



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

**“DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA ENERGÍA
METABOLIZABLE VERDADERA CORREGIDA PARA NITRÓGENO
(E.M.V.n) DE 4 TIPOS DE MAÍZ EN GALLOS REPRODUCTORES
ADULTOS SEMIPESADOS LOHMANN BROWN”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERA ZOOTECNISTA

AUTORA

MARÍA FERNANDA VALLEJO ESPINOZA

Riobamba-Ecuador

2008

Esta Tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal

Ing. M.C. José María Pazmiño Guadalupe.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.C. Hernán Patricio Guevara Costales.
DIRECTOR

Ing. M.C. Luis Rafael Fiallos Ortega PhD.
ASESOR

FECHA: Riobamba, 8 de Octubre del 2008.

CONTENIDO

Resumen		v
Abstract		
vi		
Lista	de	Cuadros
vii		
Lista	de	Gráficos
viii		
Lista	de	Anexos
ix		
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>		1
II. <u>REVISION DE LITERATURA</u>		3
A. VALOR NUTRITIVO DE LOS CEREALES		3
1. <u>Valor energético de los cereales</u>		3
2. <u>Valor proteico de los cereales</u>		4
B. EL MAIZ		6
1. <u>Descripción botánica</u>		7
a. Sistema radicular		7
b. Hojas		8
c. Tallos		8
d. Inflorescencia		8
C. DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE LOS ALIMENTOS PARA AVES		12
1. <u>Utilización de la energía de los alimentos por las aves</u>		12
2. <u>Relaciones entre las formas de energía</u>		15
3. <u>Colecta Total de Excretas (Método Tradicional)</u>		19
4. <u>Uso de indicadores</u>		21
5. <u>Método de Alimentación precisa</u>		25
6. <u>Ecuaciones de predicción de la EM de los alimentos</u>		26
7. <u>Factores que afectan la EM de los alimentos para aves</u>		27
III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>		30
A. LOCALIZACION Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO		30

B. UNIDADES EXPERIMENTALES	30
C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES	31
1. <u>De Campo</u>	31
2. <u>Equipos de Laboratorio</u>	31
3. <u>Instalaciones</u>	31
D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	32
E. MEDICIONES EXPERIMENTALES	32
F. ANALISIS ESTADISTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	33
G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	33
1. <u>De Campo</u>	33
2. <u>De laboratorio</u>	34
H. METODOLOGIA DE EVALUACION	34
1. <u>Determinación de la Humedad Higroscópica</u>	34
2. <u>Determinación de la Ceniza</u>	34
3. <u>Determinación de la Proteína Bruta</u>	35
4. <u>Determinación del Extracto Etéreo</u>	35
5. <u>Determinación de la Fibra Bruta</u>	35
6. <u>Determinación del Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)</u>	36
7. <u>Energía Metabolizable Aparente – Kcal/Kg M.S</u>	36
8. <u>Energía Metabolizable Verdadera- Kcal/Kg M.S</u>	36
9. <u>Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno- Kcal/Kg M.S</u>	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	38
A. EVALUACION DE LA COMPOSICION QUIMICA DE DIFERENTES TIPOS DE MAIZ	38
1. <u>Contenido de Materia Seca</u>	38
2. <u>Contenido de Materia Orgánica y Cenizas</u>	38
3. <u>Contenido de Proteína Cruda</u>	40
4. <u>Contenido de Extracto Etéreo</u>	41
5. <u>Contenido de Fibra Cruda</u>	41
6. <u>Contenido de Extracto Libre de Nitrógeno</u>	42
B. EVALUACION DE LA DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE LOS NUTRIENTES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MAIZ (MAÍZ DE LA SIERRA, COSTA, ORIENTE E IMPORTADO).	43

1. <u>Coeficiente de digestibilidad de la materia seca</u>	43
2. <u>Coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda</u>	43
3. <u>Coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda</u>	46
4. <u>Coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo</u>	46
5. <u>Coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno</u>	46
C. EVALUACIÓN DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE CONTENIDA EN LOS DIFERENTES TIPOS DE MAIZ (MAÍZ DE LA SIERRA, COSTA, ORIENTE E IMPORTADO), UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES.	50
1. <u>Energía metabolizable verdadera</u>	50
2. <u>Energía metabolizable corregida para nitrógeno</u>	52
3. <u>Energía metabolizable aparente</u>	52
D. COMPORTAMIENTO DE LA ENERGIA METABOLIZABLE EN FUNCION A LA COMPOSICION QUIMICA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MAIZ (MAÍZ DE LA SIERRA, COSTA, ORIENTE E IMPORTADO), UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES.	53
1. <u>Predicción de la Energía metabolizable verdadera</u>	53
2. <u>Predicción de la Energía metabolizable corregida para nitrógeno</u>	57
3. <u>Predicción de la Energía metabolizable aparente</u>	61
V. <u>CONCLUSIONES</u>	64
VI. <u>RECOMENDACIONES</u>	66
VII. <u>LITERATURA CITADA</u>	67
ANEXOS	71

LISTA DE CUADROS

No.		
Pág.		
1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR ENERGÉTICO DEL MAÍZ.	3
2.	COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA (%) DEL MAÍZ.	5
3.	VALORES NUTRICIONALES DEL MAÍZ IMPORTADO.	9
4.	VALORES NUTRICIONALES DEL MAÍZ NACIONAL.	10
5.	IMPORTACIONES DE MAÍZ AMARILLO DURO.	10
6.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN NACIONAL DE MAÍZ DURO.	11
7.	ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE (EMA) Y ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE CORREGIDA PARA BALANCE DE NITRÓGENO (EMAN) UTILIZANDO EL MÉTODO DE COLECTA TOTAL CON POLLOS Y GALLOS.	16
8.	EMAn y EMVn UTILIZANDO GALLOS POR EL MÉTODO DE COLECTA TOTAL Y POR LA TÉCNICA DE LA ALIMENTACIÓN FORZADA.	17
9.	VALORES DE ENERGÍA METABOLIZABLE DE LOS ALIMENTOS DETERMINADA POR DIFERENTES METODOLOGÍAS.	18
10.	DESEMPEÑO DE POLLOS PARRILLEROS ALIMENTADOS CON RACIONES FORMULADAS CON BASE EN LA ENERGÍA METABOLIZABLE DE LOS ALIMENTOS DETERMINADA POR	18

DIFERENTES METODOLOGÍAS, DE 1 A 21 DÍAS Y DE 22 A 42 DÍAS DE EDAD.

11. VALORES DE ENERGÍA METABOLIZABLE DETERMINADOS CON POLLOS POR EL MÉTODO DE COLECTA TOTAL Y COLECTA PARCIAL DE EXCRETAS CON EL USO DE ÓXIDO DE CROMO. 23
12. VALORES DE ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE DE LA CEBADA DETERMINADOS UTILIZANDO ÓXIDO DE CROMO Y CENIZA ÁCIDA INSOLUBLE COMO INDICADOR DE INDIGESTIBILIDAD. 24
13. VALOR ENERGÉTICO DE GRANOS Y SUBPRODUCTOS DE TRIGO, OBTENIDOS EN ENSAYO DE METABOLISMO Y POR MEDIO DE ECUACIONES DE PREDICCIÓN (Kcal/Kg. DE MS). 27
14. ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE CORREGIDA PARA DIFERENTES INGREDIENTES Y LÍNEAS DE POLLOS PARRILLEROS. 28
15. EFECTO DEL PROCESAMIENTO EN LA DETERMINACIÓN DE LA EMAN DE LA SOJA CON POLLOS. 29
16. CONDICIONES METEOROLOGICAS. 30
17. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO. 32
18. ESQUEMA DEL ADEVA. 33
19. COMPOSICION QUIMICA DE DIFERENTES TIPOS DE MAIZ (MAIZ DE LA SIERRA, COSTA, ORIENTE E IMPORTADO) 39

UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES.

20. EVALUACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE LOS NUTRIENTES DE DIFERENTES TIPOS DE MAIZ (MAIZ DE LA SIERRA, COSTA, ORIENTE E IMPORTADO) UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES. 43
21. CONTENIDO DE ENERGIA METABOLIZABLE EN FUNCION A LA COMPOSICION QUIMICA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MAIZ (MAÍZ DE LA SIERRA, COSTA, ORIENTE E IMPORTADO), UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES. 51
22. CORRELACIÓN Y REGRESIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ENERGIA METABOLIZABLE VERDADERA EN FUNCION A LA COMPOSICION QUIMICA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MAIZ (MAÍZ DE LA SIERRA, COSTA, ORIENTE E IMPORTADO), UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES. 56
23. CORRELACIÓN Y REGRESIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ENERGIA METABOLIZABLE VERDADERA CORREGIDA PARA NITRÓGENO EN FUNCION A LA COMPOSICION QUIMICA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MAIZ (MAÍZ DE LA SIERRA, COSTA, ORIENTE E IMPORTADO), UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES. 60
24. CORRELACIÓN Y REGRESIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ENERGIA METABOLIZABLE APARENTE EN FUNCION A LA COMPOSICION QUIMICA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MAIZ (MAÍZ DE LA SIERRA, COSTA, ORIENTE E IMPORTADO), UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES. EFICIENTE DE DETERMINACIÓN. 64

LISTA DE GRAFICOS

No.		
Pág.		
1.	Esquema de la utilización de la energía por las aves.	13
2.	Coeficiente de Digestibilidad in Vivo de la Materia Seca de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.	44
3.	Coeficiente de Digestibilidad in Vivo de la Proteína Cruda de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.	45
4.	Coeficiente de Digestibilidad in Vivo de la Fibra Cruda de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.	47
5.	Coeficiente de Digestibilidad in Vivo del Extracto Etéreo de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.	48
6.	Coeficiente de Digestibilidad in Vivo del Extracto Libre de Nitrógeno de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.	49
7.	Tendencia de la Regresión de la Energía Metabolizable Verdadera en función del porcentaje de Extracto Etéreo de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.	54
8.	Tendencia de la Regresión de la Energía Metabolizable Verdadera en función del porcentaje de Fibra Cruda de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.	55

9. Tendencia de la Regresión de la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno en función del porcentaje de Extracto Etéreo de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves. 58
10. Tendencia de la Regresión de la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno en función del porcentaje de Fibra Cruda de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves. 59
11. Tendencia de la Regresión de la Energía Metabolizable Aparente en función del porcentaje de Extracto Etéreo de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves. 62
12. Tendencia de la Regresión de la Energía Metabolizable Aparente en función del porcentaje de Fibra Cruda de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves. 63

LISTA DE ANEXOS

No.

1. Análisis de Varianza de los Coeficientes de Digestibilidad de los Nutrientes de diferentes tipos de maíz utilizados en la alimentación de aves.
2. Análisis de Varianza de la Energía Metabolizable contenida en diferentes tipos de maíz utilizados en la alimentación de aves.
3. Correlación para la Energía Metabolizable y la Composición Química de diferentes tipos de maíz utilizados en la alimentación de aves.
4. Análisis de Regresión Simple para la predicción de la Energía Metabolizable en función del Extracto Etéreo y Fibra Cruda de diferentes tipos de maíz utilizados en la alimentación de aves.
5. Análisis de Regresión Múltiple para la Energía Metabolizable en función de los diferentes Nutrientes, de diferentes tipos de maíz utilizados en la alimentación

AGRADECIMIENTO

Mi eterna gratitud para quienes me apoyaron en todos los momentos de mi vida estudiantil, en especial para mis maestros, que con nobleza, alegría y transparencia me entregaron sus sabias enseñanzas y que fueron testigos de mis triunfos y fracasos.

Gracias a mis padres que significan un ejemplo de superación, estabilidad familiar y la perfecta entrega de amor.

A mis amigos que con ellos compartimos todo el tiempo necesario para culminar esta etapa.

FERNANDA

DEDICATORIA

Al terminar una etapa más de mi vida estudiantil agradezco a Dios por darme la oportunidad de llegar alcanzar este momento anhelado.

A mi esposo Luis e hijos Mateo y Emily por la paciencia que me tuvieron y por ser el pilar fundamental en mi vida, que con sus constantes consejos y muestras de cariño hicieron posible la culminación de un peldaño más de la carrera del éxito, que me ha capacitado para un futuro mejor.

A mis padres que con amor y sacrificio supieron abrirme camino para llegar al éxito.

FERNANDA

RESUMEN

En las instalaciones del Laboratorio Nutrición Animal y Bromatología. de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, ubicada en la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo, se evaluó la digestibilidad de los nutrientes y valor de la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno (E.M.V.n) de cuatro tipos de maíz (Sierra, Costa, Oriente e Importado) en aves, bajo un Diseño Completamente al Azar, durante 120 días de experimentación. Determinándose que el maíz de la Costa utilizado en la alimentación de Aves presenta mayores coeficientes de digestibilidad para la Materia Seca, Proteína Cruda, Extracto Etéreo y Extracto Libre de Nitrógeno con coeficientes de 85.59, 52.68, 91.23 y 91.13 % en su orden, en tanto que el mayor coeficiente de digestibilidad para la Fibra Cruda se determinó en el maíz importado con 31.24 % de digestibilidad. Por su parte la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno es superior en el maíz de la Costa y maíz de la Sierra con promedios de 3713.29 y 3640.71 Kcal. de EMVn/Kg. de Materia Seca respectivamente, seguido por el maíz Importado con un promedio de 3548.83 Kcal. de EMVn/kg de Materia Seca, ubicando al maíz del Oriente con menor contenido 3337.64 Kcal. de EMVn/Kg. de Materia Seca. Por lo anteriormente expuesto se recomienda, desarrollar otras investigaciones en Pruebas de Digestibilidad con aves, con el fin de establecer la calidad nutritiva verdadera de los alimentos que actualmente son utilizados en las raciones para aves, lo que permitirá actualizar bases de datos dentro de los programas de formulación.

