibbald (1976), explica que la variación de los valores de energía metabolizable, asociados con el tipo de ave, es pequeña, sin embargo, es una causa que debe preocupar, porque los valores obtenidos con pollitos, son usados en la formulación de

dietas para muchas clases de aves. Guirguis (1976), encontró que con hembras se obtuvo mayor energía metabolizable que con machos, para materias primas como el sebo y la harina de pescado.

La variación de los valores de energía metabolizable puede ser debida a diferencias en la composición química entre muestras de cualquier ingrediente, particularmente con harina de carne y harina de pescado; sin embargo de los métodos usados para medir energía metabolizable, puede también resultar una escala de valores para la misma muestra (Farrel, 1978); Vohra (1966), reporta que la presencia de ciertas sustancias comunes en los ingredientes como gosisol, taninos, polisacáridos, etc. afectan marcadamente el contenido de energía metabolizable de la dieta. Kohler y Kuzmicky (1970), observaron variabilidad de valores de energía metabolizable de harina de alfalfa, dependiendo del contenido de ácidos orgánicos y pentosanos y también del contenido de proteína.

Si la calidad de la proteína tiene efecto sobre la utilización de la energía de la ración, es razonable asumir que bajo ciertas condiciones el nivel de proteína puede afectar la utilización de la energía de otros componentes; es así como Sibbald y Slinger (1962), encontraron que la harina de carne

evidenciaba un incremento lineal significativo de energía metabolizable, a medida que se aumentaba su nivel en la dieta. El mismo investigador y colaboradores (1962), reportan que una diferencia notable entre el contenido de proteína de la dieta referencia, en relación a la dieta prueba, tuvo pequeña influencia en los valores de energía metabolizable del material ensayado. Con anterioridad, Sibbald et al (1960), hallaron que la energía metabolizable del maíz es diferente significativamente, dependiendo de la fuente proteica de la dieta basal, esto puede ser explicado en parte por las diferencias en balance de aminoácidos, sugiriendo por lo tanto, que la energía metabolizable de un alimento puede variar, dependiendo de los ingredientes con los cuales se combina, abriendo la posibilidad de que en dietas balanceadas, el contenido de energía metabolizable sea aditivo. Kholer y Kuzmicky (1970), dicen que la no aditividad de los valores de energía metabolizable, es un gran problema porque afecta la validez de la formulación por programación lineal.

La variación de los valores de energía metabolizable de un ingrediente puede ser controlada por la duración del periodo de recolección de excreta, y el número de aves alimentadas, pero la mayor influencia es la relación inversa con el nivel del ingrediente en la dieta (Sibbald y Price 1975); en esto

coincide el mismo autor con sus trabajos de 1960 y 1962, permitiéndose afirmar que la influencia de pequeños errores experimentales en los valores de energía metabolizable de un ingrediente, es mayor a menor nivel de inclusión. Sin embargo, Farrel (1978), afirma que el nivel de inclusión del ingrediente de prueba en la dieta basal es importante porque niveles entre 5-10% requieren más replicaciones que al incluir niveles de 40-50%, para poder así suministrar una estimación confiable del valor de energía metabolizable del ingrediente.

El valor de energía metabolizable de un ingrediente cuando es ofrecido como único alimento al animal, no proporciona un valor absoluto, porque en el caso contrario puede depender de otros componentes de la dieta con la cual es combinado (Cullen et al 1962), en efecto Matterson et al (1958), habían encontrado que la energía metabolizable del maíz amarillo molido fué menor significativamente, cuando fué suministrado sólo, que cuando fué agregado a una dieta control en reemplazo de celulosa.

Guillaume y Summers (1970), observaron que un consumo por debajo del requerimiento, tuvo marcado efecto en valores de energía metabolizable de una dieta, Situación antagónica reportaron Han et al (1976), quienes no encontraron diferencias sig-

nificativas en los valores de energía metabolizable de dietas, con el nivel de consumo (ad libitum versus restringido), sin embargo, el valor de la energía fué levemente menor para el consumo restringido.

Particular atención merecen las grasas, las cuales son quizás las más difíciles para evaluar en su contenido de energía disponible, ya que este es muy variable; pero bajo condiciones prácticas con raras excepciones, las grasas son agregadas a las dietas a niveles superiores al 5% y así el error es muy pequeño en los valores de energía metabolizable de las raciones, aunque desde el punto de vista económico, sería deseable conocer el valor exacto de energía metabolizable de las grasas, para efectos de compra (Sibbald y Slinger, 1963); Renner y Hill (1960), demostraron claramente que la absorción de ácidos grasos por el pollo varía con el punto de unión de los ácidos en la molécula de triglicérido. Cullen et al (1962), dicen que al agregar grasa a una dieta, se permite el desarrollo de una mayor eficiencia de los alimentos pero el valor de energía metabolizable de la grasa puede tener gran dependencia de la dieta con la cual es alimentada el ave. Sibbald y Kramer (1977), afirman que la causa más compleja de variación en los valores de energía metabolizable aparente de los lípidos es su interacción con otros componentes de la dieta.

Niveles muy altos de grasas en la dieta, trae como consecuencia un imbalance de nutrientes en la ración, en relación con proteína, minerales, etc. y así puede afectarse la utilización de energía; niveles bajos (que son las condiciones prácticas de inclusión) hacen que pequeños errores experimentales, computen grandes errores en los valores de energía metabolizable (Guirguis, 1976). Parece que un nivel alto de grasas en la dieta no produce un mejor efecto en la digestión y absorción de otros nutrientes, sino que cualquier efecto que pueda tener es negativo (Renner y Hill 1960); Guirguis (1976), encontró que cuando el nivel de inclusión de sebo en la dieta se incrementó, fué aprovechable menos cantidad de energía; esto podría ser debido en parte, al cambio de la relación de ácidos grasos saturados e insaturados en la dieta, conduciendo a una reducida absorción de ácido palmítico y esteárico presente en el sebo. En ciertos niveles de inclusión los valores de energía metabolizable del aceite de girasol, fueron mayores que su energía bruta, esto ha sido observado en otras grasas, sugiriendo que la grasa puede haber interactuado para mejorar la utilización de otros componentes de la dieta.

Renner y Hill (1960), encontraron que, el valor de energía metabolizable de aceite de maíz y manteca de cerdo, no cambia con la edad del ave alimentada, en cambio la energía metaboli-

zable del sebo se incrementó con el aumento de la edad del ave.

Los ensayos de energía metabolizable, propuestos por Hill et al (1960), Sibbald y Slinger (1963) y Matterson et al (1965), producen valores aparentes que pueden ser corregidos para nitrógeno, pero estos valores pueden estar influenciados por muchos factores como raza, edad y nivel de consumo (Sibbald 1976),

En los ensayos de energía metabolizable, se asume que toda la energía evacuada en heces y orina, llega directamente del alimento, pero esto no es correcto, las heces contienen además, bilis, jugos digestivos y células que recubren el tracto digestivo, la energía de estos productos es la energía fecal metabólica (EFm) y la orina contiene además degradación de tejidos y catabolitos producidos durante el metabolismo, esto representa la energía urinaria endógena (EUe); cuando se corrige la energía metabolizable aparente (E.M.A.) para estas pérdidas resulta la energía metabolizable verdadera (E.M.V.) y esta corrección aunque pequeña, es importante porque remueve muchas de las variaciones de la E.M.A (Sibbald, 1977), Es una evidencia que, los valores de energía metabolizable de los alimentos, debería ser más descriptivos en relación a la energía utilizable por el animal, que los ampliamente usados de E.M.A. (Sibbald, 1977); además la corrección de pérdidas de energía fecal metabólica,

más energía urinaria endógena (EFm + EUE), remueve la variación por especie y razas de las aves (Sibbald, 1976).

Los hallazgos de la interrelación lineal entre la energía excretada y el consumo de alimento, proporcionaron el medio para desarrollar el método de energía metabolizable verdadera (Sibbald 1977); ya que el valor de energía metabolizable verdadera puede ser calculado de la energía bruta del alimento y la regresión de la energía evacuada en la excreta sobre el consumo de alimento (Sibbald, 1975). Pero Sibbald (1976), dice que este procedimiento es también dispendioso y por ello diseñó un ensayo simple para medir la energía metabolizable verdadera (E.M.V.), probando también la hipótesis de que para cada alimento hay una relación lineal, entre la energía pérdida en la excreta sobre el alimento consumido. Para obtener los valores de E.M.V. propuso la siguiente ecuación:

$$E.M.V. (Kcal/g) = \frac{(G.Ef \times X) - (Yef - Yec)}{X}$$

Donde:

- G.Ef = Energía bruta del alimento (Kcal/g)  
 Yef = Energía evacuada en la excreta por el ave alimentada  
 Yec = Energía evacuada en la excreta por ave no alimentada  
 X = Peso del alimento consumido en gramos.

También, explica que si  $Y_e$  (energía excretada) es una función de  $X$  (nivel de consumo), entonces E.M.V. es independiente de  $X$ .

Sibbald (1975), dice que los valores de energía metabolizable aparente deberían variar con el nivel de consumo, porque bajo condiciones normales, la excreción de  $EF_m + EU_e$  es constante. Cuando el consumo de energía es alto, las pérdidas de energía fecal metabólica y urinaria endógena, son relativamente pequeñas, pero cuando el consumo de energía se reduce, estas pérdidas llegan a incrementarse significativamente y deberían deprimir los valores de energía metabolizable aparente, la razón para esto es que estas pérdidas son adicionadas al consumo de energía; con lo cual están de acuerdo Guillaume y Summers (1970).

Los bioensayos para evaluar energía metabolizable verdadera, involucran la colocación de cantidades conocidas de alimento en el buche de gallos adultos; Sibbald (1976), durante los ensayos observó que grandes cantidades de alimento incrementaron la incidencia de regurgitación, sin embargo, los efectos del error experimental serían inversamente proporcionales a la cantidad de alimento administrado. Concluye que el nivel de consumo depende de la naturaleza del alimento a analizar y del tamaño del ave. Para gallos adultos un óptimo ni-

vel de consumo es de 20-25 gs., lo cual está cerca del 1% del peso corporal. Sibbald (1977), realizó un experimento variando el nivel de consumo de 10 en 10 gs. hasta 100 y encontró que la incidencia y severidad de regurgitación, tendió a incrementarse con el nivel de consumo (mayor de 40 gs.) y que el error estandar promedio de los valores de E.M.V. tendió a decrecer cuando el nivel de consumo se incrementó.

Sibbald (1978), explica que la habilidad de un ave, para extraer energía metabolizable aparente de una dieta, se incrementa con la edad, porque al aumentar el tamaño, se incrementa el consumo de alimento a una rata mayor que la producción de energía fecal metabólica y urinaria endógena, por ello cuando se corrige el valor de energía metabolizable para estas pérdidas, se puede eliminar el efecto del cambio de tasa de consumo; teniendo en cuenta que los valores de energía metabolizable obtenidos con aves de una edad, son empleados en la formulación de raciones para aves de otras edades, diseñó su bioensayo de E.M.V., con pollos de varias edades, encontrando que los valores fueron menos variables en gallos que los obtenidos en pollitos y que la recolección de excreta evacuada por los pollos en crecimiento fué difícil debido a la contaminación con plumón y decamaciones epiteliales, cuyo efecto fué reflejado en la exageración de los valores de energía de la excre-

ta, con la consiguiente depresión de los valores de E.M.V., concluyendo que los efectos de la edad del ave pueden ser reducidos por el método de E.M.V.

Sibbald (1976), experimentó con pollos adultos, ponedoras, gallinas de carne y pavas en postura, encontrando que los valores de E.M.V. del ingrediente alimentado no fueron afectados por la raza o sexo del ave. La ausencia de diferencias en el sexo es importante porque la E.M.V. obtenida con pollos adultos puede ser aplicada con confianza para la formulación de las dietas de ponedoras.

Los métodos corrientes de formulación de raciones están basados en la asunción de que, la cantidad de nutrientes en la mezcla, es igual a la suma de las contribuciones de cada componente en la dieta (Sibbald, 1977), por ello se llevó a cabo un experimento con cinco ingredientes y diez dietas preparadas con ellos, observándose que no hubo diferencia significativa entre los valores observados y los calculados por los ingredientes individuales que componían la dieta; por tanto se puede concluir que los valores de energía metabolizable verdadera pueden ser usados en la formulación de raciones. Sibbald (1977), dice que es posible que algunos alimentos pueden interactuar para dar valores de energía metabolizable verdadera de la mezcla, diferentes a los promedios de sus componentes, pero en

algunos casos parece probable que puede ser debido a variaciones experimentales.

Sibbald y Price (1977), expresan que depositar una cantidad exacta de grasa en el buche de un ave es difícil, porque esta tiende a cubrir el interior del tubo. Bajo condiciones prácticas, las raciones para aves no están compuestas de grasas solas y es posible que la ingestión de una gran cantidad de grasa, independiente de otros ingredientes, podría tener efectos adversos en el proceso de digestión y varios sistemas metabólicos. Consecuentemente, en los ensayos de E.M.V. deberían ser conjugadas con otros ingredientes y calcular su valor por diferencia. Pero también es probable, que las grasas interactúan para hacer que la energía de otros componentes de la dieta sea más aprovechable. Observó que los efectos del nivel de inclusión de grasa en la variación de los valores de energía metabolizable verdadera, fueron más destacados y mayores con altos niveles de calcio en la dieta que con bajos niveles, lo que posiblemente se debe a una interacción entre el calcio y la grasa, impidiendo que este inhibiera la utilización de otros componentes de la dieta. Sibbald y Kramer (1977), midió los valores de grasas incluidas en dietas y la posible interacción entre ellas, encontrando que en algunos grupos de las mismas, los valores altos de energía metabolizable verdadera, estuvieron asociados con bajos niveles de ácidos grasos saturados y

que, la localización del ácido graso en la molécula de triglicérido afectó el valor de E.M.V. También encontró que el aceite de soya, aceite de maíz y ácido oleico y algunas mezclas de grasas tuvieron valores de E.M.V. ligeramente mayores que su energía bruta, esto sugiere que interactuaron para permitir el incremento de la utilización de la energía de otros componentes de la dieta. En algunas mezclas de distintas grasas los valores observados fueron estadísticamente diferentes a los calculados con las grasas individuales; por ello se justifica hacer muchos ensayos con grasas, aunque como estas son usadas a niveles tan bajos en las dietas, un pequeño error es menos importante que uno en componentes de mayor proporción.

Sibbald (1978), dice que los valores de energía metabolizable de un lípido pueden ser alterados por la alimentación en conjunción con otros lípidos. Encontró que, al adicionar aceite de soya, (en un porcentaje tan pequeño como 2%), el valor de E.M.V. del sebo aumentó, pero la adición de manteca de cerdo no tuvo ningún efecto en el valor de la E. M. V., esto puede ser explicado teniendo en cuenta que los ácidos grasos insaturados presentes en la soya, pueden ayudar a la absorción de los ácidos grasos saturados presentes en el sebo. Por lo tanto, las proporciones óptimas de mezclas de sebo-aceite de soya, dependerán del costo de los componentes, de la composi-

ción de ácidos grasos y de la distribución molecular del sebo.

Sibbald (1978), encontró que la adición de grasas incrementa el valor de E.M.V. de la dieta, pero el primer incremento fue utilizado en mayor grado que los subsecuentes incrementos, así observó interacción entre el sebo y otros componentes de la dieta, los cuales alcanzaron un máximo de rendimiento a bajos niveles de inclusión de la grasa; por lo tanto la adición de grasa tiende a diluir y disimular el efecto.

También fué observado que el valor de E.M.V. del sebo difiere de acuerdo a la dieta basal con la cual es conjugado, y que hay una relación lineal significativa entre su valor de energía metabolizable verdadera y la cantidad de fosfolípidos y ácido linoleico por unidad de peso de la grasa dietética.

Sibbald (1977), midió el efecto del peletizado a vapor en valores de energía metabolizable en dietas y no encontró diferencias significativas entre dietas de mezclas de granos, peletizadas al vapor o cuando los pellets fueron quebrados. El peletizado a vapor no mejoró el valor de E.M.V. de las dietas bajas en fibra y esencialmente libres de depresantes de crecimiento termolábiles, ni tuvo efecto en otras dietas compuestas de materiales más fibrosos.

Otra alternativa para determinar la E.M.V. de algunos alimentos y materias primas, es la que hace referencia al empleo de gallos adultos, los cuales pueden ser más convenientes que otras clases de aves, ya que pueden ser usados para una serie de ensayos, deben estar más próximos al equilibrio metabólico y tienen una mayor capacidad para soportar dietas imbalances (Sibbald y Price 1975). Farrel (1979), explica que los gallos adultos tienen un crecimiento completo y un pequeño depósito de tejido proteico, por lo cual no es necesario corregir los valores de energía metabolizable para equilibrio de nitrógeno.