ABSTRACT

At the installation of the Animal Nutrition and Bromatology Lab of the Cattle and livestock Science Faculty of the ESPOCH, located in Riobamba city, Chimborazo Province, the digestibility of the nutrients and the True Metabolizable Energy value corrected for Nitrogen (E.M.V.n) of four corn types (Sierra, Coast, Eastern Region and imported) in bird, under a completely at random design, over a 120-day experimentation were evaluated. It was determined that the corn from the Coast, used in feeding birds shows higher digestibility coefficients for the dry matter, raw protein, ether extract and free nitrogen extract with coefficients of 85.59, 52.68, 91.23 and 91.13%; on the other hand, the major digestibility coefficient for raw fiber was determined in the imported corn with 31.24% digestibility. As to the True Metabolizable Energy corrected for nitrogen, it was higher in the Coast corn and the Sierra corn with averages of 3713.29 and 3640.71 Kcal of EMVn/Kg dry matter respectively. It is therefore recommended to develop other investigations in the bird Digestibility Test to establish the true nutritive feed quality used at present in bird rations which will update databases within the formulation programs.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad para la formulación de raciones destinadas a aves, se hace uso de tablas internacionales, entre las cuales destacan las del N.R.C, A.R.C e INRA, en donde no se expone detalladamente sobre la energía metabolizable del maíz, dándonos un solo valor como promedio sin tomar en cuenta la variedad a ser utilizada, a pesar que se conoce que nuestro país el maíz nacional que es una variedad considerada como la mejor del mundo supera en calidad al importado.

En este contexto los productores basados en tablas internacionales que no se ajustan a nuestra realidad, formulan sus dietas desconociendo la calidad nutritiva, que diariamente es suministrada a sus animales.

Por otro lado el valor nutritivo de los cereales, como el de cualquier alimento, depende tanto de su contenido en principios inmediatos como de la capacidad del animal para transformarlos en nutrientes. Por lo tanto, hay factores de variación del valor nutritivo de un alimento intrínseco y común para todas las especies, y otros extrínsecos que dependen del animal y que van a ser los responsables de las diferencias en su valor nutritivo entre especies. Los factores intrínsecos son todos los relacionados con la composición química del alimento y la organización de esos compuestos químicos en estructuras más complejas dentro de las células y tejidos de la planta. Los factores extrínsecos son todos aquellos relacionados con la capacidad de digerir (capacidad enzimática, tiempo de tránsito y presencia de otros compuestos que retarden o inhiban la acción enzimática) y capacidad de absorberse en la pared intestinal del animal los nutrientes producidos por el alimento.

Consientes que los parámetros ya establecidos en tablas nutricionales no son del todo aplicables para la formulación de dietas balanceadas en nuestro país, es necesario la experimentación en nuestro propio medio, con nuestros animales para obtener resultados y establecer parámetros de referencia para un mejor aprovechamiento de la materia prima.

Por lo anteriormente expuesto en la presente investigación, se estudió la

determinación del valor energético en diferentes tipos de maíz (costa, sierra oriente e importado), a través de pruebas de digestibilidad, debido a que no existen tablas con valores reales, lo que se traduce en formulaciones que no cumplen las expectativas productivas, para lo cual nos hemos planteado los siguientes objetivos:

- Establecer la composición química de diferentes tipos de maíz (Costa, Sierra, Oriente e Importado).
- Determinar los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de 4 tipos de maíz (Costa, Sierra, Oriente e Importado) en aves.
- Determinar el valor de la energía metabolizable corregida para nitrógeno (E.M.V.n) de diferentes tipos de maíz (Costa, Sierra, Oriente e Importado) en aves.

II. REVISION DE LITERATURA

A. VALOR NUTRITIVO DE LOS CEREALES

1. Valor energético de los cereales

El valor energético de los cereales procede fundamentalmente de la utilización por parte del animal del almidón contenido en el endospermo del grano. El contenido en almidón de los cereales es alto y oscila entre un 40 y 70%. Los valores más bajos corresponden a los granos vestidos donde las cubiertas externas del grano suponen un peso más elevado (30 y 18% para la avena y cebada, respectivamente) y los más altos a los que se denominan granos desnudos (5-7% para el maíz, trigo y sorgo). En el cuadro 1 se presentan los valores energéticos del cereal obtenidos por distintos autores. Excepto la avena (2950 kcal/kg MS), el maíz, sorgo, trigo y cebada presentan valores energéticos medios comprendidos entre 3500 y 3650 kcal/kg MS. (<http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos>. 1995).

Cuadro 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR ENERGÉTICO DEL MAÍZ.

	FB	PB	EB	CDE	ED
	%	%	(kcal/kgMS)	%	(kcal/kgMS)
MAIZ					
Maertens et al. (1988).	4,1	10,0	4533	77,9	3374
Villamide y de Blas (1991).	3,2	8,8	4446	76,2	3388
Hullar et al. (1992).	2,2	10,2	4500	76,8	3670

Fuente: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos>. (1995).

Es interesante señalar que algunos de los valores más bajos de este intervalo corresponden al maíz, al contrario de lo que ocurre en cerdos y aves cuando se comparan estos cereales. Este hecho parece estar relacionado con la menor digestibilidad que presenta el almidón del grano de maíz frente a otras fuentes de almidón (Blas, E. et al. 1990; Gidenne, T. y Pérez, J.1993). Los resultados obtenidos por Gidenne, T. y Pérez, J. (1993), muestran que la menor digestibilidad del almidón del grano de maíz frente al de la cebada o el del guisante se observa tanto a nivel ileal como a nivel cecal.

Sin embargo, este efecto no parece deberse a una falta de capacidad enzimática del animal a diferencias en la naturaleza química del almidón entre distintas fuentes ya que, el almidón purificado de maíz mostró una digestión completa, incluso a nivel ileal. Parece, por tanto, que es la estructura del grano y las propiedades físicas que se derivan de ésta las que juegan un papel importante en su utilización digestiva. El maíz posee una proporción de endospermo córneo mayor que el trigo y la cebada (40-50% vs 10-20%, respectivamente).

Este endospermo córneo se caracteriza por tener una matriz proteica continua y densa que recubre los gránulos de almidón. Esto confiere al grano resistencia a la fractura y por tanto produce, durante la molienda, un tamaño de partícula más grande que el de otros cereales con mayor proporción de endospermo harinoso, la menor superficie expuesta al ataque enzimático y la protección física del almidón que supone el recubrimiento con la proteína insoluble, podrían explicar su menor digestibilidad tanto a nivel ileal como cecal. (Lorenz, K. y Kulp, K. 1991).

Teniendo en cuenta que el tamaño medio de criba utilizado en la molienda durante la fabricación de piensos de conejos no permite un molido fino (3-4 mm),

(Mateos, G. y Piquer, J. 1994), el valor energético recomendado para el maíz sería de 3500-3600 kcal/kg MS. Los valores más altos de este intervalo corresponderían a animales adultos donde la digestibilidad es casi completa, o al grano de maíz sometido a un tratamiento físico que rompa su estructura (extrusionado o molido fino). Los valores menores corresponderían a animales jóvenes en crecimiento donde la digestibilidad del almidón es significativamente menor con 7% de media. (Blas, E. et al. 1990).

2. Valor proteico de los cereales

Las proteínas de los cereales han sido clasificadas tradicionalmente por su solubilidad en cuatro grupos. Las albúminas son solubles en agua, las globulinas en soluciones salinas diluídas, las prolaminas (gliadinas) en soluciones acuosas de alcohol y las glutelinas en soluciones ácidas o básicas. Las albúminas y globulinas son minoritarias (5-20% del total de proteína) en todos los cereales excepto en la avena (80%).

Las prolaminas y glutelinas constituyen la fracción mayoritaria (80-90%) de la proteína del grano y, aunque por su solubilidad cabría esperar una menor digestibilidad, su localización preferente en el endospermo del grano (proteína de reserva) tiende a hacerlas más accesibles a la hidrólisis enzimática (Wiseman, J. e Inborr, J. 1990).

En el cuadro 2, se muestran los datos de digestibilidad de la proteína obtenida por distintos autores para el maíz.

Cuadro 2. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA (%) DEL MAÍZ.

Autor	Maíz
Maertens et al. (1988).	62,4
Villamide y De Blas. (1991).	59,9

Fuente: [http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos.\(1995\).](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos.(1995).)

El trigo y la avena presentan los valores más altos de digestibilidad de la proteína (77 y 75% respectivamente), mientras que en la cebada, el maíz y el sorgo los valores son del orden de 10 a 15 puntos inferiores. De nuevo parece que la mayor proporción de endospermo córneo en el maíz y el sorgo podría hacer más indigestible la proteína del endospermo del grano. Este hecho, además,

contribuiría a explicar el relativamente bajo valor en energía digestible del maíz. Una vez que se rompe esa estructura, la utilización de la proteína se incrementa. Villamide, M. et al. (1991), dan un coeficiente de digestibilidad de la proteína para el gluten meal-60 del 84%. Las grandes diferencias observadas en la digestibilidad de la proteína entre cereales ponen de manifiesto, una vez más, la necesidad de formular la proteína en unidades digestibles ya que estas diferencias enfatizan el déficit de proteína de cereales, como el maíz, respecto a las necesidades del conejo.

Dado que tanto prolaminas como glutelinas se caracterizan por su bajo contenido en aminoácidos limitantes, especialmente lisina y treonina, los cereales se muestran deficitarios en estos mismos aminoácidos. Estas diferencias pueden elevarse cuando se produce un aumento del contenido en proteína del cereal como consecuencia del abonado, ya que este aumento se produce, sobre todo, en las proteínas de reserva (Wiseman, J. e Inborr, J. 1990).

Finalmente, conviene recordar que el valor relativo de los cereales para cubrir las necesidades de aminoácidos en conejos podría cambiar si el contenido se expresa en aminoácidos digestibles ya que, como se ha comprobado en otras materias primas (alfalfa), la digestibilidad de los aminoácidos es distinta entre sí y distinta a su vez de la del conjunto de la proteína. (Mateos, G. y Piquer, J. 1994).

B. EL MAIZ

Sarmiento, J. (1992), en <http://www.cipca.org.pe> manifiesta que el maíz es una gramínea anual de crecimiento rápido y gran capacidad productiva, adaptada a las más diversas condiciones del clima y del suelo. Constituye, después del trigo y el arroz, el cultivo más importante en la alimentación humana y animal.

Por recientes descubrimientos arqueológicos y paleobotánicos, se ha logrado determinar que el maíz procede de un antepasado de tipo silvestre que fue un cereal de grano duro contenido en una vaina, en el que cada semilla estaba protegida por una cubierta formada por dos valvas, el teocintle.

El maíz que conocemos actualmente (*Zea mays*) no tiene esta cubierta y los granos están unidos en una mazorca, la que a su vez está contenida en una envoltura de hojas. Este cereal es el resultado de un continuo proceso de

selección humana a partir de este antecesor silvestre de vaina, llamado teocintle (*Zea mexicana*), aunque también se ha opinado que podría ser el *Tripsacum*, otro pariente silvestre del maíz.

Al igual que otros cereales, el maíz es muy deficitario en calcio, sodio, microminerales y vitaminas hidrosolubles. El contenido en fósforo es aceptable (0,27%) pero en gran parte se encuentra en forma de fitatos poco disponibles. Además, el grano no contiene fitasas activas. El maíz es una buena fuente de vitamina A y de xantofilas; contiene mono y dihidroxipigmentos (luteína y zeaxantina) que son activos para dar color a la carne de pollo y la yema de los huevos. Los niveles de xantofilas totales son especialmente altos en el maíz plata argentino (26,2 vs 18,0 ppm en variedades normales).

Sarmiento, J. (1992), en <http://www.cipca.org.pe>, manifiesta que el maíz amarillo duro (*Zea mays*) es una gramínea originaria del continente americano. La planta alcanza un tamaño variable entre 0,60 y 2,4 m. El tallo es erguido y macizo, a diferencia de otras gramíneas que lo tienen hueco. Las hojas son alternas, largas y estrechas.

El tallo principal termina en una inflorescencia masculina; la cual está formada por numerosas flores pequeñas llamadas espículas, cada una con tres anteras pequeñas que producen los granos de polen o gametos masculinos. La inflorescencia femenina es una estructura única llamada mazorca, conformada por semillas dispuestas sobre un núcleo duro. La mazorca crece envuelta en unas hojas modificadas o brácteas, las fibras sedosas o pelos que brotan de la parte superior de la panoja son los estilos prolongados, unidos cada uno de ellos a un ovario individual. El polen de la panícula masculina, es arrastrado por el viento, cae sobre estos estilos, donde germina y avanza hasta llegar al ovario; cada ovario fertilizado crece hasta transformarse en un grano de maíz. (Sarmiento, J. 1992).

Los frutos son cariósides, redondeados, brillantes, amarillentos o rojizos, situados en hileras a lo largo de toda la mazorca. En el caso del maíz amarillo duro este presenta un endospermo corneo o cristalino y se utiliza para consumo animal, humano e industrial.

1. Descripción botánica

a. Sistema radicular

El maíz es una gramínea anual. Las cuatro o cinco raíces que se desarrollan inicialmente a partir de la semilla (raíces primarias) sólo son funcionales durante los primeros estadios de desarrollo. Estas raíces van degenerando y son sustituidas por otras secundarias o adventicias, que se producen a partir de los ocho y diez primeros nudos de la base del tallo, situados por debajo del nivel del suelo. Forman un sistema radicular denso, a nodo de cabellera, que se extiende a una profundidad variable, aunque su mayor parte está en los quince primeros centímetros.