El bioensayo para E.M.V involucra aves en ayuno por cerca de 21 horas, para vaciar su tracto digestivo; la duración del período de ayuno puede ser crítica si afecta la habilidad de digerir y absorber energía de la dieta (Sibbald 1976), por ello observó el efecto del período de ayuno con los valores de E.M.V. y no encontró diferencias entre períodos de 24-48-72 y 96 horas, períodos menores pueden tener particular efecto porque el tracto digestivo no ha sido desocupado totalmente. Como la EFM + EUE decrece con la duración del ayuno, al igual que decrece el peso corporal, las aves control y las ensayadas deben ser puestas en ayuno por el mismo período de tiempo.

Es importante que el período de recolección de excreta sea igual para las aves control y las ensayadas (Sibbald 1976). También que aquellas que hayan tenido regurgitación, sean descartadas por la contaminación de excreta con alimento (Sibbald 1977). La excreta recolectada después de 24 horas de ingerido el alimento representa lo correspondiente al alimento ingerido durante una hora (Farrel, 1979). El mismo investigador (1978), encontró que la excreta recolectada entre 24 y 48 ó 48 y 72 horas después de la alimentación produjo valores constantes de energía, de cada una de dos dietas diferentes, lo cual lo indujo a pensar que toda la excreta de una hora de alimentación fué evacuada durante 24 horas.

Aunque un gallo puede ser usado para un segundo ensayo de E.M.V., 24 horas después de concluido el primero, esto no es suficiente para recuperar las pérdidas de peso corporal, por ello es recomendable que el período sea planeado de tal manera que le permita recobrar el peso corporal, adecuado en relación al primer ensayo (Sibbald 1978).

El ensayo para evaluar E.M.V. requiere medir para cada ave, las pérdidas de EFm + EUE empleando una ave control; ya que las variaciones en los valores de estas pérdidas pueden reflejar diferencias en condiciones experimentales y la confianza en un

establecimiento previo del valor de estas puede llevar a datos erróneos de energía metabolizable verdadera (Sibbald 1976). Sibbald y Price (1978), midieron estas pérdidas para observar la variación y su posible correlación con algún parámetro biológico, como son peso inicial ó pérdida de peso en el ensayo; encontrando que las correlaciones fueron muy bajas y que solamente el 23% de la variación en las pérdidas estuvo explicado por el efecto combinado de peso inicial y pérdida de peso, Concluyen que hay mucha variación en las pérdidas de energía fecal metabólica más energía urinaria endógena y es necesario medirlas directamente en cada ensayo.

Sibbald (1977), expresa que aunque el sistema de E.M.V. tiene varias ventajas, puede haber dilación en la adopción del mismo por la industria alimenticia, ya que la mayoría de los requerimientos de energía para aves están en términos de energía metabolizable aparente además de que puede requerirse mucho tiempo para hacer la conversión; si se asume que, el ave requiere 200 Kcal de energía metabolizable aparente en 24 horas y que la  $EF_m + EU_e$  es de 10 Kcal/ave-24 horas y es independiente del consumo de alimento, entonces el valor de E.M.V. requerido es 210 Kcal, en 24 horas. Para los ingredientes propone calcular un factor de corrección, obtenido de valores escogidos de E.M.A. y E.M.V. tabulados en una línea de regresión y

aunque este puede ser sólo una aproximación y por lo tanto una solución temporal; sin embargo , muchos valores de tablas de energía son también aproximados y ellos han sido muy empleados. El uso de un factor de conversión puede introducir un error adicional, pero este podría ser compensado con el uso de valores de E.M.V. que están sujetos a menos errores que los valores de E.M.A.

### 3. MATERIALES Y METODOS

Fué realizado este trabajo en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias "Tibaitatá", Sección de Avicultura, localizado en la Sabana de Bogotá, con una altura de 2.640 m. s.n.m., temperatura promedio de 13°C, precipitación pluviométrica de 625 mm. y humedad relativa de 72%.

Dos fueron los experimentos realizados para determinar energía metabolizable: en el primero se estableció la energía metabolizable, corregida para nitrógeno (E.Mn) y en el segundo se determinó energía metabolizable verdadera (E.M.V.); de diez materias primas utilizadas en raciones para aves en Colombia, estas fueron: Carnarina, harina de carne y huesos, harina de sangre (A), harina de sangre (B), harina de pescado (C), harina de pescado (D), afrecho de maíz, gluten de maíz (21), harina de arroz y aceite de palma. El análisis proximal de estas materias primas se presenta en la tabla 1.

#### 3.1. Experimento No.1

Siguiendo la metodología básica de Hill et al (1960), se alimentaron 198 pollitos de un día de edad, de la línea Shaver 579, con una dieta para iniciación, hasta las dos semanas de edad.

Al final de estas dos semanas, fueron seleccionados por peso, de acuerdo a la media de la población y a la desviación estandar y repartidos aleatoriamente, en baterias criadoras con temperatura de 30°C, en 11 tratamientos, tres replicaciones y seis pollos por replicación.

TABLA 1. Análisis proximal de las materias primas<sup>1/</sup>

Alimento	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas
Carnarina	5.48	55.25	18.63	1.23	16.80
Harina de carne y hueso	3.05	48.70	14.40	1.17	39.20
Harina de sangre (A)	6.35	71.89	5.16	1.50	15.00
Harina de sangre (B)	8.15	78.00	2.41	0.60	4.60
Harina de pescado (C)	6.60	68.39	10.24	0.37	13.66
Harina de pescado (D)	9.93	68.32	7.04	0.31	13.40
Afrecho de maíz	10.30	12.53	8.32	3.87	3.33
Gluten de maíz (21)	10.10	22.59	2.26	8.9	9.38
Harina de arroz	8.22	13.44	18.13	7.07	8.25

<sup>1/</sup> Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Insumos "Tibaitatá".

Los datos son los promedios de dos análisis por muestra y están expresados en porcentaje y en base a materia seca parcial.

Los tratamientos consistieron de una dieta basal y 10 dietas en las cuales el azúcar (sucrosa), fue reemplazado parcialmente por las materias primas a analizar. (Tabla 2).

Las dietas experimentales fueron suministradas a los animales, durante un período de 11 días y las excretas recogidas, con intervalos de 24 horas, durante los últimos cuatro días del período experimental. Se usó el óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), como sustancia indicadora, con el fin de evitarse la recolección cuantitativa de excreta y la medición del alimento ingerido, a un nivel de aproximadamente 0.3%, en cada dieta.

Las excretas fueron congeladas a  $0^\circ\text{C}$  inmediatamente después de cada recolección diaria y mezcladas las de cada replicación, en los cuatro días de recolección. Luego fueron secadas en un horno PARETLOW GRIVE-HENDRY Co. Inc. a  $65^\circ\text{C}$ , por un período de 48 horas y molidas en un molino WILEY MILL, modelo 3, para pasar por un tamiz No. 20 y reservadas para análisis.

Los análisis de laboratorio, hechos tanto para el alimento, como para la excreta fueron:

- Nitrógeno, macro-Kjeldahl
- Oxido de cromo, determinado por el método de Hill y Anderson (1958), en el espectrofotómetro BECKMAN D. U.

TABLA 2. Composición de la dieta basal.

Ingrediente	%
Maíz amarillo	15.40
Torta de soya (48% de proteína)	40.00
Azúcar refinada	40.00 <sup>1/</sup>
Fosfato bicálcico	2.50
Carbonato de calcio	1.00
Vitaminas y minerales	0.30
Sal	0.30
D-L Metionina	0.20
Oxido de cromo	0.30
Total	100.00

## COMPOSICION CALCULADA

Energía metabolizable (Kcal/kg.de dieta)	2.996
Proteína	20.58
Lisina	1.26
Metionina	0.51
Cistina	0.35
Calcio	1.06
Fósforo disponible	0.46

<sup>1/</sup> Para las otras 10 dietas experimentales el azúcar fué reemplazado en un 10% por: Carnarina, harina de carne y huesos, harinas de sangre, harinas de pescado, afrecho de maíz, gluten de maíz (21), y en un 20% por: Harina de arroz y aceite de palma.

- Energía bruta, determinada en la Bomba Calorimétrica Parr.

Al alimento le fué determinado su porcentaje de materia seca.