A partir de los cuatro o cinco nudos por encima de la superficie, emite otro tipo de raíces adventicias más gruesas, los raigones, que sirven para mejorar el anclaje de la planta.(Mateos,G. y Piquer,J.1994).

b. Hojas

Las hojas se disponen alternadamente en dos filas a lo largo del tallo. En cada una de ellas pueden distinguirse dos partes: la vaina y la lámina o limbo. La vaina es la parte inferior de la hoja; va insertada en el nudo y envuelve al entrenudo como un cilindro. La lámina corresponde a lo que normalmente se entiende por hoja, puede llegar a los 1,5 m de largo por 0,1 m de ancho y tiene la nerviación paralela. (Mateos,G. y Piquer,J.1994).

c. Tallos

Los tallos o cañas los forman una sucesión de nudos y entrenudos. Los primeros son zonas abultadas a partir de los cuales se produce la elongación de los entrenudos y se diferencian las hojas. Cada nudo es el punto de inserción de una hoja. A diferencia de lo que ocurre con la mayoría de las otras gramíneas, en el maíz los entrenudos son macizo, en lugar de huecos. (Mateos,G. y Piquer,J.1994).

d. Inflorescencia

Mateos,G. y Piquer,J.(1994), expresa que el maíz produce flores unisexuales masculinas y femeninas, agrupadas en inflorescencias, en distintas partes de la planta.

- El penacho o inflorescencia masculinas encuentra en la parte superior de la planta y lo forman un eje central y varias ramas laterales. Sobre ellas se

implantan, de dos en dos, muchas inflorescencias elementales, denominadas espiguillas. Cada una de éstas posee, a su vez, dos flores, que son las encargadas de producir el polen.

- La mazorca o inflorescencia femenina, que surge hacia la mitad del tallo, está protegida por un conjunto de hojas especiales (brácteas), que la recubren por completo. Consta de un eje central engrosado (zuro) sobre el que se insertan las espiguillas con las flores femeninas en hileras longitudinales dobles. Cada espiguilla contiene dos flores y, por ello, el número de hileras de granos por mazorca es casi siempre par. En cada flor hay un ovario, que se prolonga en un largo estilo de hasta 50 cm., (seda), en cuyo extremo se encuentra el estigma, receptor del grano de polen.
- Los estigmas de todas las flores de la mazorca se agrupan para salir al exterior por el extremo superior del zurro, a través de las brácteas, formando un mechón. Los estigmas permanecen receptivos unos catorce días, mientras que el grano de polen sólo es viable durante aproximadamente 24 horas.
- El maíz es una planta alogama, es decir, que la mayor parte de sus flores femeninas (más de un 95%) son fecundadas con polen de otras plantas de la misma especie.

La Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA).2003, manifiesta que el maíz amarillo es un cultivo de carácter extensivo que se siembra en todas las provincias, especialmente en la Costa. Para 98 851 Unidades de Producción Agrícolas este producto representa la principal fuente de ingresos. Además es la materia prima más utilizada por la industria fabricante de balanceado como se indica en el Cuadro 5.

Cuadro 5. IMPORTACIONES DE MAÍZ AMARILLO DURO.

Año	Mes	País de origen	Volumen Tm.	Valor FOB miles US\$	Valor CIF miles US\$
2005	Ene	ESTADOS UNIDOS	26,006	2,116,560	2,930,280
	Feb	ESTADOS UNIDOS	83,205	8,267,000	11,057,330
	Mar	ESTADOS UNIDOS	32,998	3,447,500	4,531,400
	Abr	ARGENTINA	24,466	2,126,190	3,406,000
		ESTADOS UNIDOS	15,848	1,602,200	2,209,040
		URUGUAY	27,390	2,191,200	3,625,660
	Sep	ARGENTINA	10	1,150	3,620
	Oct	ARGENTINA	37,623	3,756,600	5,095,970
		ESTADOS UNIDOS	26,356	2,635,330	3,311,710
		UNIDOS			
	Nov	ARGENTINA	32,294	3,003,350	4,048,550
		ESTADOS UNIDOS	87,521	8,906,670	11,086,880
Dic	ARGENTINA	27,150	2,552,100	3,431,590	
Total 2005			420,867	40,605,850	54,738,030

Fuente: <http://www.sica.gov.ec>.(2005).

En el cuadro 3 y 4, se muestran los datos del valor nutricional para el Maíz Importado y Maíz Nacional respectivamente.

Cuadro 3. VALORES NUTRICIONALES DEL MAÍZ IMPORTADO.

NUTRIENTE	VALOR
Humedad	14,1
Cenizas	1,3
PB	8,1
EE	3,6
Grasa Verdadera (%)	90
FB	2,4
FND	8,8
FAD	2,9
LAD	0,9
Almidón	62,0
Azúcares	2,0

Fuente FEDNA, 2003.

Cuadro 4. VALORES NUTRICIONALES DEL MAÍZ NACIONAL.

NUTRIENTE	VALOR
Humedad	13
Cenizas	1,5
PB	8,5
EE	3,5
FB	2,6
FND	9,0
FAD	3,0
LAD	1,0
MS	87
Almidón	59,96

Fuente FEDNA, 2003.

C. DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE LOS ALIMENTOS PARA AVES

Kazue, N. (2004), manifiesta que el conocimiento del valor nutricional de los alimentos es de gran importancia para formular raciones que atiendan correctamente las exigencias de las especies animales. En este contexto, la determinación de la digestibilidad de los nutrientes y el conocimiento del contenido energético de los alimentos son informaciones fundamentales para el ofrecimiento adecuado de nutrientes a las aves.

Varios trabajos de investigación fueron realizados con el objetivo de determinar y actualizar los valores nutricionales de los alimentos utilizados en la formulación de

raciones para aves, proporcionando informaciones para la actualización de las tablas de composición de alimentos.

Entre las metodologías mas empleadas para evaluación de los alimentos para aves, se destacan los métodos tradicionales de colecta total de excretas (Sibbald,I. y Slinger,S. 1963), alimentación precisa (Sibbald,I. 1976), y el método indirecto que utiliza las ecuaciones de predicción (NRC.1994), y otras que serán presentadas en esta revisión. El objetivo de esta revisión es presentar las principales metodologías utilizadas para determinar la energía metabolizable y digestibilidad de los aminoácidos de los alimentos para aves, así como discutir las diferencias, ventajas y desventajas de las mismas.

1. Utilización de la energía de los alimentos por las aves

La energía metabolizable es la forma normalmente utilizada para aves siendo obtenida por la diferencia entre la EB del alimento y la EB de las heces, de la orina y de los gases originados de la digestión. La energía perdida en la forma de gases en aves es muy baja siendo despreciada en los cálculos de la EM. Para aves la EM puede ser determinada y expresada como: energía metabolizable aparente (EMA), energía metabolizable aparente corregida para balance de nitrógeno (EMAn), energía metabolizable verdadera (EMV) o energía metabolizable verdadera corregida para balance de nitrógeno (EMVn).

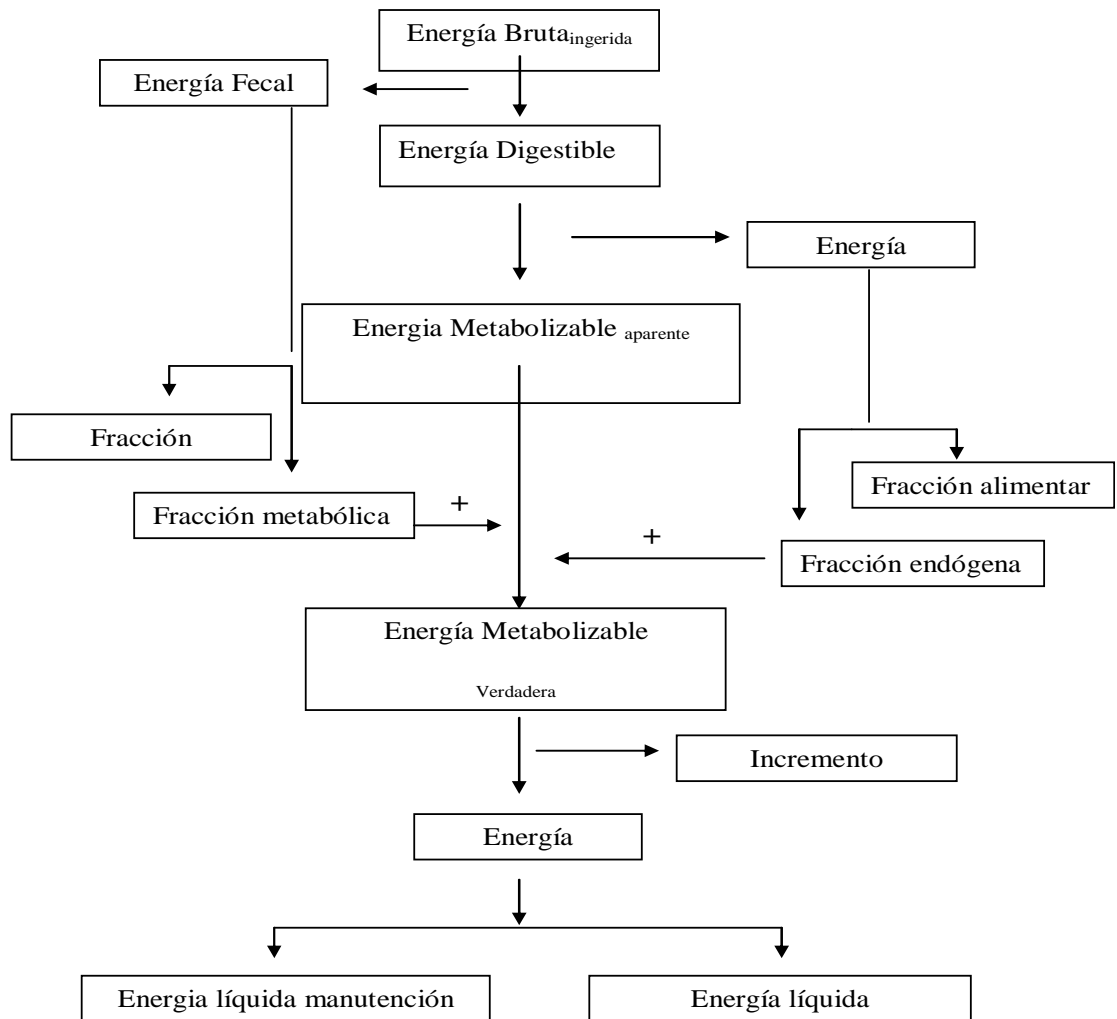


Gráfico 1. Esquema de la utilización de la energía por las aves. (Sibbald, I. 1982).

Hill, F. y Anderson, D. (1958), desarrollaron la metodología para determinar la EM de los alimentos, y publicaron la ecuación para determinar la EM de la dieta referencial y testada: $EM = EB \text{ ración} - EB \text{ excretas}$. Este método fue establecido para determinar la EMA de los alimentos.

La EMAn difiere de la EMA por la corrección asociada al balance de nitrógeno, Hill, F. y Anderson, D. (1958), propusieron un factor de corrección para el tenor de N retenido o excretado (8.22 kcal/g de N). Esta corrección se basa en el hecho de que en aves en crecimiento, la proteína retenida en el organismo del ave y, consecuentemente no catabolizada hasta los productos de excreción nitrogenada,

no contribuyeron para la energía de las heces y orina. Por otro lado, en aves adultas, parte de los compuestos nitrogenados son catabolizados e excretados como ácido úrico (Sibbald, I. 1982). Así, aves con diferentes grados de retención de nitrógeno proporcionan diferentes valores de energía excretada, para la misma digestibilidad del alimento. La corrección por el balance de N tiene por objetivo padronizar los valores de EMA de los alimentos medidos en diferentes condiciones. El sistema EMA considera que toda energía de las heces y orina es derivada del alimento. Entre tanto, según Sibbald, I. y Wolynetz, M. (1984), la energía fecal es proveniente de residuos del alimento no digerido y de la energía metabólica originada de la bilis, descamaciones de las células de la pared intestinal y jugo digestivo. Así como, la energía de la orina comprende la energía de origen alimentar que no fue utilizada, energía endógena de subproductos nitrogenados de los tejidos, y la metabólica de subproductos nitrogenados de la utilización de nutrientes (Sibbald, I. 1982).

Harris, T. (1966), propuso el sistema de “energía verdadera” y criticó el esquema convencional por no considerar las pérdidas de la energía corporal. Posteriormente, Sibbald, I. (1976), con base en el Sistema Harris (EMV) desarrolló la metodología para estimar la EMV de los alimentos para aves usando gallos adultos. La EMV es obtenida por la diferencia entre la EB del alimento consumido y la energía bruta de la excreta, corregida por las pérdidas de energía fecal metabólica y urinaria endógena. La EMVn es determinada cuando es realizada la corrección por el balance de nitrógeno.

Conforme el esquema propuesto por Sibbald, I. (1982). (Gráfico 1), la energía líquida (EL) es obtenida de la EM menos la energía perdida como incremento calórico. El incremento calórico representa toda pérdida de energía durante los procesos de digestión, absorción y metabolismo de los nutrientes.

Puede ser utilizada solo para la manutención, que son valores muy próximos de la producción basal de calor y también para producción que corresponde a energía destinada para la producción de huevos y/o ganancia de peso.

2. Relaciones entre las formas de energía

La relación entre EMA y EMAn puede ser verificada en el Cuadro 7, por los datos obtenidos en ensayos realizados con pollos y gallos usando la metodología de colecta total (Café, M. 1993), conforme los datos presentados las diferencias entre la EMA y EMAn fueron mayores en el ensayo con pollos de aquellas obtenidas con gallos. Esta diferencia ocurrió en función de que las aves en crecimiento presentaron mayor retención de N corporal en relación a los gallos.

Entretanto, cuando se compara la diferencia entre la EMA obtenida para pollos y gallos estas fueron inferiores en relación a las diferencias entre las EMAn, evidenciando el efecto de la edad de la ave cuando se considera a corrección de la EMA por el balance de nitrógeno.

Se puede constatar también el efecto de la edad del ave y de los procesamientos de las sojas en el aprovechamiento de la energía por las aves, factores importantes a ser considerados para establecer el valor energético de los alimentos en la matriz de composición de los alimentos.

Cuadro 7. ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE (EMA) Y ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE CORREGIDA PARA BALANCE DE NITRÓGENO (EMAn) UTILIZANDO EL MÉTODO DE COLECTA TOTAL CON POLLOS Y GALLOS.

Sojas	Colecta Total							
	Pollos			Gallos			EMA	EMAn
	EMA	EMAn	Diferencia	EMA	EMAn	Diferencia	P-G	P-G
FS+aceite	3537	3321	216	3570	3548	22	-33	- 227
Extrusada	3838	3630	208	4105	3961	144	-267	- 331
Tostada	3600	3383	217	3744	3561	183	-144	- 178
Media	3658	3445	213	3806	3690	116		

Fuente: Café, M. (1993).

La comparación de los sistemas EMAn y EMVn puede ser hecha por los datos presentados en el Cuadro 7, obtenidos en ensayos realizados con gallos por el método de colecta total y por la técnica de la alimentación forzada. Por el método de colecta total, se verifica que las diferencias entre los valores de EMAn y EMVn de las sojas son pequeñas, evidenciando que cuando se usa este método, la corrección de las pérdidas endógenas y metabólicas pasa a ser inexpresivas en función del volumen de las excretas que son mayores. Por otro lado, cuando se compara los valores de EMAn y EMVn obtenidos por la técnica de la alimentación forzada, las diferencias son mayores. Los bajos valores de EMAn pueden ser explicados por el hecho de no haber considerado las pérdidas endógenas, indicando que con bajo consumo de alimento y consecuentemente pequeña producción de excretas, la corrección de las pérdidas endógenas se torna necesaria para la obtención de resultados más precisos. Por tanto, los valores de EMVn son más precisos cuando determinados por el método de Sibbald, I. (1976). Este resultado confirma la crítica hecha por Sibbald, I. (1982), al sistema EMA.

En la comparación de la EMAn determinada por el método de colecta total con los valores de EMVn obtenidos por la técnica de Sibbald, se observa que los valores de EMVn fueron 3% superiores a los de la EMAn, con excepción de la soja micronizada. Esto ocurre debido a las correcciones realizadas para compensar las pérdidas de energía de los componentes metabólicos y endógenos en el ensayo con alimentación forzada.

Sibbald, I y Wolynetz, M. (1984), también relataron el efecto del consumo en la determinación de la EM. Según los autores, para un bajo consumo la EMV superestima la energía disponible, en cuanto la EMA y la EMAn subestiman. Entretanto, los valores de EMA y de EMV tienden a ser similares cuando el consumo es elevado como se observa en el (Cuadro 8).

Cuadro 8. EMAn y EMVn UTILIZANDO GALLOS POR EL MÉTODO DE COLECTA TOTAL Y POR LA TÉCNICA DE LA ALIMENTACIÓN FORZADA.

Sojas	Colecta Total			Alimentación forzada		
	EMAn	EMVn	Diferen.	EMAn	EMVn	Diferen.
FS+aceite	3548	3574	-26	2469	3671	-1202
Micronizada	4577	4615	-38	3296	4442	-1146
Tostada	3561	3594	-33	2462	3678	-1216
Media	3895	3928		2742	3930	

Fuente: Café,M. (1993).

Conforme lo discutido anteriormente, los diferentes métodos para determinar la Energía Metabolizable para aves crean valores diferentes de EM para el mismo alimento en función de las características de cada método, en tanto que surgen dudas de los valores energéticos de los alimentos que presentan mejor aprovechamiento por el ave.

Así, en tesis realizada en la FCAV-UNESP, Freitas,E. (2003), determinó la EM de las sojas utilizando varias metodologías, cuyos resultados son presentados en el (Cuadro 9).

Cuadro 9. VALORES DE ENERGÍA METABOLIZABLE DE LOS ALIMENTOS DETERMINADA POR DIFERENTES METODOLOGÍAS.

	Colecta Total		Sibbald	
	Pollos EMA	Pollos EMAn	Gallos EMAn	Gallos EMVn
(Kcal/Kg de materia seca)				
Soja desactivada	3.581 b	3.359 c	3.586 c	3.864 b
Soja extrusada	3.755 a	3.503 b	3.818 b	4.065 a
Harina de soja + aceite de soja	3.852 a	3.648 a	3.976 a	3.816 b
harina de soja + aceite ácido de soja	3.612 b	3.445 bc	3.893 ab	3.887 b

Fuente: Freitas,E.(2003).

Conforme los resultados obtenidos para la fase de 1 a 21 días se verifica que los valores de EMAn determinados con pollos por el método de colecta total fueron los más adecuados para esa fase. Con todo, para la fase de 22 a 42 días , los

demás sistemas proporcionaron resultados semejantes y superiores al método de alimentación forzada con gallos. (Cuadro 10).

Cuadro 10. DESEMPEÑO DE POLLOS PARRILLEROS ALIMENTADOS CON RACIONES FORMULADAS CON BASE EN LA ENERGÍA METABOLIZABLE DE LOS ALIMENTOS DETERMINADA POR DIFERENTES METODOLOGÍAS, DE 1 A 21 DÍAS Y DE 22 A 42 DÍAS DE EDAD.

	EMAn (pollos)	EMA (pollos)	EMAn (gallos)	EMVn (gallos)	CV%
1 a 21 días					
Consumo de ración (g/ave)	1064 a	1003 b	997 b	898 c	2,33
Ganância de peso (g/ave)	776 a	668 b	673 b	570 c	2,27
Conversión alimenticia	1.37 c	1.50 b	1.48 b	1.57 a	2.18
1 a 42 días					
Consumo de ración (g/ave)	5.381 a	5.474 a	5.365 a	5.304 a	2.40
Ganância de peso (g/ave)	2,990 a	2,950 ab	2,958 ab	2,872 b	2,36
Conversión alimenticia	1.80 c	1.87 a	1.81 bc	1.85 b	1.70

Fuente: Freitas,E. (2003).

3. Colecta Total de Excretas (Método Tradicional)

El método de colecta total de excretas ha sido bastante utilizado para determinar la digestibilidad de nutrientes así como los valores de energía metabolizable de las raciones o de los ingredientes para aves. Este método fue descrito por Sibbald,I. y Slinger,S. (1963), con base en los principios de Hill,F. y Anderson,D. (1958), el método de colecta total se basa en el principio de mensurar el total de alimento consumido y el total de excretas producidas durante un cierto período de tiempo, pudiendo utilizar aves en crecimiento, pollos a partir de 10 días de edad o aves adultas, generalmente gallos para determinar la EMA y la EMAn.

El ensayo comprende un periodo de adaptación de las aves a las raciones y a las instalaciones el cual debe ser de 4 a 7 días, y el periodo de colecta de las excretas y control del consumo de las raciones que debe ser como mínimo 4 a 5 días. Sibbald,I. (1976), constató aumentos en el desvío estándar de las medias de

EM de las raciones con la reducción de 6 para 1 día de colecta. La precisión de los valores de EM depende en gran parte de la cuantificación total del consumo de alimento y del total de excretas producidas durante el período de colecta.

Varios criterios han sido utilizados para definir el inicio y termino de las colectas. El establecimiento del mismo horario para iniciar y terminar las colectas, se basa en el hecho que parte de las excretas que estaban en el tracto digestivo en el inicio son compensadas por las pérdidas en el final de la colecta. (Café, M. 1993). Otra manera es el uso de 1% de óxido férrico en las raciones, como marcador, en el primero y en el último día de colecta. Así, las excretas no marcadas, en la primera colecta, y las marcadas, en la última colecta, deben ser despreciadas. (Zanella, I. 1998 y Freitas, E. 2003).

Para determinar los valores energéticos de un ingrediente específico, son necesarios el uso de dos raciones, una dieta referencial y la otra testada obtenida por la inclusión de un porcentaje del ingrediente en estudio en sustitución a la ración referencial, el porcentaje de sustitución también afecta la precisión de los valores de EM determinados. (Sibbald, I. 1976).

El nivel de inclusión del alimento en la dieta testada depende del tipo de alimento, normalmente la sustitución ha sido de 30 a 40% de la ración testada. Entretanto, para ingredientes que afectan el consumo, por ser de baja palatabilidad o por el alto tenor de fibra, o aquellos que se presentan en forma líquida, los niveles de sustitución deben ser inferiores, por ejemplo los aceites han sido substituidos apenas 10% de la referencial.

En el final del periodo de colecta, son cuantificados el consumo de ración y el total de excreta producida. Las excretas son homogeneizadas para retirar muestras que son procesadas y junto con las muestras de las raciones experimentales son encaminadas al laboratorio para determinar la materia seca, nitrógeno y energía bruta.

Con base en los resultados de los análisis, son calculados los valores de energía metabolizable aparente (EMA) y aparente corregida para nitrógeno (EMAn), utilizando fórmulas propuestas por. (Matterson, L. et al. 1965).

El método de colecta total a pesar de proporcionar buenos resultados, han presentado algunos problemas. Uno de los principales problemas es obtención de una muestra representativa de las excretas para posteriores análisis, principalmente debido a la contaminación de las excretas con el alimento, plumas, descamación de la piel, y pérdida de excreta durante la colecta.

Otro cuidado a ser tomado en relación a la colecta de las excretas es evitar la fermentación de las mismas, reduciendo el intervalo entre las colectas. Esos problemas, muchas veces son difíciles de ser controlados e interfieren en los valores de EM determinados.

4. Uso de indicadores

Una alternativa para el método de colecta total de excretas es determinar la digestibilidad a través de una relación entre sustancias indigestibles presentes en el alimento y en las excretas. Estas sustancias indigestibles denominadas indicadores, son utilizadas para determinar un factor de indigestibilidad y con este estimar la cantidad del nutriente presente en la dieta que fue digerida y absorbida por el animal (Kobt,I. y Luckey,O. 1972).

Entre las principales ventajas del uso de indicadores se puede citar que no es necesario mensurar el consumo de ración, el total de excretas producidas y se evita la contaminación de la excreta. Entretanto, para obtener buenos resultados con el uso de indicadores es necesario que los indicadores estén uniformemente mezclados con la ración y tengan padronizados los análisis químicos para determinar su concentración en las raciones y excretas en diferentes laboratorios. (Sibbald,I. 1982).

Un buen indicador es caracterizado por ser una sustancia conocida, no tóxica, inalterada durante el paso por el intestino, que no ejerza influencia sobre los procesos fisiológicos en el tracto digestivo, no se asocie a otros nutrientes, sea totalmente recuperado en las excretas y que tenga facilidad en los análisis laboratoriales. (Kobt,I. y Luckey,O. 1972).

Con el uso de indicadores, aun no siendo necesarios largos periodos de colecta de muestra, es preciso que este periodo se extienda por lo menos por 24 horas, para que se evite variaciones en la composición de la excreta entre la noche y el día. (Sibbald,I. 1982).

Los indicadores pueden ser clasificados como externos o internos, los indicadores externos son definidos como sustancias no digeridas por el animal que son adicionados a la ración con el objetivo de determinar la digestibilidad de los nutrientes o la disponibilidad de la energía de un ingrediente. Entre los indicadores externos utilizados en ensayos con aves, el óxido de cromo ocupa un destacado lugar. Sibbald,I. (1963), observó que el uso de óxido de cromo proporcionó mayor precisión de los resultados en relación a la colecta total de excretas.

Aunque las investigaciones apunten para buenos resultados del uso de óxido de cromo en relación a la colecta total de excretas, algunos autores demostraron resultados variables, obtenidos por este método. (Han,I. et al. 1976), Esta variabilidad es atribuida a factores tales como la incompleta recuperación del óxido de cromo en la excreta y la dificultad en reproducir los resultados de este indicador en diferentes laboratorios. Esto ocurre porque cuando se utiliza métodos colorimétricos es difícil obtener un color estable y uniforme en el momento de la lectura. En este caso, se recomienda el uso de espectrofotometria de absorción atómica, por el hecho de que en este método, el color de la solución no ejerce efecto sobre los resultados. Otro problema enfrentado en los análisis es que en función de las características electroestáticas del óxido de cromo, este compuesto es de difícil separación en las excretas o en dietas ricas en fibra y azúcar,

resultando en concentraciones subestimadas, hay aún la posibilidad del óxido de cromo ser una sustancia potencialmente cancerígena (Vogtmann, H. et al. 1974).

La comparación entre la metodología de colecta total y colecta parcial de excretas con el uso de óxido de cromo puede ser observado por los resultados obtenidos en Zanella, I. (1998), que determinó la EMA de dietas formuladas a base de harina de soja, y sojas integrales procesadas con y sin adición de enzimas (Avizyme). Se verifica que la EMA determinada por la colecta parcial de excretas fue inferior a los valores obtenidos por el método de colecta total, evidenciando que el óxido de cromo no fue totalmente recuperado en las excretas. También puede ser observado mayor variación entre los resultados obtenidos por el uso del indicador por los mayores desvíos estándar de la media para los valores de EMA. (Cuadro 11).

Cuadro 11. VALORES DE ENERGÍA METABOLIZABLE DETERMINADOS CON POLLOS POR EL MÉTODO DE COLECTA TOTAL Y COLECTA PARCIAL DE EXCRETAS CON EL USO DE ÓXIDO DE CROMO.

	Ensayos de digestibilidad	
	Colecta Total EMA kcal/kg	Colecta parcial/Cr EMA kcal/kg
Efecto de tipos de soja		
Harina de Soja	3,210 ± 18	3,105 ± 23 b
Soja integral tostada	3,197 ± 17	3,167 ± 24 a
Soja integral extrusada	3,215 ± 16	3,192 ± 23 a
Efecto de enzima		
Sin enzima	3,190 ± 12	3,102 ± 22 b
Con enzima	3,225 ± 15	3,188 ± 23 a

Fuente: Zanella, I. (1998).