El valor de energía metabolizable fué obtenido con la ecuación propuesta por Matterson et al (1965):

$$EM/g. \text{ dieta} = \frac{EB}{g \text{ dieta}} - \frac{\left[ \frac{EB \text{ excreta}}{g. \text{ dieta}} + 8.22 \times \frac{g. \text{ de N retenido}}{g. \text{ de dieta}} \right]}{g. \text{ de materia seca/g. de dieta}}$$

Siendo:

$$\frac{EB \text{ excreta}}{g. \text{ de dieta}} = \frac{EB}{g. \text{ de excreta}} \times \frac{\% \text{ de óxido de cromo en dieta}}{\% \text{ de óxido de cromo en excreta}}$$

$$\frac{g. \text{ de N retenido}}{g. \text{ de dieta}} = \frac{N}{g. \text{ dieta}} - \frac{N}{g. \text{ excreta}} \times \frac{\% \text{ de óxido de cromo dieta}}{\% \text{ de óxido de cromo en excrt.}}$$

Entonces:

$$\frac{E.M.}{g. \text{ ing. sust.}} = \frac{E.M.}{g. \text{ dieta basal}} + \frac{EM/g. \text{ dieta prueba} - EM/g. \text{ dieta basal}}{\text{proporción de ingred, sustituido}}$$

### 3.2. Experimento No. 2.

Siguiendo el método de Sibbald (1976), fueron seleccionados 80 pollos adultos de 16 semanas de edad, de la línea Shaver 579, con un peso inicial promedio de 2,296 Kg., divididos en 10 tratamientos, 4 replicaciones y dos pollos por replica-

ción; los cuales fueron sometidos al siguiente proceso experimental:

1. Fueron dejados en jaulas individuales, en ayuno por 21 horas, pero con libre acceso al agua.
2. Se seleccionó una ave, se pesó y se forzó a comer una cantidad exactamente pesada (20-25 gs.) del alimento bajo investigación. Esta alimentación forzada fué realizada mediante la inserción de un tubo de vidrio, de 5.5mm de diámetro, vía esofágica hasta el buche; un embudo facilitó la entrada del alimento y una varilla de vidrio sirvió como émbolo.

El alimento fué suministrado en forma de harina y a un sólo nivel de ingestión, para todas las materias primas; excepto para el aceite de palma, el cual fué suministrado a diferentes niveles y en su estado natural a temperatura ambiente, ya que era el ingrediente más difícil.

3. El ave fué retornada a su jaula, una bandeja plástica fué colocada debajo de ella para recolectar la excreta y registrado el tiempo.
4. Se seleccionó otra ave con peso similar, se registró su peso y fué llevada a una jaula (dejando vacante la jaula al-

terna para evitar contaminación de excretas) sin alimento, colocando la bandeja plástica debajo de ella registrando el tiempo. Esta ave sirvió como control para evaluar las pérdidas de energía fecal metabólica y urinaria endógena (EFm + EUe).

5. Exactamente 24 horas después, las bandejas plásticas fueron removidas, la excreta recolectada cuantitativamente, congelada a 0°C, secada en un horno Arrow con temperatura regulada a 30°C, dejada llegar al equilibrio con la humedad atmosférica y luego molida en un mortero para pasar por un tamiz No. 20 y reservada para análisis. El ave fué pesada nuevamente para determinar la pérdida de peso en las 24 horas.

Los pasos anteriores fueron seguidos para cada alimento y para cada replicación.

Al alimento y a la excreta les fué determinado su valor de energía bruta, por medio de la Bomba Calorimétrica Parr. Al alimento le fué determinado además, su porcentaje de materia seca.

La energía metabolizable verdadera (E.M.V.), fué evaluada aplicando la siguiente ecuación (Sibbald 1976):

$$E.M.V. (Kcal/g.) = \frac{(G.Ef \times X) - (Yef - Yec)}{X}$$

Donde:

G.Ef = Energía bruta del alimento

Yef = Energía evacuada en la excreta por el ave alimentada

Yec = Energía evacuada en la excreta por el ave no alimentada.

X = Peso del alimento consumido en gs.

### 3.3. Cálculos.

1. La energía metabolizable, corregida para nitrógeno (E.M.n.), fué calculada mediante la ecuación de Matterson et al (1965).
2. La energía metabolizable verdadera (E.M.V.), fué calculada mediante el uso de la ecuación de Sibbald (1976).
3. La energía metabolizable aparente (E.M.A.), fué calculada también para el segundo experimento mediante la ecuación de Sibbald (1975):

$$E.M.A. (Kcal/g.) = \frac{(G.Ef \times X) - Yef}{X}$$

4. La energía metabolizable de la harina de carne se puede obtener a partir del contenido de cenizas, según la ecuación propuesta Farrel (1978):

$$Y = 16.5 - 0.18 X$$

Donde:

$Y = \text{E.M. (MJ/kg)}$

$X = \% \text{ de cenizas}$

Estos dos últimos cálculos fueron incluidos para efectos comparativos.

### 3.4. Análisis Estadístico.

Se realizaron análisis de regresión lineal simple así:

1. Tomando los datos del experimento No.2, entre la energía excretada por las aves control ( $Y_e$ ) y la pérdida de peso en 24 horas. ( $X$ ).
2. Para aceite de palma, entre la energía evacuada en la excreta ( $Y_e$ ) y el peso del alimento consumido ( $X$ ). El valor de energía metabolizable verdadera (E.M.V.), fué calculado por sustracción del coeficiente de regresión del valor de la energía bruta del aceite.
3. Entre los datos de energía metabolizable obtenidos en el experimento 1 y 2, con E.M.V. ( $Y$ ) y E.M.n( $X$ ). Entre estas dos variables se calcularon los coeficientes de correlación y se hicieron pruebas de significancia.

Para los dos experimentos fueron obtenidos los valores promedios de energía metabolizable, de las replicaciones, y las desviaciones estandar.

Los valores de energía metabolizable obtenidos en cada experimento, fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan (Steel y Torrie, 1960), para comparar las fuentes proteícas: harinas de carne, de sangre y de pescado.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Experimento No. 1.

Los resultados del experimento No. 1, describen la energía metabolizable, corregida para nitrógeno (E.M.n), de las 10 materias primas analizadas y son presentados en la Tabla 3. con otros valores reportados en la literatura propia para este tipo de trabajos.

En general, para la mayoría de las materias primas, los valores de energía metabolizable determinada, son poco diferentes de los reportados por los otros autores; algunas diferencias pueden ser explicadas por variaciones experimentales, tales como: preparación de la dieta, consumo y digestión de los alimentos y muestreo de la excreta. Pero las mayores variaciones se pueden atribuir a los siguientes factores:

1. La dieta basal contenía como ingrediente de referencia, sucrosa (azúcar refinada), en vez de glucosa que es la empleada normalmente en estos ensayos; situación antagónica a la reportada por Sibbald et al (1962), quienes explican que el ingrediente de referencia empleado en la dieta control debe ser puro y de composición constante.

2. El método de cálculo empleado, en el cual se utilizó el valor promedio de las replicaciones de E.M.n, de la dieta basal, para ser aplicada la fórmula de Matterson et al (1965) y no fué utilizado el valor de la energía metabolizable de la glucosa de 3.64 Kcal/g. reportado por Anderson et al (1958), el cual es empleado en los cálculos de los otros autores.
3. La evaluación de la concentración de óxido de cromo en dieta y excreta, la cual puede ser muy variable de un laboratorio a otro, como lo afirma Carew (1973).
4. La dieta fué suministrada en forma de harina, no atendiendo la recomendación de Guirguis (1975), quien dice que las dietas deberían ser peletizadas para mayor homogenidad y para evitar la selectividad del ave por un alimento o componente determinado.
5. La mayor parte de los ingredientes analizados son proteícos y Sibbald y Slinger (1963), afirman que la calidad y el nivel de proteína de dieta tiene gran influencia en los valores de energía metabolizable.

Puede observarse además que la carnarina tuvo un valor de energía metabolizable de 2,318 Kcal/g., el cual es mayor en un

TABLA 3. Energía metabolizable, corregido nitrógeno (E.M.n), de las diez materias primas analizadas.

Alimento	ENERGIA METABOLIZABLE			
	Determinada <sup>1/</sup>	Matterson <u>et al</u> (1965)	Scott <u>et al</u> (1969)	Feedstuffs (1978)
Carnarina	2,318 ± 0,12	--	2,000	2,006
Harina de carne y hueso	2,023 ± 0,25	1,720	1,980	1,984
Harina de sangre (A)	2,925 ± 0,26	--	2,850	2,756
Harina de sangre (B)	2,412 ± 0,13	--	--	--
Harina de pescado (C)	2,569 ± 0,11	2,712	2,640	2,976
Harina de pescado (D)	2,673 ± 0,28	--	--	--
Afrecho de maíz	2,807 ± 0,11	3,042	2,860	2,888
Gluten de maíz (21)	2,324 ± 0,13	1,499	1,670	1,830
Harina de arroz	2,719 ± 0,13	2,888	2,860	2,866
Aceite de palma	7,443 ± 0,10	7,760 <sup>2/</sup>	7,720 <sup>2/</sup>	--

<sup>1/</sup> Valores promedios de las tres repeticiones  
 Datos expresados en Kcal/g. de materia seca. ± desviación estandar.

<sup>2/</sup> Datos reportados como lípidos vegetales refinados.

13% que el reportado en Feedstuffs (1978) de 2,006 Kcal/g., pero este valor corresponde a una harina de carne con menos contenido de grasa (7.1%), que el determinado (18,63%) y mayor de fibra (2.5%) en comparación con el de la carnarina (1.23%).

El gluten de maíz presenta un valor de energía metabolizable mayor en un 21% en relación al reportado por el Feedstuffs (tabla 3); sin embargo, es similar en el contenido de nutrientes. La única explicación aparente para estas diferencias, es la variación en condiciones experimentales, como se explicó anteriormente.

El valor de la energía metabolizable obtenido para la harina de arroz es un 7 y 17% menor que el valor obtenido por Albornoz (1978) y Granda (1976), respectivamente; pero mayor en un 1.6%, que el determinado por Isaza (1973) a pesar de corresponder a una materia prima colombiana; Farrel (1978), explica que los ingredientes altos en fibra pueden dar rangos muy amplios de energía metabolizable por la influencia de la rata de pasaje.

El aceite de palma, ha sido reportado por Rendón (1976), con un valor de energía metabolizable de 7,629 Kcal/kg. el cual es 2.5% mayor que el valor determinado en el ensayo, pero una posible explicación es la diferencia en métodos de proceso y en proporción de ácidos grasos.

Farrel (1979), propone una ecuación para hallar la energía metabolizable de la harina de carne basada en el porcentaje de cenizas:

$$Y = 16.5 - 0.18 X$$

Y = E.M. (MJ/kg)  
X = % de cenizas

Con esta ecuación se obtiene un valor energía metabolizable de la harina de carne y huesos de 2,266 Kcal/g., el cual es superior en un 10,2% al determinado en el experimento No. 1; la carnarina tuvo un valor de 3,233 Kcal/g., que es mayor en un 28,3% al hallado en el experimento; por ello el uso de esta ecuación puede ser cuestionable, además el investigador obtuvo un coeficiente de variación del 7%, el cual es muy alto.

Para hacer una comparación entre las distintas fuentes proteicas (harinas de carne, de sangre y de pescado), se realizaron pruebas de significancia y el análisis de varianza reveló diferencias altamente significantes ( $P < 0.01$ ), en los valores de su energía metabolizable. La prueba de Duncan, mostró que no hubo diferencias significantes ( $P = 0.05$ ) entre los valores de energía metabolizable de la harina de carne y huesos y la carnarina; ni entre carnarina, harina de sangre (B) y harinas de pescado (C) y (D), como tampoco entre las harinas de pescado y la harina de sangre (A).

El metabolismo de la energía puede esperarse que varíe de muestra a muestra ya que el contenido de nutrientes es diferente, como en el caso de las harinas de sangre (A) y (B); en cambio, es similar para las harinas de pescado (C) y (D), así como lo es también su contenido de nutrientes (Tablas 3 y 1).

#### 4.2. Experimento No. 2.

Las 40 aves empleadas como control, las cuales no recibieron alimento, tenían un peso inicial promedio de  $2,298 \pm 0,091$  Kg. y sufrieron una pérdida de peso de  $0,088 \pm 0,022$  Kg., durante el período experimental.

Las pérdidas de energía fecal metabólica y energía urinaria endógena (EFm + EUE), fueron  $10,618 \pm 1,737$  Kcal/ave/24 horas, las cuales son mayores y más variables que las reportadas por Sibbald (1976), de  $9,84 \pm 0,28$  Kcal/ave/24 horas; lo cual es reflejo de diferentes condiciones experimentales. El valor de estas pérdidas traducidas a peso corporal fué de  $4,62$  Kcal/kg. de peso corporal/día, este valor fue más alto que los reportados por Sibbald (1976) de  $4,07$ ; por Sibbald (1975) de  $3,37$  y por Albornoz (1978), de  $3,93$  Kcal/kg de peso corporal/día, pero menor que el reportado por Guillaume y Summers (1970), de  $5,2$  Kcal/kg de peso corporal/día; por lo tanto, estas pérdidas deben ser evaluadas en cada experimento tal como lo anotan Sib-

bald y Price (1978), ya que la confianza en valores preestablecidos puede llevar a errores en los cálculos de energía metabolizable.

Para las aves control, se calculó la regresión de la energía evacuada en la excreta ( $Y_e$ ), con la pérdida de peso ( $X$ ), en las 24 horas del período experimental, y el análisis de varianza mostró que esta no era significativa ( $P > 0.01$ ). El coeficiente de correlación obtenido entre estas dos variables fué 0,12, el cual es significativamente diferente de cero ( $P > 0.01$ ), pero puede inferirse de él que la variación en las pérdidas de energía excretada, se ilustra solamente en un 1.44% por el parámetro, pérdida de peso. Sibbald y Price (1978), obtuvieron un coeficiente de correlación de 0.27, concluyendo que el cambio de peso de las aves control, en 24 horas, explica sólo en una pequeña cantidad, la variación de las pérdidas de energía fecal metabólica y urinaria endógena ( $EF_m + EU_e$ ).

Los resultados de energía metabolizable obtenida en el experimento No.2, para las diferentes materias primas analizadas son presentadas en la Tabla 4. En ella se observan los valores de E.M.V. y energía metabolizable aparente (E.M.A.), la cual fué obtenida sin tomar en cuenta la energía excreta por las aves control ( $EF_m + EU_e$ ).

TABLA 4. Energía Metabolizable aparente y verdadera obtenida para las diez materias primas en el experimento No.2<sup>1/</sup>

Alimento	Energía Metabolizable Aparente (E.M.A.).	Energía Metabolizable Verdadera (E.M.V.)
Carnarina	2,859 $\pm$ 0,079	3,345 $\pm$ 0.061
Harina de carne y hueso	2,345 $\pm$ 0,146	3,001 $\pm$ 0,119
Harina de sangre (A)	2,887 $\pm$ 0,242	3,388 $\pm$ 0,109
Harina de sangre (B)	2,639 $\pm$ 0,084	3,188 $\pm$ 0,083
Harina de pescado (C)	2,889 $\pm$ 0,093	3,478 $\pm$ 0,060
Harina de pescado (D)	2,940 $\pm$ 0,122	3,533 $\pm$ 0,071
Afrecho de maíz	2,602 $\pm$ 0,098	3,187 $\pm$ 0,029
Gluten de maíz (21)	1,899 $\pm$ 0,083	2,565 $\pm$ 0,072
Harina de arroz	2,748 $\pm$ 0,112	3,281 $\pm$ 0,064
Aceite de palma	7,007 $\pm$ 0,146	7,505 $\pm$ 0,084

<sup>1/</sup> Datos expresados en Kcal/g. de materia seca.  $\pm$  desviación estandar . El aceite de palma fué considerado libre de humedad.

Valores promedios de las cuatro replicaciones.

Los valores de energía metabolizable verdadera (E.M.V.) tienden a ser mayores y menos variables que los valores de energía metabolizable aparente (E.M.A.); lo cual está de acuerdo con Sibbald (1976), quien encontró la misma tendencia y el mismo autor (1975) explica que el efecto de la corrección para pérdidas de energía metabólica y endógena se acentúa a bajos niveles de ingestión, pero es mínimo a altos niveles; llegando así a deprimir los valores de E.M.A. cuando hay un reducido consumo de energía. Además Sibbald (1977), afirma que la corrección de  $E_{fm} + E_{Ue}$ , aunque es pequeña, es importante porque ocasiona mucha variación en los valores de la E.M.A.

En la tabla 5 están consignados los valores de energía metabolizable verdadera, para ser comparados con otros reportados por diferentes investigadores. Las diferencias observadas pueden ser debidas a distintas variedades de los ingredientes, a procesos de obtención ó a diferente concentración de nutrientes, especialmente en fibra y grasa, los cuales tienen la mayor influencia en los valores de energía metabolizable.