Frente a los problemas mencionados con el uso de óxido de cromo, investigaciones fueron realizadas con el objetivo de encontrar otros compuestos para ser utilizados como indicadores.

Indicadores internos son componentes naturales de la dieta o de los ingredientes de la ración, no necesitando por este motivo ser adicionados a la dieta testada.

A ceniza ácida insoluble (CAI) es caracterizada como un mineral indigestible,

compuesto en su mayoría por sílice. Es determinada gravimétricamente, tratando a las cenizas con ácido clorhídrico a 4N, se filtra la solución y después se incinera nuevamente el filtrado (Vogtmann,H. et al.1974).

Aunque la CAI sea considerado un indicador interno para rumiantes, normalmente los ingredientes utilizados en las raciones de monogástricos presentan baja concentración de CAI y por eso, fuentes exógenas como el Celite™, la arena y el sílice han sido utilizadas con el objetivo de disminuir los errores de análisis, en este caso, la CAI debe ser considerada como un indicador externo (Vogtmann, 1974).

De acuerdo con Cheng,T. y Coon,C. (1990), al utilizar la CAI como indicador de indigestibilidad existe la posibilidad de suceder un aumento en la digestibilidad de los nutrientes debido a la alta ingestión de sílice. Esto porque, según esos autores, en la presencia de altos niveles de sílice (>0,2%), el flujo de la CAI en el intestino puede disminuir, repercutiendo en el pasaje más lento del alimento no digerido, mejorando así su digestibilidad.

Scott,T. y Boldaji,F.(1997), al comparar la ceniza ácida insoluble y el óxido de cromo para determinar la EMA de dietas a base de trigo y cebada observaron que el óxido de cromo fue menos apropiado en dietas con mayores tenores de fibra. Los resultados evidencian que el uso de 0,5% de óxido de cromo subestimó los valores de EMA en relación a los niveles de 0,5 y 1,0% de Celite™ los cuales fueron mas próximos a los encontrados para la cebada en las tablas de composición de alimentos. Los autores recomiendan el uso de 0,5 y 1,0% de Celite™ como indicador para determinar la digestibilidad en aves. (Cuadro 12).

Cuadro 12. VALORES DE ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE DE LA CEBADA DETERMINADOS UTILIZANDO ÓXIDO DE CROMO Y CENIZA ÁCIDA INSOLUBLE COMO INDICADOR DE INDIGESTIBILIDAD.

Indicador	Nivel de Inclusión (%)	EMA
-----------	---------------------------	-----

Óxido de Cromo	0.50	2800 b
Ceniza Ácida Insoluble	0.50	2870 a
Ceniza Ácida Insoluble	1.00	2850 a
Ceniza Ácida Insoluble	1.50	2800 b

Fuente: Scott,T. y Boldaji,F .(1997).

Frente a lo expuesto, es posible afirmar que el indicador ideal aún no fue encontrado. El óxido de cromo ha sido el indicador, mas utilizado en estudios con aves, por presentar buenos resultados en relación a la colecta total de excretas, además de presentar un protocolo experimental bien definido. Entretanto, la dificultad en reproducir los resultados de análisis de esta sustancia en diferentes laboratorios ha dificultado la comparación entre datos de diversas investigaciones. (Scott,T. y Boldaji,F. 1997).

Aún existen valores superestimados en relación a la colecta total de excretas, la ceniza ácida insoluble presenta un potencial de uso en los ensayos de digestibilidad con aves, tanto por la facilidad y menor costo de análisis como por la reproducción de los resultados. Con el uso de indicadores en sustitución a la colecta total de excretas, un punto importante a averiguar es la conducción de estudios que padronizen los protocolos experimentales, de forma que el investigador tenga la libertad de determinar en cada situación que indicador utilizar a fin de obtener resultados mas precisos. (Zanella,I.1998).

5. Método de Alimentación precisa

Este método fue propuesto por Sibbald,I. (1976), para determinar la EMV de los alimentos con la corrección de las pérdidas endógenas y metabólicas. Posteriormente, Sibbald,I. (1982) , Sibbald,I. y Wolynetz,M. (1984), propusieron algunas alteraciones al método para mayor precisión de los resultados. En esta metodología se utilizan gallos adultos que son sometidos inicialmente a un periodo de ayuno de 24 horas, proporcionando el esvaciamiento del tracto digestivo del ave. Después de este período los gallos son forzados a ingerir 30g de alimento por medio de un embudo con dimensiones y características propias

(Sibbald, I. 1987), todo alimento es colocado en el buche, no debiendo exceder la cantidad preconizada, una vez que pueden ocurrir regurgitaciones y consecuentemente pérdida de material. El alimento puede ser ofrecido de una sola vez o dividido en dos veces, en intervalos de ocho horas. Después de la alimentación se realiza la colecta de excretas durante 48 horas en intervalos de 12 horas.

Sibbald, I. (1987), recomienda el uso de bolsas de plástico que deben ser presas en la región pélvica de los gallos, después de retirar las plumas localizadas al rededor de la cloaca, a fin de evitar contaminación de las excretas. La colecta de excretas también puede ser realizada por medio de bandejas colocadas debajo del piso de la jaula, aunque el riesgo de contaminación se torna mayor. Para determinar las pérdidas endógenas son utilizadas el mismo número de repeticiones de gallos en ayuno durante 72 horas, procediéndose la colecta de excretas en las últimas 48 horas, de la misma forma descrita para los gallos alimentados.

Las ventajas presentadas por este método según Sibbald, I. (1987), son la rapidez que los ensayos son realizados, requieren pequeña cantidad de material testada y proporcionan valores de EMV que no dependen del consumo de alimento.

Lesson, S y Summers, J. (1976), también mencionan que en este método por el hecho que el alimento testada ser ofrecido individualmente, se evitan las posibles interacciones entre los nutrientes de la dieta referencial que puede subestimar o superestimar los valores de EM. Entre tanto, Askbrant, S. (1990), critica el método por el hecho que las aves en ayuno presentan un padrón fisiológico anormal resultando en mayor excreción de energía metabólica endógena, influenciando directamente en el cálculo de la EMV.

6. Ecuaciones de predicción de la EM de los alimentos

Normalmente los valores de composición de los alimentos utilizados en la formulación de raciones se basan en tablas (NRC. 1994; Rostagno, H. et al, 2005). Entretanto, la composición de los alimentos, principalmente de los

subproductos de origen animal y vegetal, son bastante variables entre las tablas mencionadas. Según Rostagno,H. et al. (2005), estas diferencias pueden ser atribuidas a las diferentes proporciones y tipos de materias primas utilizadas y también a las diferencias en el procesamiento de esos alimentos. La ecuación de predicción con base en parámetros químicos y físicos de los alimentos es un método indirecto para determinar la energía metabolizable para aves.

Es una importante herramienta para formular raciones ya que los demás métodos necesitan de ensayos biológicos y dependen de metodologías de difícil ejecución por la industria, además de mayor tiempo para obtener los resultados. Aunque, Sibbald,I. (1987), critica el método una vez que todas las proteínas, carbohidratos y lípidos de los alimentos son considerados igualmente digestibles. Nitzan,Z. (1991), compararon la EMAn del salvado de trigo, trigo y triguillo determinada en ensayos biológicos con los valores determinados por las ecuaciones de predicción. Los autores observaron que las ecuaciones de predicción que mejor estimaron los valores de EMAn para esos ingredientes fueron aquellas que han sido utilizados como variable los contenidos de proteína bruta¹ (PB) y/o, fibra detergente neutro³ (FDN), con $R^2 = 98\%$. (Cuadro 13).

Cuadro 13. VALOR ENERGÉTICO DE GRANOS Y SUBPRODUCTOS DE TRIGO, OBTENIDOS EN ENSAYO DE METABOLISMO Y POR MEDIO DE ECUACIONES DE PREDICCIÓN (KCAL/KG DE MS).

Ingredientes	EMAn Observada.	EMAn¹ Estimada	EMAn² Estimada	EMAn³ Estimada
S. Trigo 1	1,864	1,916	1,799	1,924
S. Trigo 2	1,936	2,096	2,356	2,095
S. Trigo 3	1,758	1,611	1,510	1,518
Grano de trigo	3,457	3,607	3,545	3,479
Triguillo	3,140	3,062	3,035	2,959

Fuente: Nitzan,Z.(1991).

1 $EMAn = 4754.02 - 48.38 \cdot PB - 45.32 \cdot FDN$.

2 $EMAn = 4222.41 + 67.10 \cdot EE - 473.46 \cdot MM$.

$$3 \text{ EMAn} = 3994.87 + 48.82 * \text{FDN.}$$

7. Factores que afectan la EM de los alimentos para aves

Algunos investigadores verificaron que los valores de EM de los alimentos puede ser influenciada por la genética Sibbald, I. (1976) y Wada, L. (2004), por la edad del ave (Askbrant, S. 1990) y procesamiento (Freitas, 2003).

Wada, L. (2004), verificó menor aprovechamiento de la EMA y de la EMAn del maíz, Harina de soja y aceite de soja para aves Isa Label (tipo chacra) en relación a las aves Ross. (Cuadro 14).

El menor aprovechamiento de la energía de los ingredientes por las aves Isa Label puede ser atribuido a una menor capacidad digestiva posiblemente por aún mantener sus características genéticas originales, al contrario de las líneas comerciales de pollos parrilleros que, con el uso de la genética, hubo una consecuente mejora en la capacidad de aprovechar los alimentos para que pudiesen sustentar un metabolismo más rápido.

Cuadro 14. ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE CORREGIDA PARA DIFERENTES INGREDIENTES Y LÍNEAS DE POLLOS PARRILLEROS.

Tratamientos	EMA (kcal/kg de MS)			P
	Ross	Isa Label	C.V. (%)	
Maíz	3,920a	3,784b		0.0001
H. soja	2,689a	2,465b	2.02	
Aceite de soja	8,857a	7,974b		
Tratamientos	EMAn (kcal/kg de MS)			P
	Ross	Isa Label	C.V. (%)	
Maíz	3,844a	3,764b		0.0001
H. soja	2,501a	2,288b	2.03	
Aceite de soja	8,844a	8,044b		

Fuente: Wada, L. (2004).

La edad del ave es otro factor que puede influenciar los valores de EM de los alimentos. La influencia de la edad del ave en el proceso de digestión está relacionada a la maduración de los órganos que componen el sistema digestivo, incluyendo la producción de enzimas digestivas, como la lipasa, amilasa y las proteasas (Nitsan,Z. 1991).

Evaluando el efecto de la edad de los pollos parrilleros para determinar la EM del aceite ácido de soja, Freitas,E. (2003) ,observó mayores valores para los gallos que para pollos (Tabla 10). Askbrant,S. (1990), también observaron resultados inferiores a los propuestos por la literatura para la EM del maíz y harina de soja determinados con pollos en la primera semana.

Buscando el mejor aprovechamiento de la energía de los alimentos algunos procesamientos, como la extrusión, la micronización y el cocimiento, entre otros, han sido utilizados con el objetivo de modificar la estructura inicial de las moléculas de los nutrientes, proporcionando mejor actuación de los complejos enzimáticos y en el proceso de digestión como un todo .(Nitsan,Z. et al. 1991).

Plavnik,I. y Sklan,D. (1995), estudiando los efectos de los tratamientos térmicos, extrusión y expansión, de dietas a base de maíz verificaron mayores valores de EMAn para las dietas extrusadas.

Freitas,E. (2003) ,observó comportamiento semejante para la EMAn de la soja extrusada en relación a la soja desactivada, determinados con diferentes metodologías, evidenciando el efecto del procesamiento en la EM .(Cuadro 15).

Cuadro 15. EFECTO DEL PROCESAMIENTO EN LA DETERMINACIÓN DE LA EMAN DE LA SOJA CON POLLOS.

Alimentos	Métodos		
	Tradicional I Pollos	Tradicional I Gallos	Sibbald Gallos
	EMAn (kcal/kg de MS)		
Soja desactivada	3,359 bB	3,586 aB	3,570 aB
Soja extrusada	3,503 bA	3,818 aA	3,786 aA
C.V. (%)	1,46		

Fuente: Freitas .(2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La investigación se realizó en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Zootécnica, ubicada en la panamericana Sur Km. 1 con una altitud de 2780 m.s.n.m., a una longitud de 78°38"W y una latitud de 01°38"S.

El experimento tuvo una duración de 120 días distribuidos en dos fases La primera fue de campo y se realizó en las instalaciones de la Facultad y la segunda de Laboratorio ejecutada en el Laboratorio Nutrición Animal y Bromatología.

Las condiciones meteorológicas imperantes en la zona se detallan en el Cuadro 16.

Cuadro 16. CONDICIONES METEOROLOGICAS EN LA ESPOCH.

PARAMETROS	1995	1996	1997	1998	2000
Temperatura	13.5	12.9	13.2	13.5	13.23
Humedad Relativa en %	63.0	61.0	67.0	68.0	64.75
Precipitación	41.7	47.8	44.6	42.8	44.23

Fuente: Departamento Agro meteorológico de la FRN-ESPOCH. (1995-2000).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

La presente investigación contó con 16 unidades experimentales que estuvieron conformadas por pollos machos semi-pesados de la línea Lohmann Brown, entre 2000 y 2500 gramos de peso vivo aproximadamente, los mismos que fueron ubicados en jaulas metabólicas de exclusión para realizar las pruebas respectivas de digestibilidad.