El valor de energía metabolizable verdadera de la harina de arroz, obtenida por Albornoz (1978), es menor en un 10.9%, que el determinado en el experimento, pero el investigador reporta un contenido de grasa de 15.8%, el cual es menor que 18,13%

TABLA 5. Energía Metabolizable Verdadera (Kcal/g.) de las diez materias primas analizadas.

Alimento	Determinada	Sibbald (1977) (Promedios)	Feedstuffs (1978)	Albornoz (1978)
Carnarina	3,345	3,100	--	--
Harina de carne y hueso	3,001	3,240	2,910	--
Harina de sangre (A)	3,388	2,580	3,164	--
Harina de sangre (B)	3,188	--	--	--
Harina de pescado (C)	3,478	3,660	3,417	--
Harina de pescado (D)	3,533	--	--	--
Afrecho de maíz	3,187	--	--	--
Gluten de maíz (21)	2,665	2,630	2,370	2,169
Harina de arroz	3,281	--	--	2,922
Aceite de palma	7,505	--	--	--

obtenido para este ingrediente en el ensayo. Además, explica que el valor de energía metabolizable puede haberse reducido debido a que el peletizado pudo haber ocasionado una mayor concentración de fibra.

La comparación entre las fuentes proteicas (harinas de carne, de sangre y de pescado), reveló de acuerdo a un análisis de

varianza, diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), en los valores de energía metabolizable; sin embargo la prueba de Duncan mostró que no hubo diferencia significativa ( $P = 0.05$ ) entre la carnarina, la harina de sangre (A) y la harina de pescado (C), ni entre las harinas de pescado (C) y (D). Por otra parte es lógico pensar que las diferentes fuentes proteicas al no tener iguales concentraciones de nutrientes, varíen en su contenido de energía, ya que su calidad difiere según la fuente de donde provengan.

El aceite de palma fué suministrado a cuatro niveles de ingestión ya que era el ingrediente más difícil y no se encuentra reportado en la literatura su valor de energía metabolizable verdadera. Además se quería probar la hipótesis de que hay una relación lineal entre la energía evacuada en la excreta y el peso del alimento consumido, para ello se midió la regresión de la energía de la excreta ( $Y_e$ ), con la cantidad de alimento ingerido ( $X$ ), los cuatro valores de las aves control, o sea cuando el consumo de alimento fué igual a cero, se incluyeron en los cálculos.

La ecuación de regresión obtenida fue:

$$Y_e = 10,461 + 1,793 X$$

De la cual puede concluirse que las pérdidas de  $EF_m + EU_e$

fueron 10,461 Kcal/ave/día, y que por cada gramo de aceite ingerido fué evacuada una cantidad adicional de energía de 1,793 Kcal.

El análisis de varianza de la regresión, mostró alta significancia ( $P < 0.01$ ), con lo cual fué probada la hipótesis de Sibbald (1976), de que hay una relación lineal entre la energía evacuada en la excreta y el peso del alimento consumido, siendo el valor de E.M.V. independiente del nivel de consumo. Se obtuvo también, un coeficiente de correlación de 0.994, el cual reveló alta significancia ( $P < 0.01$ ) en una prueba de Student.

Sibbald (1975), anota que la energía metabolizable verdadera de un ingrediente puede obtenerse por sustracción del coeficiente de regresión del valor de la energía bruta, así se obtuvo:

$$\text{E.M.V.} = 9,296 - 1,793 = 7,503 \text{ Kcal/g.}$$

Valor que es muy aproximado al de 7,505 Kcal/g. obtenido con la ecuación de Sibbald (1976).

Si el valor de E.M.A. puede ser calculado por la ecuación: (Sibbald, 1976).

$$\text{E.M.A.} = \frac{(\text{G.E.f.}) X - Y_{ef}}{X}$$

al sustituir el valor de  $Y_{ef}$  obtenido en la ecuación de regre-

sión y el valor determinado de energía bruta, para el aceite de palma, de 9,296 Kcal/g. se tiene:

$$E.M.A. = \frac{7,503 X - 10,461}{X}$$

En la gráfica 1, muestra esta ecuación y en ella puede observarse que el valor de E.M.A. varía con el nivel de consumo, pero el valor de energía metabolizable verdadera permanece constante. Lo cual está de acuerdo con Sibbald (1975), quien obtuvo una gráfica parecida para el aceite de maíz, encontrando que la energía metabolizable aparente es una curva hiperbólica, la cual a altos niveles de consumo llega a aproximarse a la recta de E.M.V., pero a bajos niveles de consumo puede ser negativa. Por ello, es importante la corrección para las pérdidas de energía fecal metabólica y urinaria endógena (EFm + EUE).

#### 4.3. Experimentos No. 1 y No. 2.

Las desviaciones estandar del experimento No.1, tuvieron un rango de 0.10 a 0.28, con un valor promedio de 0.19 Kcal/g. y las del segundo experimento un rango de 0.03 a 0.12, con un promedio de 0.07 Kcal/g.; lo que nos demuestra la mayor variabilidad de los valores de energía metabolizable, corregida para nitrógeno, con respecto a la energía metabolizable verdadera.

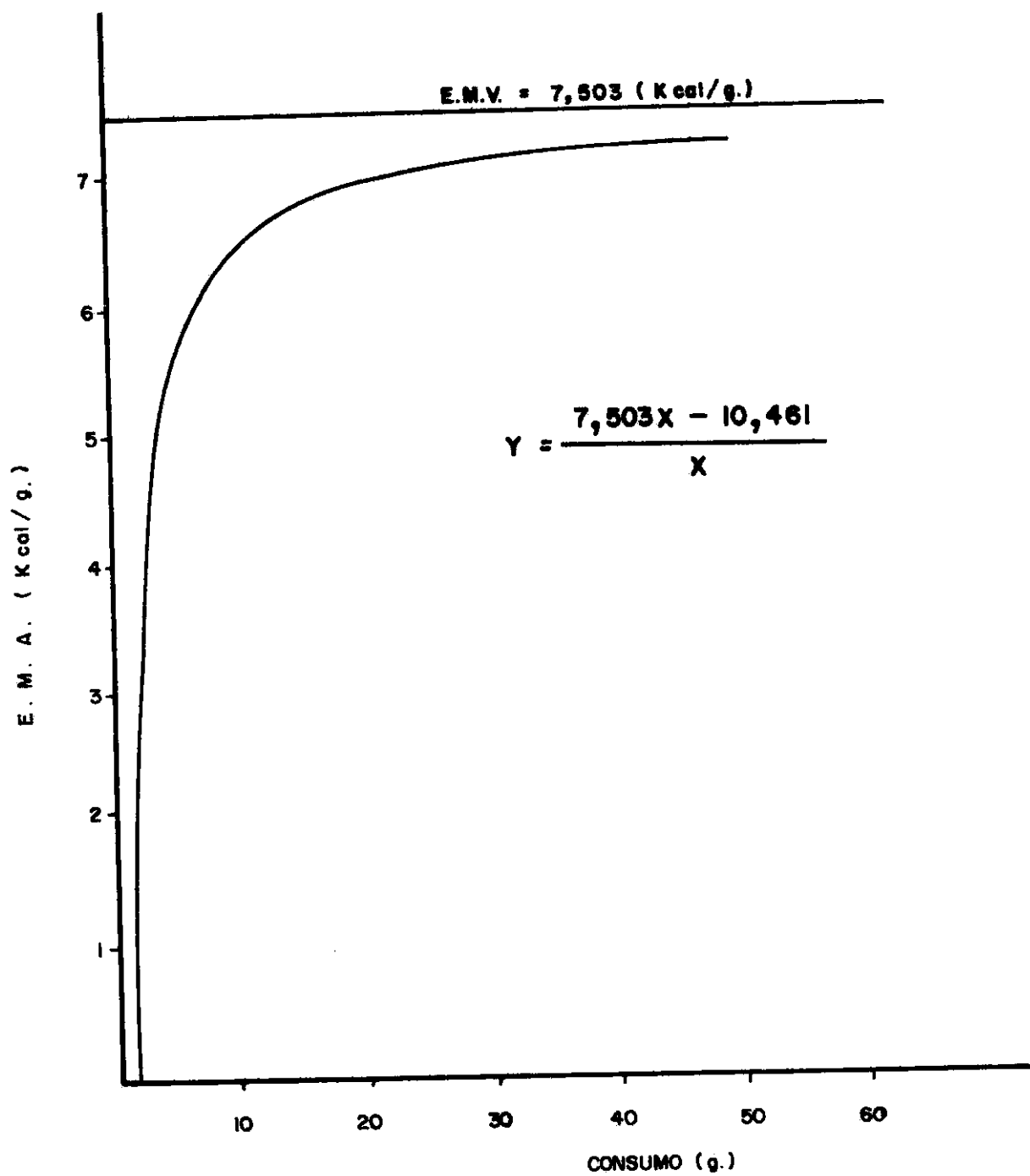


Figura 1 E.M.A. y E.M.V. DEL ACEITE DE PALMA Y SU RELACION CON CONSUMO

Los valores de E.M.V. son apreciablemente mayores que los de E.M.n para todas las materias primas, sin embargo, el aceite de palma presenta sólo una leve diferencia, esto puede ser explicado por la afirmación hecha por Cullen et al (1962), de que al agregar grasa a una dieta se permite el desarrollo de una mayor eficiencia energética de los otros componentes de la dieta. Además, Sibbald y Price (1977), expresan que en los ensayos de E.M.V., las grasas deberían ser conjugadas con otros ingredientes, aunque es probable que interactúen para permitir que la energía de los otros componentes de la dieta sea más aprovechable.