C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES

Los materiales y equipos que se utilizaron para ejecutar la presente investigación fueron los que se detallan a continuación:

1. De Campo

- 16 jaulas metabólicas
- 16 pollos machos
- Dieta experimental maíz (Importado, Costa, Sierra y Oriente).
- Fundas plásticas
- Envases plásticos
- Balanza
- Equipo de limpieza
- Equipo sanitario
- Materiales de escritorio
- Material bibliográfico

2. Equipos de Laboratorio

- 16 muestras experimentales
- Balanza analítica
- Equipos para la determinación de fibra bruta, extracto etéreo
- Equipo para determinar la humedad inicial e higroscópica
- Equipo para determinar la proteína

3. Instalaciones

- Área de nutrición acondicionada con jaulas metabólicas para trabajos de digestibilidad en aves.
- Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología para el trabajo de laboratorio en donde se realizaron los respectivos análisis químicos de los diferentes alimentos para aves.

D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En la presente investigación se evaluó la composición química y valoración energética de varios tipos de maíz (Maíz de la sierra, costa, oriente e importado), los mismos que se distribuyeron bajo un Diseño Completamente al Azar con 4 repeticiones por tratamiento (Cuadro 17), según la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor estimado de la variable

μ = Media general

T_i = Efecto del tipo de maíz (MC, MS, MO, MI)

ϵ_{ij} = Error experimental

Cuadro 17. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.

Tipos de Maíz	Código	Repeticiones	TUE	TOTAL/OBSERVACIONES/TRAT
Maíz Importado	MI	4	1	4
Maíz de la Costa	MC	4	1	4
Maíz de la Sierra	MS	4	1	4
Maíz del Oriente	MO	4	1	4
TOTAL				16

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Las mediciones experimentales evaluadas fueron:

- Análisis de Weende: Agua, Materia Seca, Cenizas, Proteína, Fibra, Extracto Etéreo, Extracto libre de Nitrógeno.
- % Proteína Cruda Digestible.
- % Fibra Cruda Digestible.
- % Extracto Etéreo Digestible.
- % Extracto libre de Nitrógeno.
- Energía Metabolizable Aparente – Kcal/Kg M.S.
- Energía Metabolizable Verdadera- Kcal/Kg M.S.
- Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno-Kcal/Kg M.S

F. ANALISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

- Análisis de varianza para las diferencias entre promedios.
- Análisis de correlación y regresión lineal. (Cuadro 18).
- La prueba de Duncan. A los niveles de significancia $P < 0.05$ y $P < 0.01$.

Cuadro 18. ESQUEMA DEL ADEVA.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL	15
TRATAMIENTOS (TIPOS DE MAÍZ)	3
ERROR	12

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. De Campo

- Consecución del material experimental
- Adaptación de los animales a las jaulas metabólicas durante quince días para cada tratamiento.
- Corte de las plumas de la cloaca para evitar que las heces se queden pegadas.
- Deja 24 horas en ayunas todos los animales.
- Colocar las fundas plásticas para recolección de heces.
- Suministro del alimento maíz (importado, costa, sierra y oriente), correspondiente a cada tratamiento.
- El consumo por animal es 60 g MS / Kg de Peso Metabólico el cual fue suministrado con la ayuda del embudo a las 7 am.
- Recolectar las heces de los animales a las 48 horas de suministrado el alimento (60 gramos) a las 7 am. en fundas plásticas que serán llevadas al laboratorio para ser pesadas, con la finalidad de realizar los análisis posteriormente.

2. De laboratorio

- Las heces fueron colocadas en fundas plásticas y llevadas al laboratorio para ser pesadas, identificadas, congeladas y analizadas.
- Se realizó el análisis proximal por el método de Weende, donde se determinó el contenido de humedad, cenizas, proteína bruta, fibra bruta, extracto etéreo, y extracto libre de nitrógeno, tanto de las heces como del alimento suministrado.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. Determinación de la Humedad Higroscópica

Las muestras desecadas a 65 °C de temperatura, aun contienen cierta cantidad de agua llamada humedad higroscópica; la humedad higroscópica químicamente está enlazada con sustancias del forraje y depende de la composición e hieroscopia del mismo. Se determina la humedad higroscópica de las muestras en la estufa a 105 °C por un tiempo de 12 horas.

2. Determinación de la Ceniza

Se lleva a cabo por medio de incineración seca y consiste en quemar la sustancia orgánica de la muestra problema en la mufla a una temperatura se 600 °C, con esto la sustancia orgánica se combustiona y se forma CO₂, H₂O, NH₄, y la sustancia inorgánica (sales minerales) se queda en forma de residuos la incineración se lleva a cabo hasta obtener una ceniza color gris o gris claro.

3. Determinación de la Proteína Bruta

Se sometió a un calentamiento y digestión una muestra problema con ácido sulfúrico concentrado, los hidratos de carbono y las grasas se destruyen hasta formar CO₂ y H₂O, la proteína se descompone con la formación de amoniaco, el cual interviene en la reacción con al ácido sulfúrico y forma el sulfato de amonio. Este sulfato en medio ácido es resistente y su destrucción con desprendimiento de amoniaco sucede solamente en medio básico; luego de la formación de la sal de amonio actúa una base fuerte al 50% y se desprende el nitrógeno en forma de amoniaco, este amoniaco es retenido en una solución de ácido bórico al 2.5% y titulado con HCL al 0.1N.

4. Determinación del Extracto Etéreo

Consiste en la extracción de la grasa de la muestra problema por la acción del dietileter y determinar así el extracto etéreo; el solvente orgánico que se evapora constantemente igual su condensación, al pasar a través de la muestra extrae

materiales solubles.

El extracto se recoge en un beaker y cuando el proceso se completa el éter se destila y se recolecta en otro recipiente y la grasa cruda que se queda en el beaker se seca y se pesa.

5. Determinación de la Fibra Bruta

Se basa en la sucesiva separación de la ceniza, proteína, grasa y sustancia extraída libre de nitrógeno; la separación de estas sustancias se logra mediante el tratamiento con una solución débil de ácido sulfúrico y álcalisis, agua caliente y cetona. El ácido sulfúrico hidroliza los carbohidratos insolubles (almidón y parte de hemicelulosa), los álcalisis transforman en estado soluble a las sustancias albuminosas, separan la grasa, disuelven parte de la hemicelulosa y lignina, el éter o acetona extraen las resinas, colorantes, residuos de grasa y eliminan el agua. Después de todo este tratamiento el residuo de queda es la fibra bruta.

6. Determinación del Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

Cálculos:

Guevara, P. (2001), Se evalúa mediante datos encontrados en el análisis proximal y se determina mediante la siguiente fórmula matemática:

$$\text{ELN} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{FB} + \% \text{EE} + \% \text{C}).$$

Donde:

PB = proteína bruta.

FB = fibra bruta.

EE = extracto etéreo.

C = cenizas.

7. Energía Metabolizable Aparente – Kcal/Kg M.S

Para la determinación de este parámetro se partió de la energía bruta ingerida menos la energía bruta excreta y todo esto dividido para el consumo de materia seca como se puede observar en la siguiente fórmula:

$$\text{EMV} = (\text{EB ing} - \text{EB exc}) / \text{MS ing}.$$

8. Energía Metabolizable Verdadera- Kcal/Kg M.S

La determinación de la Energía Metabolizable Verdadera se realiza con ayuda de la siguiente fórmula:

$$EMV = EB \text{ ing} - (EB \text{ exc} - EB \text{ end}) / MS \text{ ing.}$$

Donde:

EBing: Energía Bruta ingerida.

EB exc: Energía Bruta excretada.

EB end: Energía Bruta endógena.

MS: Materia Seca .

9. Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno-Kcal/Kg M.S

Se calcula de la siguiente fórmula:

$$EMVn = EB \text{ ing} - (EB \text{ exc} - EB \text{ end}) +- BNV*8,22/ MS \text{ ing}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. EVALUACION DE LA COMPOSICION QUIMICA DE DIFERENTES TIPOS DE MAIZ (MAÍZ DE LA SIERRA, COSTA, ORIENTE E IMPORTADO).

1. Contenido de Materia Seca

El contenido de Materia Seca en los diferentes tipos de maíz evaluados, presenta un promedio de 87.69 ± 1.28 %, determinándose un mayor contenido de Materia Seca en el maíz de la Costa con un promedio de 89.21 % y el menor valor de Materia Seca en el maíz de la Sierra con un promedio de 86.30 %, los demás promedios se distribuyen en un rango de 2.91 % del mayor y menor valor respectivamente. Estas diferencias numéricas pueden deberse a la procedencia de cada tipo de maíz, considerando el tiempo de secado y almacenamiento empleado en cada lugar de origen. Cuadro 19.

Los resultados obtenidos para la materia seca de los diferentes tipos de maíz evaluados son superiores a los expuestos en FEDNA, (2003), donde se expone un promedio de 85.9 y 87.0 % de materia seca para el maíz importado y maíz nacional respectivamente, lo que esta en relación directa a la procedencia del maíz, tipo de muestreo empleado y tiempo de secado de las muestras.

Por otro lado el contenido de materia seca en el maíz de la Costa es superior al reportado por Rostagno, H. (2005), en las tablas brasileñas de la composición de los alimentos y requerimientos nutricionales para aves y cerdos, donde se registra el 87.11 % de materia seca, sin embargo este promedio es superior al determinado en el maíz de la Sierra.

2. Contenido de Materia Orgánica y Cenizas

Para el contenido de Materia Orgánica y Cenizas de los tipos de maíz considerados, se determinó promedios de 99.09 ± 0.45 y 0.91 ± 0.45 % respectivamente, sin embargo se estableció un mayor contenido de Materia

Orgánica en el maíz de la Sierra con un promedio de 99.52 % y el menor valor en el maíz del Oriente con un promedio de 98.69 %, los demás promedios se distribuyen en un rango de 0.83 % del mayor y menor valor descritos para esta variable anteriormente. Estas diferencias se deben a la procedencia de cada tipo de maíz. Cuadro 19.

Estos resultados son superiores en cuanto a materia orgánica en relación a los reportados por FEDNA, (2003), donde se expone un promedio de 98.7 y 98.5 % de materia orgánica para el maíz importado y nacional correspondientemente, lo que esta en relación directa a la procedencia del maíz.

3. Contenido de Proteína Cruda

El contenido de Proteína Cruda en los diferentes tipos de maíz evaluados, presenta un promedio de 8.08 ± 0.26 %, determinándose un mayor contenido de Proteína Cruda en el maíz Importado con un promedio de 8.34 % y el menor valor de Proteína Cruda en el maíz de la Sierra con un promedio de 7.73%, los demás promedios se distribuyen en un rango de 0.61 % del mayor y menor valor descritos anteriormente. Estas diferencias numéricas pueden deberse a la procedencia de cada tipo de maíz considerado, así como a la variedad de maíz evaluado dentro de cada lugar de origen. Cuadro 19.

Los resultados obtenidos para esta variable son inferiores a los descritos en FEDNA, (2003) donde se reporta un contenido de 8.1 y 8.5 %, para el maíz importado y nacional en su orden, lo cual indica que mayor contenido de este nutriente se halla en el maíz importado, sin embargo este valor deberá variar de acuerdo a la procedencia y calidad genética del maíz, lo cual se sustenta en la variabilidad obtenida para este parámetro en el presente estudio.

Así también el contenido de proteína bruta en el maíz Importado es superior al reportado por Rostagno, H. (2005), donde se registra el 8.26 % de proteína bruta, superando al contenido de proteína bruta determinado en el maíz de la Sierra.

4. Contenido de Extracto Etéreo

Para el contenido de Extracto Etéreo en los tipos de maíz considerados, se estableció un promedio de 3.55 ± 0.36 %, determinándose el mayor contenido de Extracto Etéreo en el maíz Importado, con un promedio de 3.86 % y el menor valor en el maíz del Oriente con un promedio de 3.14 %, los demás promedios se distribuyen en un rango de 0.72% del mayor y menor valor respectivamente, lo que se debe a que los alimentos son de origen diferente. Cuadro 19.

Los resultados obtenidos para el extracto etéreo son superiores a los descritos en FEDNA, (2003) donde se reporta un contenido de 3.6 y 3.5 % para el maíz importado y nacional en su orden, lo cual indica que mayor contenido de este nutriente se halla en el maíz importado evaluado, sin embargo este valor deberá variar de acuerdo a la procedencia y calidad genética del maíz.

Por su parte el contenido de extracto etéreo, en el maíz Importado es superior al reportado por Rostagno, H. (2005), donde se registra el 3.61 % de extracto etéreo, superando al contenido de extracto etéreo determinado en el maíz del Oriente.

5. Contenido de Fibra Cruda

El contenido de Fibra Cruda en los diferentes tipos de maíz evaluados, presenta un promedio de 2.35 ± 0.18 %, determinándose un mayor contenido de Fibra Cruda en el maíz de la Costa con un promedio de 2.51 % y el menor valor de Fibra Cruda en el maíz del Oriente con un promedio de 2.14 %, los demás promedios se distribuyen en un rango de 0.37 % del mayor y menor valor respectivamente. Cuadro 19.

Los resultados obtenidos para la fibra cruda de los diferentes tipos de maíz evaluados, son inferiores a los expuestos en FEDNA, (2003), donde se reporta un promedio de 2.4 y 2.6 % de fibra cruda para el maíz importado y maíz nacional respectivamente, lo que está en relación directa a la procedencia del maíz, tipo de

muestreo empleado y tiempo de secado de las muestras.

El contenido de fibra cruda, en el maíz de las diferentes procedencias es superior al reportado por Rostagno, H. (2005), en la composición de los alimentos y requerimientos nutricionales para aves y cerdos, donde se registra el 1.73 % de fibra cruda.

9. Contenido de Extracto Libre de Nitrógeno

El Extracto Libre de Nitrógeno en los tipos de maíz considerados, estableció un promedio de 82.92 ± 0.66 %, determinándose el mayor contenido de Extracto Libre de Nitrógeno en el maíz de la Sierra, con un promedio de 83.59 % y el menor valor en maíz del Oriente con un promedio de 82.04 %, los demás promedios se distribuyen en un rango de 1.55 % del mayor y menor valor correspondientemente, lo que se debe a que los alimentos son de diferente procedencia, lo que repercute sobre la calidad de esta materia prima, por lo que para la elaboración de alimentos balanceados será necesario determinar el contenido de nutrientes en cada tipo de maíz a fin de cubrir las necesidades nutricionales de los animales . Cuadro 19.

Los resultados obtenidos para esta variable calculada matemáticamente y representando la diferencia porcentual de la sumatoria de los demás componentes nutritivos (proteína, fibra, grasa y cenizas) son superiores a los descritos por Jiménez, Y. (2006), quien en su estudio sobre la valoración energética de diferentes tipos de maíz (*Zea mays*) utilizado en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*), determinó promedios de 79.85 y 85.2% para el maíz de la Sierra y maíz Importado (Argentino) respectivamente, alcanzando una media 81.47 ± 2.50 %.

El contenido de extracto no nitrogenado, en el maíz de las diferentes procedencias es superior al reportado por Rostagno, H. (2005), donde se registra el 72.24 % de extracto no nitrogenado.

B. EVALUACION DE LOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE LOS

NUTRIENTES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MAIZ (MAÍZ DE LA SIERRA, COSTA, ORIENTE E IMPORTADO).

1. Coeficiente de digestibilidad de la materia seca

El Coeficiente de Digestibilidad de la Materia Seca, registró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), entre los diferentes tipos de maíz evaluados, presentando el mayor promedio de digestibilidad el maíz de la Costa con un promedio de 85.59 %, seguido por los maíces de la Sierra, Oriente e Importado con promedios de 80.85, 80.97 y 81.05 % de digestibilidad, respectivamente. Cuadro 20. Gráfico 2.

2. Coeficiente de digestibilidad de la proteína cruda

Para el Coeficiente de Digestibilidad de la Proteína Cruda, se determinó diferencias estadísticas ($P < 0.01$), en los promedios de los diferentes tipos de maíz evaluados, presentando el mayor promedio de digestibilidad de la proteína el maíz de la Costa y Sierra con promedios de 52.68 y 50.54 % en su orden, seguidos por el maíz Importado con 46.77 % de digestibilidad y posteriormente el maíz del Oriente con un promedio de 41.36 %. Cuadro 20. Gráfico 3.

Estos resultados son inferiores a los registrados por el FEDNA, (2003) donde se reporta un coeficiente de digestibilidad para la proteína Cruda del maíz en aves del 83.0 al 85.0 %. Así también los resultados obtenidos en el presente estudio son superiores a los registrados por Maertens et al. (1988) quien expone un CD de la proteína de 62,4 %, por otro lado Villamide y De Blas (1991), registraron un promedio de digestibilidad para este nutriente de 59,9 %.

Por otro lado el coeficiente de digestibilidad de la proteína bruta, en el maíz de las diferentes procedencias es inferior al reportado por Rostagno, H. (2005), donde se registra un coeficiente de digestibilidad de 87.0 %.

3. Coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda

El Coeficiente de Digestibilidad de la Fibra Cruda, registró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), entre los diferentes tipos de maíz evaluados, presentando los mayores promedios de digestibilidad el maíz Importado, maíz de la Costa y maíz del Oriente con promedios de 31.24, 30.84 y 29.12 %, en última instancia el coeficiente de digestibilidad de la fibra cruda del maíz de la Sierra con 26.58 % de digestibilidad. Cuadro 20. Gráfico 4.

4. Coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo

El Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Etéreo, presentó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), en los diferentes tipos de maíz considerados, presentando los mayores promedios de digestibilidad el maíz de la Costa y maíz Importado con promedios de 91.23 y 88.97 % en su orden, seguidos por la digestibilidad del extracto etéreo del maíz de la Sierra y maíz del Oriente con 87.48 y 87.10 % de digestibilidad correspondientemente. Cuadro 20. Gráfico 5.

Los resultados obtenidos para el coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo, en el maíz de las diferentes procedencias son inferiores al reportado por Rostagno, H. (2005), donde se registra un coeficiente de digestibilidad de 92.0 %.

5. Coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno

Para el Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Libre de Nitrógeno, se determinó diferencias estadísticas ($P < 0.01$), en los promedios de los diferentes tipos de maíz evaluados, presentando el mayor promedio de digestibilidad el maíz de la Costa con un promedio de 91.13 %, seguido por los maíces de la Sierra e Importado con promedios de 88.79 y 87.86 % de digestibilidad respectivamente, finalmente se ubicó

el coeficiente de digestibilidad del maíz del Oriente con 84.69 % de digestibilidad.

Cuadro 20. Gráfico 6.

Los resultados obtenidos para el coeficiente de digestibilidad del extracto libre de nitrógeno, en el maíz de las diferentes procedencias son inferiores al reportado

por Rostagno, H. (2005), donde se registra un coeficiente de digestibilidad de 92.30 %.

C. EVALUACIÓN DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE CONTENIDA EN LOS DIFERENTES TIPOS DE MAÍZ (MAÍZ DE LA SIERRA, COSTA, ORIENTE E IMPORTADO), UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES.

1. Energía metabolizable verdadera

La Energía Metabolizable Verdadera contenida en cada uno de los tipos de maíz evaluados, para la alimentación de aves, presentó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), de esta manera se alcanzó el mayor promedio en los maíces Importado y de la Costa con 3858.80 y 3785.41 Kcal. de EMV/Kg. de Materia Seca contenida en el alimento, los mismos que superan estadísticamente a los demás tipos de maíz evaluados.

Posteriormente se ubicó la Energía Metabolizable Verdadera del maíz de la Sierra con un promedio de 3672.56 Kcal. de EMV/Kg. de Materia Seca y finalmente el maíz del Oriente con menor contenido de Energía Metabolizable Verdadera alcanzando un promedio de 3468.01 Kcal. de EMV/Kg. de Materia Seca respectivamente. Cuadro 21.

Los valores obtenidos en la presente investigación son superiores a los expuestos por FEDNA, (2003), en donde la energía metabolizable reportada para el maíz nacional alcanza un valor de 3310 Kcal. de EMV/Kg. de Materia Seca.

Por su parte los resultados obtenidos para esta variable en el maíz Importado, Costa y Sierra son superiores al reportado por Rostagno, H. (2005), donde se registra 3515.0 Kcal de energía metabolizable verdadera/Kg. de materia seca, lo que supera únicamente al contenido de energía metabolizable verdadera del maíz del Oriente.

2. Energía metabolizable verdadera corregida para nitrógeno

Al analizar la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno contenida en cada uno de los tipos de maíz evaluados, para la alimentación de aves, se determinó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), de esta forma se alcanzó los mayores promedios en los maíces de la Costa y maíz de la Sierra con 3713.29 y 3640.71 Kcal. de EMVn/Kg. de Materia Seca contenida en el alimento, por otro lado la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno del maíz Importado con un promedio de 3548.83 Kcal. de EMVn/Kg. de Materia Seca es igual estadísticamente al maíz de la Sierra, ubicando al maíz del Oriente con menor contenido de Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno con un promedio de 3337.64 Kcal. de EMVn/Kg. de Materia Seca correspondientemente. Cuadro 21.

3. Energía metabolizable aparente

Al evaluar la Energía Metabolizable Aparente contenida en cada uno de los tipos de maíz considerados, para la alimentación de aves, se determinó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), de esta forma se alcanzó los mayores promedios en los maíces Importado y maíz de la Costa con 3673.56 y 3600.98 Kcal. de EMA/Kg. de Materia Seca contenida en el maíz, por su parte la Energía Metabolizable Aparente del maíz de la Sierra con un promedio de 3514.15 Kcal. de EMA/Kg. de Materia Seca es estadísticamente similar al maíz de la Costa, ubicando al maíz del Oriente con menor contenido de Energía Metabolizable Aparente alcanzando un promedio de 3301.48 Kcal. de EMA/Kg. de Materia Seca respectivamente. Cuadro 21.

Estos resultados son superiores a los expuestos por FEDNA, (2003), en donde la energía metabolizable aparente reportada para el maíz nacional alcanza un valor de 3260 Kcal. de EMA/Kg. de Materia Seca y la EMA para el maíz importado llega a 3240 Kcal. de EMA/Kg. de Materia Seca, lo que puede deberse al manejo post cosecha brindado al maíz.

D. COMPORTAMIENTO DE LA ENERGIA METABOLIZABLE EN FUNCION A LA COMPOSICION QUIMICA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MAIZ (MAÍZ DE LA SIERRA, COSTA, ORIENTE E IMPORTADO), UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES.

1. Predicción de la Energía metabolizable verdadera

Se determinaron diferentes modelos de regresión simple para la predicción de la Energía Metabolizable Verdadera en función del Extracto Etéreo y la Fibra Cruda contenida en los diferentes tipos de maíz, de esta manera se obtuvo un modelo de regresión de segundo grado para la predicción de la Energía Metabolizable Verdadera en función del Extracto Etéreo, el mismo que permite explicar la varianza de la EMV debida a la cantidad de Extracto Etéreo contenido en los diferentes tipos de Maíz en un 84.7 %. Por otro lado se estableció un modelo de regresión de segundo orden para la predicción de la Energía Metabolizable Verdadera en función de la Fibra Cruda, el mismo que permite explicar la varianza de la EMV debida a la cantidad de Fibra Cruda contenida en los diferentes tipos de Maíz en un 85.2 %. Gráficos 7 y 8.

La Energía Metabolizable Verdadera presenta una correlación altamente significativa ($P < 0.01$), con el contenido de Extracto Etéreo, Fibra Cruda y Extracto Libre de Nitrógeno con coeficientes de 0.878, 0.877 y 0.595 en su respectivo orden, lo que significa que hay una asociación lineal positiva entre la Energía Metabolizable Verdadera y el contenido de nutrientes de los diferentes tipos de maíz evaluados. Cuadro 22.

El modelo de regresión múltiple para la estimación de la Energía Metabolizable Verdadera en función de los nutrientes contenidos en el maíz sugiere utilizar como variables predictoras a la Cenizas, Proteína Cruda y Extracto Etéreo las mismas que permiten explicar la varianza de las observaciones experimentales en un 86.9 %, por lo que el modelo sería muy útil para predecir la cantidad de Energía Metabolizable Verdadera a partir del Análisis proximal del maíz de cualquier procedencia. Cuadro

22.

. Predicción de la Energía metabolizable verdadera corregida para nitrógeno

Se determinaron diferentes modelos de regresión simple para la predicción de la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno en función del Extracto Etéreo y la Fibra Cruda contenida en los diferentes tipos de maíz, de esta manera se obtuvo un modelo de regresión de segundo grado para la predicción de la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno en función del Extracto Etéreo, el mismo que permite explicar la varianza de la EMVn debida a la cantidad de Extracto Etéreo contenido en los diferentes tipos de Maíz en un 86.3 %.

Por otro lado se estableció un modelo de regresión de segundo grado para la predicción de la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno en función de la Fibra Cruda, el mismo que permite explicar la varianza de la EMVn debida a la cantidad de Fibra Cruda contenida en los diferentes tipos de Maíz en un 86.8 %. Gráficos 9 y 10.

La Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno presenta una correlación altamente significativa ($P < 0.01$), con el contenido de Extracto Etéreo, Fibra Cruda y Extracto Libre de Nitrógeno con coeficientes de 0.860, 0.863 y 0.665 correspondientemente, lo que significa que hay una asociación lineal positiva entre la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno y los nutrientes contenidos en los diferentes tipos de maíz evaluados. Cuadro 23.

El modelo de regresión múltiple para la estimación de la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno en función de los nutrientes contenidos en el maíz sugiere utilizar como variables predictoras a la Cenizas, Proteína Cruda y Extracto Etéreo las mismas que permiten explicar la varianza de las observaciones experimentales en un 87.2 %, por lo que el modelo sería muy útil para predecir la cantidad de Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno a partir del Análisis proximal del maíz de cualquier procedencia. Cuadro 23.

3. Predicción de la Energía metabolizable aparente

Se determinaron dos modelos de regresión simple para la predicción de la Energía Metabolizable Aparente en función del Extracto Etéreo y la Fibra Cruda contenida en los diferentes tipos de maíz, de esta manera se obtuvo un modelo de regresión de segundo grado para la predicción de la Energía Metabolizable Aparente en función del Extracto Etéreo, el mismo que permite explicar la varianza de la EMA debida a la cantidad de Extracto Etéreo contenido en los diferentes tipos de Maíz en un 86.0 %. Por otro lado se estableció un modelo de regresión de segundo grado para la predicción de la Energía Metabolizable Aparente en función de la Fibra Cruda, el mismo que permite explicar la varianza de la EMA debida a la cantidad de Fibra Cruda contenida en los diferentes tipos de Maíz en un 86.6 %. Gráficos 11 y 12.

La Energía Metabolizable Aparente presenta una correlación altamente significativa ($P < 0.01$), con el contenido de Extracto Etéreo, Fibra Cruda y Extracto Libre de Nitrógeno con coeficientes de 0.854, 0.857 y 0.672 respectivamente, lo que significa que hay una asociación lineal positiva entre la Energía Metabolizable Aparente y los nutrientes contenidos en los diferentes tipos de maíz evaluados. Cuadro 24.

El modelo de regresión múltiple para la estimación de la Energía Metabolizable Aparente en función de los nutrientes contenidos en el maíz sugiere utilizar como variables predictoras a la Cenizas, Proteína Cruda y Extracto Etéreo las mismas que permiten explicar la varianza de las observaciones experimentales en un 86.90 %, por lo que el modelo sería muy útil para predecir la cantidad de Energía Metabolizable Aparente a partir del Análisis proximal del maíz de cualquier procedencia. Cuadro 24.