La ecuación de regresión obtenida entre el valor de E.M.V. (Y) y la E.M.n (X) fué:

$$Y = 1,0398 + 0,863 X$$

El análisis de varianza reveló una alta significancia ( $P < 0.01$ ).

Reorganizando la ecuación para cuando el intercepto sea cero se obtiene:

$$Y = 1,207 X$$

Lo cual indica que el valor de energía metabolizable verdadera es aproximadamente, 1,21 veces la energía metabolizable,

corregida para nitrógeno. Sibbald (1977), encontró un factor de corrección de 1.097, por lo cual es arriesgado y puede llevar a mucho error el tomar el factor encontrado como una buena aproximación, para hacer la conversión de valores.

## 5. CONCLUSIONES

El valor de energía metabolizable de una materia prima, no es constante sino que depende de su composición química, métodos de proceso y factores alimenticios.

La materia prima debe estar especificada por otros factores nutritivos para tener un valor más adaptado de su energía metabolizable, sin sub-estimación ó sobre-estimación de él y así el nutricionista puede hacer una formulación más precisa.

El alto valor energético del aceite de palma, lo hace aconsejable para raciones de pollos; y si se tiene en cuenta su riqueza en contenido del precursor de Vitamina A (B-caroteno), en dietas para ponedoras, teniendo en cuenta factores económicos y niveles permisibles en la dieta.

Los valores de energía metabolizable verdadera (E.M.V.), son mayores y menos variables que los de energía metabolizable, corregida para nitrógeno (E.M.n.).

En el aceite de palma, los valores de energía metabolizable verdadera son independientes del nivel de consumo, lo que no sucede con los de energía metabolizable aparente y es válido para otras materias primas.

Reconociendo la necesidad de un ensayo rápido, capaz de medir la energía aprovechable por el animal y en lo que concierne a la compra de ingredientes, formulación de raciones y control de calidad, el método de Sibbald es de mucha utilidad en nuestro país, porque es económico, tiene pocos requerimientos de trabajo, no involucra análisis químicos evitando fuentes potenciales de error y los datos son más precisos, y están menos afectados por factores biológicos y nutricionales, que los otros métodos de determinación de energía metabolizable.

Es importante continuar analizando las ventajas del método y en experimentos adicionales encontrar la adaptación de él, a los requerimientos de energía metabolizable de las aves, para hacer que estos valores y los de composición energética de las materias primas estén expresados en la base común del término, energía metabolizable verdadera.

## 6. RESUMEN

En el Centro Experimental de Tibaitatá, del Instituto Colombiano Agropecuario, fueron realizados dos experimentos con el fin de determinar la energía metabolizable de 10 materias primas, usadas para aves en Colombia, por dos métodos diferentes.

En el primer ensayo se determinó la energía metabolizable, corregida para nitrógeno (E.M.n). Se usaron 298 pollitos de un día de edad, de la línea Shaver 579 y fueron alimentados con dietas en las cuales el óxido de cromo fué empleado como sustancia indicadora.

Algunas diferencias observadas en los valores de energía metabolizable obtenida, cuando fueron comparados con otros reportados por otros investigadores, sugieren que los principales factores atribuibles a estas diferencias fueron la variación en contenido de nutrientes de las materias primas y diferentes condiciones experimentales. La comparación entre las diferentes fuentes proteicas, reveló diferencias significativas y aún entre materias primas de igual nombre, de lo cual puede inferirse que el valor de energía metabolizable depende de la calidad de la materia prima.

En el segundo ensayo se obtuvo la energía metabolizable verdadera (E.M.V.), de las mismas materias primas ; con tal fin fueron usados 80 gallos adultos, de la línea Shaver 579, alojados en jaulas individuales, los cuales fueron forzados a comer una cantidad exacta del ingrediente investigado.

Los valores obtenidos no presentaron grandes diferencias, con los reportados por investigadores que emplearon el mismo método, sin embargo, quedó establecido que hay variación en los valores de energía metabolizable por las diferencias regionales. El aceite de palma mostró que la E.M.V., es independiente del nivel de consumo, al existir una relación lineal entre la energía excretada y el nivel de consumo, lo cual es la hipótesis básica del método y lo han demostrado otros investigadores en diferentes ingredientes. Las dos harinas de sangre analizadas, mostraron diferencias significativas en sus valores de energía metabolizable verdadera, explicada por diferente contenido de nutrientes.

La comparación entre los dos métodos mostró que los valores de energía metabolizable verdadera, son mayores y menos variables que los de energía metabolizable, corregida para nitrógeno.

Se pudo establecer que el valor de energía metabolizable verdadera es 1.21 veces al de energía metabolizable, corregida para nitrógeno, sin embargo, este debe ser calculado en iguales condiciones experimentales para que no introduzca mucho error.

El método para determinar energía metabolizable verdadera presenta un sin número de ventajas, sobre los otros métodos en cuanto a proceso y exactitud de datos; por lo cual se sugiere la adaptación de él a los valores de requerimientos de energía metabolizable de las aves y valores de energía metabolizable de materias primas, para que estos estén expresados en el término común de energía metabolizable verdadera.

## 7. SUMMARY

At ICA National Center of Agricultural Research at Tibaitatá, located on the Bogotá plain, two experiments were conducted in order to evaluate with two different methods the metabolizable energy of common feedingstuffs used in Colombia.

The first experiment was conducted with 198 day-old chicks (Shaver 579 males). The metabolizable energy contents, corrected for retained nitrogen (M.E.n) were determined by feeding a basal diet and the test diets where the test ingredients were replace the sucrose level of the basal diet. Chromic oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) was incorporated in the diets as a marked to establish the ratio of feed intake: feces excreted.

Differences were observed in the obtained metabolizable energy values to those reported by the literature. These variations may reflect differences in chemical composition of the supplied feed ingredients or differences in experimental conditions.

The second experiment was conducted with 80 roosters (Shaver 579) and the true metabolizable energy values (T.M.E.) was determined in the feedingstuffs supplied in the first experiment. Roosters were housed in individual wire cages and were individually weighted and then force fed the appropriate amount of feedstuffs.

The values found were similar with the observed values by other authors with the same method. However, it was established that there are variations in the metabolizable energy values by regional differences in the feedingstuffs.

Palm oil showed that the T.M.E. is independent of variations in feed input, because there was a linear relationship between the energy voided in the feces and the feed input. This is the basic hypothesis of the method.

It was found that the metabolizable energy values, corrected for retained nitrogen, are lower and more variable than true metabolizable energy values.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALBORNOZ, R. Determinación de la energía metabolizable verdadera en materias primas colombianas en aves. Bogotá, Universidad Nacional-Instituto Colombiano Agropecuario, 1978. 55p. (Tesis Mag. Sci.).
2. ANDERSON, D. L.; HILL, F. W.; RENNER, R. Studies of the metabolizable and productive energy of glucose for the growing chick. *Journal of Nutrition* v.65 no.4, p.561-574. 1958.
3. BUITRAGO, J. Inter-relaciones nutritivas fibra-energía-proteína en raciones para aves y cerdos. *Revista ICA (Colombia)* v.8 no.1, p.47-59. 1973
4. CAREW JUNIOR, L. B. Establishing standardized procedures for metabolizable energy determination. *Feedstuffs* v.45 no.12, p.25. 1973.
5. CULLEN, M. P.; RASMUSSEN, O. G.; WILDER, O. H. G. Metabolizable energy value and utilization of different types and grades of fat by the chick. *Poultry Science* v.41 no.2, p.360-367. 1962.
6. DANSKY, L. M.; HILL, F. W. Application of the chromic oxide indicator method to balance studies with growing chickens. *Journal of Nutrition* v.47 no.3, p.449-459. 1952.
7. FARREL, D. J. Rapid determination of metabolizable energy of foods using cockerels. *British Poultry Science* v.19 no.3, p.303-308. 1978.
8. FARREL, D. J. La determinación rápida de la energía metabolizable de las sustancias de los alimentos para aves de corral. Bruselas, National Renderers Association, 1979. 2 p. (Bulletin, no.745).
9. GRANDA, B. Potencial nutritivo de la harina de arroz en pollos de engorde. Bogotá, Universidad Nacional-Instituto Colombiano Agropecuario, 1976. 84 p. (Tesis Mag. Sci.).
10. GUILLAUME, J.; SUMMERS, J. D. Maintenance energy requirement of the rooster and influence of plane of nutrition on metabolizable energy. *Canadian Journal of Animal Science* v.50 no.2, p.363-369. 1970.

11. GUIRGUIS, N. Evaluating poultry feedstuffs in terms of their metabolizable energy content and chemical composition. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry v.15 no.77, p.773-779. 1975.
12. GUIRGUIS, N. Metabolizable energy values of fats and protein concentrates for poultry: effect of sex and inclusion level of feedstuffs. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry v.16 no.82, p.691-695. 1976.
13. HAN, I. K.; HOCHTETLER, H. W.; SCOTT, M. L. Metabolizable energy values of some poultry feeds determined by various methods and their estimation using metabolizability of the dry matter. Poultry Science v.55 no.4, p.1335-1342. 1976.
14. HILL, F. W.; ANDERSON, D. L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. Journal of Nutrition v.64 no.4, p.587-603. 1958.
15. HILL, F. W.; ANDERSON, D. L.; RENNER, R.; CAREW JUNIOR, L. B. Studies of the metabolizable energy of grain and grain products for chickens. Poultry Science v.39 no.3, p.573-579. 1960.
16. HUBBELL, Ch. Feedstuffs analysis table. Feedstuffs v.50 no.4, p.32-33. 1978.
17. ISAZA, J. N. Determinación de energía metabolizable de ingredientes alimenticios de uso común en Colombia en raciones para aves. Bogotá, Universidad Nacional-Instituto Colombiano Agropecuario, 1973. 85 p. (Tesis Mag. Sci.).
18. KOHLER, G. O.; KUZMICKY, D. D. Problems concerned with determination and interpretation of metabolizable energy values. Feedstuffs v.42 no.12, p.18. 1970.
19. KYRIACOS, CH.; DAGHIR, N. J. Factors affecting the metabolizable energy values of four different poultry feedstuffs. Poultry Science v.55 no.5, p.1657-1662. 1976.

20. MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; ARNOLD, A. W.; SINGSEN, E. P. Studies in evaluating energy content of feeds for the chick. 2. Methods of evaluating feed ingredients for their metabolizable energy in the chick. Poultry Science v.37 no.5, p.1215. 1958.
21. MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W. and ARNOLD, A. W. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. University of Connecticut. Agriculture Experiment Station. 1965. p.1-11. (Connecticut Research Report, 7.).
22. RENDON, M. Contribución energética de varias grasas en dietas para pollos asaderos a temperaturas ambientales diferentes. Revista ICA (Colombia) v.11 no.2, p.125-138. 1976.
23. RENNER, R.; HILL, F. W. The utilization of corn oil, lard and tallow by chickens of various ages. Poultry Science v.39 no.4, p.849-854. 1960.
24. ROJAS, S. Nutrición general. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina, 1974. 286 p.
25. SCOTT, M. L.; NESHEIM, M. C.; YOUNG, R. J. Alimentación de las aves, Barcelona, Ediciones GEA, 1973. p.432-435.
26. SIBBALD, I. R.; SUMMERS, J. D.; SLINGER, S. J. Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feeds. Poultry Science v.39 no.3, p.544-556. 1960.
27. SIBBALD, I. R.; SLINGER, S. J. Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feed. 10. A study of the effect of level of dietary inclusion on the metabolizable energy values of several high protein feedingstuffs. Poultry Science v.41 no.4, p.1282-1289. 1962.
28. SIBBALD, I. R.; SLINGER, S. J.; ASHTON, G. C. Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feeds. 5. The level of protein and of test material in the diet. 6. A note on the relationship between digestible and metabolizable energy values. Poultry Science v.41 no.1, p.107-115. 1962.
29. SIBBALD, I. R.; SLINGER, S. J. The relationship between classical and correct metabolizable energy values. Poultry Science v.41 no.3, p.1007-1009. 1962.

30. SIBBALD, I. R.; SLINGER, S. J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. *Poultry Science* v.42 no.2, p.313-325. 1963.
31. SIBBALD, I. R.; CZARNOCKI, J.; SLINGER, S. J.; ASHTON, G C. The prediction of the metabolizable energy content of poultry feedingstuffs from a knowledge of their chemical composition. *Poultry Science* v.42 no.2, p. 486-492. 1963.
32. SIBBALD, I. R. Indirect methods for measuring metabolizable energy in poultry feeds and ingredients. *Feedstuffs* v.47 no.7, p.22-24. 1975.
33. SIBBALD, I. R. The effect of level of feed intake on metabolizable energy values measured with adult roosters. *Poultry Science* v.54 no.4, p.1990-1997. 1975.
34. SIBBALD, I. R.; PRICE, K. Variation in the metabolizable energy values of diets and dietary components fed to adult roosters. *Poultry Science* v.54 no.2, p.448-456. 1975.
35. SIBBALD, I. R. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Science* v.55 no.1, p.303-308. 1976.
36. SIBBALD, I. R. The effect of the duration of starvation of the assay bird on the true metabolizable energy values. *Poultry Science* v.55 no.4, p.1578-1579. 1976.
37. SIBBALD, I. R. The true metabolizable energy values of several feedingstuffs measured with roosters, laying hens, turkeys and broiler hens. *Poultry Science* v.55 no.4, p.1459-1463. 1976.
38. SIBBALD, I. R. A test of the additivity of true metabolizable energy values of feedingstuffs. *Poultry Science* v.56 no.1, p.363-366. 1977.
39. SIBBALD, I. R.; PRICE, K. The effect of level of dietary inclusion and of calcium on the true metabolizable energy values of fats. *Poultry Science* v.56 no.6, p.2070-2078. 1977.

40. SIBBALD, I. R. The effect of level of feed input on true metabolizable energy values. Poultry Science v.56 no.5, p.1662-1663. 1977.
41. SIBBALD, I. R. The effect of steam pelleting on the true metabolizable energy values of poultry diets. Poultry Science v.56 no.5, p.1686-1688. 1977.
42. SIBBALD, I. R. The "true metabolizable energy" system Feedstuffs v.49 no.42/43, p.22-23. 1977.
43. SIBBALD, I. R. The true metabolizable energy values for poultry, of rapeseed and of the meal and derived therefrom. Poultry Science v.56 no.5, p.1652-1656. 1977.
44. SIBBALD, I. R.; KRAMER, K. G. The true metabolizable energy values of fats and fat mixtures. Poultry Science v.56 no.6, p.2079-2086. 1977.
45. SIBBALD, I. R. The true metabolizable energy values of some feedingstuffs. Poultry Science v.56 no. 1, p.380-382. 1977.
46. SIBBALD, I. R. The effect of the age of the assay bird on the true metabolizable energy values of feedingstuffs. Poultry Science v.57 no.4, p.1008-1012. 1978.
47. SIBBALD, I. R.; KRAMER, J. K. G. The effect of the basal diet on the true metabolizable energy value of fat. Poultry Science v.57 no.3, p.685-691. 1978.
48. SIBBALD, I. R. The effect of the duration of the time interval between assay on true metabolizable energy values measured with adult roosters. Poultry Science v.57 no.2, p.455-460. 1978.
49. SIBBALD, I. R.; PRICE, K. The metabolic and endogenous energy losses of adult roosters. Poultry Science v.57 no.2, p. 556-557. 1978.
50. SIBBALD, I. R. The true metabolizable energy values of mixtures of tallow with either soybean oil or lard. Poultry Science v.57 no.2, p.473-477. 1978.

51. STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. Principales and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. 481 p.
52. VOHRA, P. Energy concepts for poultry nutrition. World's Poultry Science Journal v.22 no.1, p.6-24. 1966.