V. CONCLUSIONES

Se concluye lo siguiente:

1. De acuerdo a la composición química, de los diferentes tipos de maíz evaluados para la alimentación de aves el mayor porcentaje de Proteína Cruda y Extracto Etéreo, presenta el maíz Importado, por otro lado el maíz de la Sierra es superior a los demás tipos de maíz evaluados en cuanto a Materia Orgánica y Extracto Libre de Nitrógeno, en tanto que el maíz de la Costa es superior en cuanto a Materia Seca y Fibra Cruda.
2. El maíz de la Costa utilizado en la alimentación de Aves presenta mayores coeficientes de digestibilidad para la Materia Seca, Proteína Cruda, Extracto Etéreo y Extracto Libre de Nitrógeno con coeficientes de 85.59, 52.68, 91.23 y 91.13 % correspondientemente, en tanto que el mayor coeficiente de digestibilidad para la Fibra Cruda se determinó en el maíz importado con 31.24 % de digestibilidad.
3. La Energía Metabolizable Verdadera es superior en el maíz Importado y maíz de la Costa con promedios de 3858.80 y 3785.41 Kcal. de EMV/Kg. de Materia Seca en su orden.
4. Por su parte la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno es superior en el maíz de la Costa y maíz de la Sierra con promedios de 3713.29 y 3640.71 Kcal. de EMVn/Kg. de Materia Seca respectivamente.
5. La Energía Metabolizable Aparente es superior en el maíz Importado y maíz de la Costa con promedios de 3673.58 y 3600.98 Kcal. de EMA/Kg. de Materia Seca correspondientemente.
6. Mediante análisis de regresión múltiple se ha determinado modelos que permiten predecir la Energía Metabolizable Verdadera, Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno y Energía Metabolizable Aparente con una precisión de

86.9, 87.2 y 86.9 % respectivamente, a partir de la Ceniza, Proteína Cruda y Extracto Etéreo de los diferentes alimentos evaluados.

VI. RECOMENDACIONES

Luego de analizar los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

1. Utilizar el maíz en la formulación de raciones para aves sin importar la procedencia, siempre y cuando su utilización este basada en un muestreo y evaluación nutricional, a fin de cubrir los requerimientos que debe poseer un alimento balanceado.
2. Socializar y transferir los resultados obtenidos en la presente investigación a los productores y personas involucradas en la nutrición y elaboración de balanceados, con el fin de mejorar la calidad nutritiva de los concentrados para aves.
3. Desarrollar otras investigaciones en Pruebas de Digestibilidad con aves, con el fin de establecer la calidad nutritiva verdadera de los alimentos que actualmente son utilizados en las raciones para aves, lo que permitirá actualizar bases de datos dentro de los programas de formulación.
4. Realizar investigaciones con otros maíces de diferentes zonas (Costa, Sierra y Oriente) del Ecuador, que permitan obtener más información para una formulación adecuada en aves.

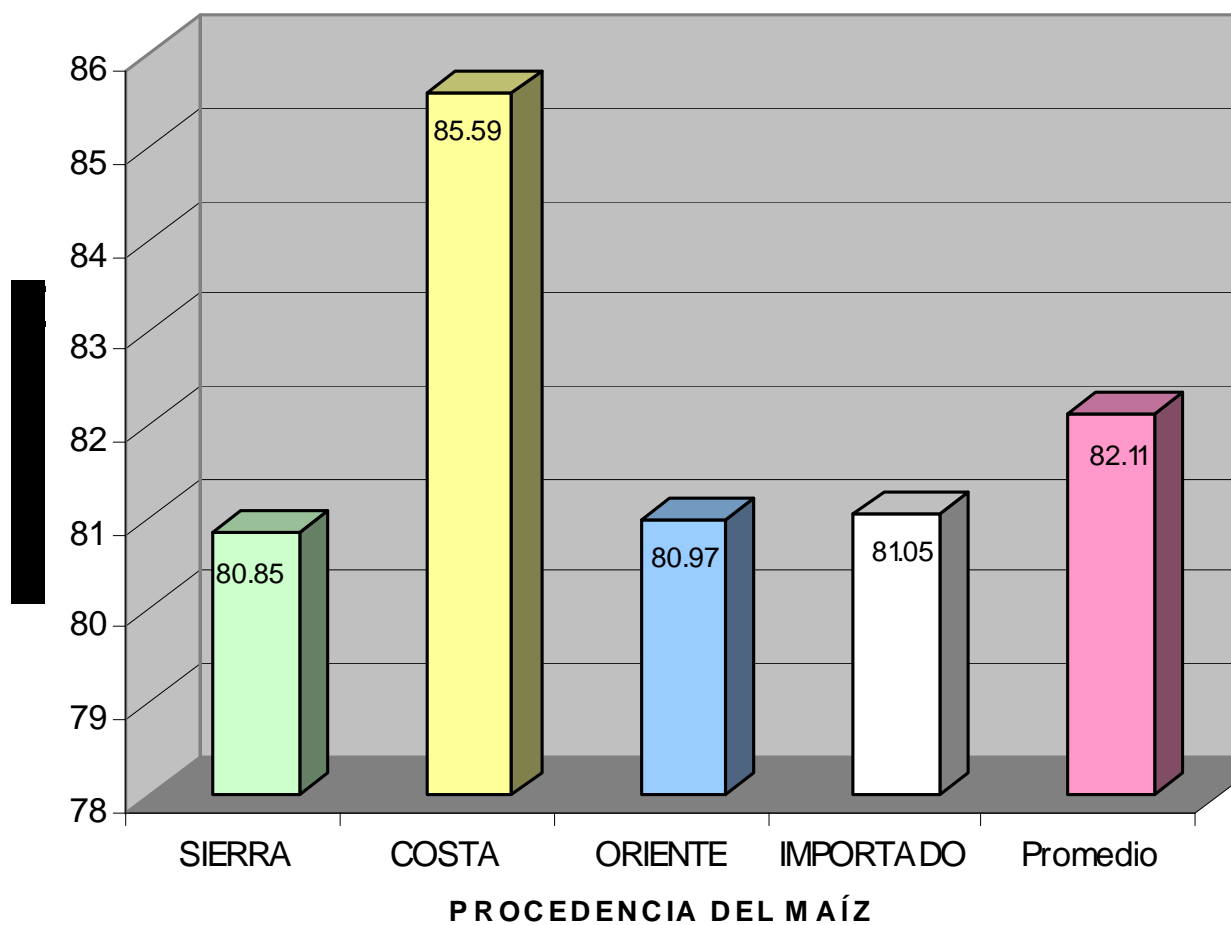


Gráfico 2. Coeficiente de Digestibilidad in Vivo de la Materia Seca de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.

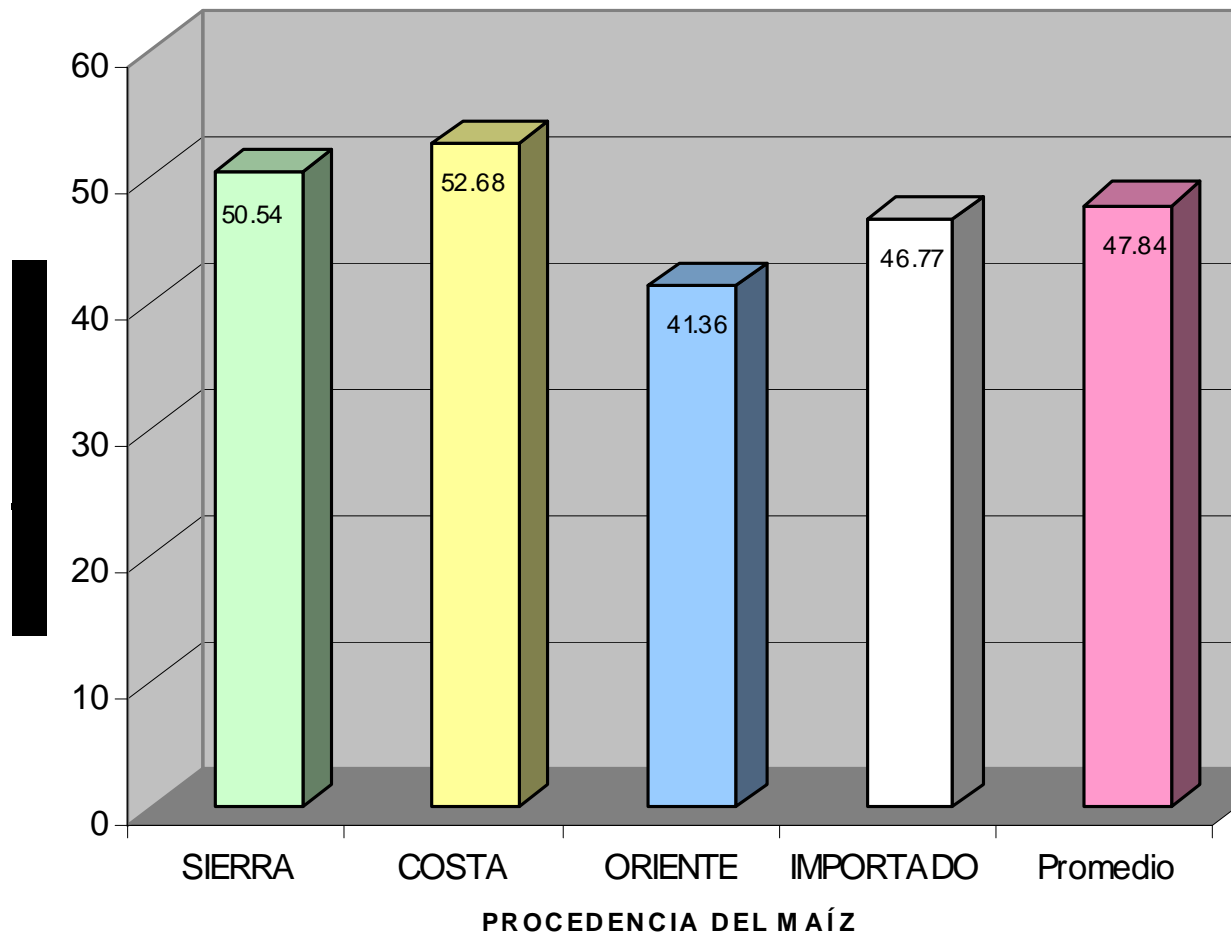


Gráfico 3. Coeficiente de Digestibilidad in Vivo de la Proteína Cruda de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.

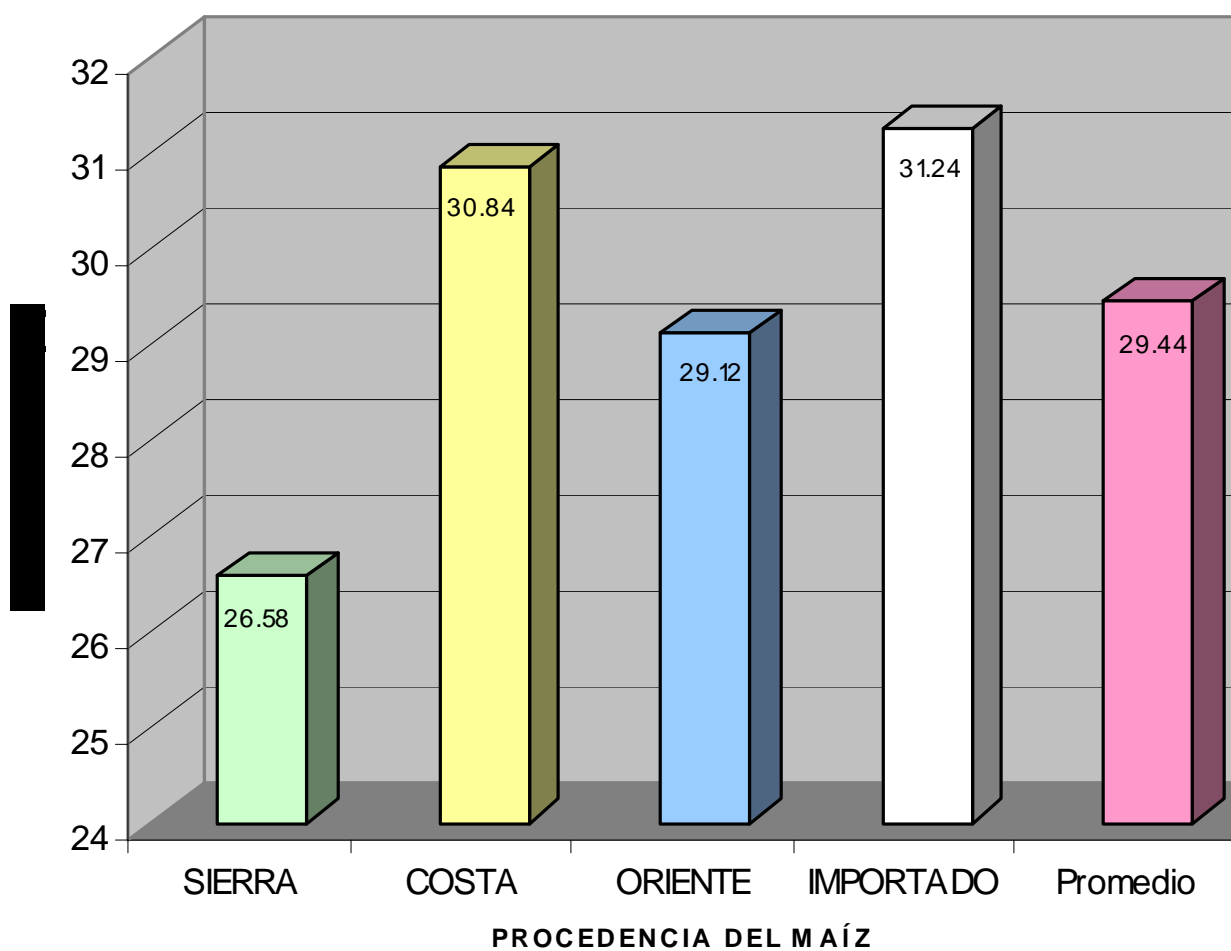


Gráfico 4. Coeficiente de Digestibilidad in Vivo de la Fibra Cruda de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.

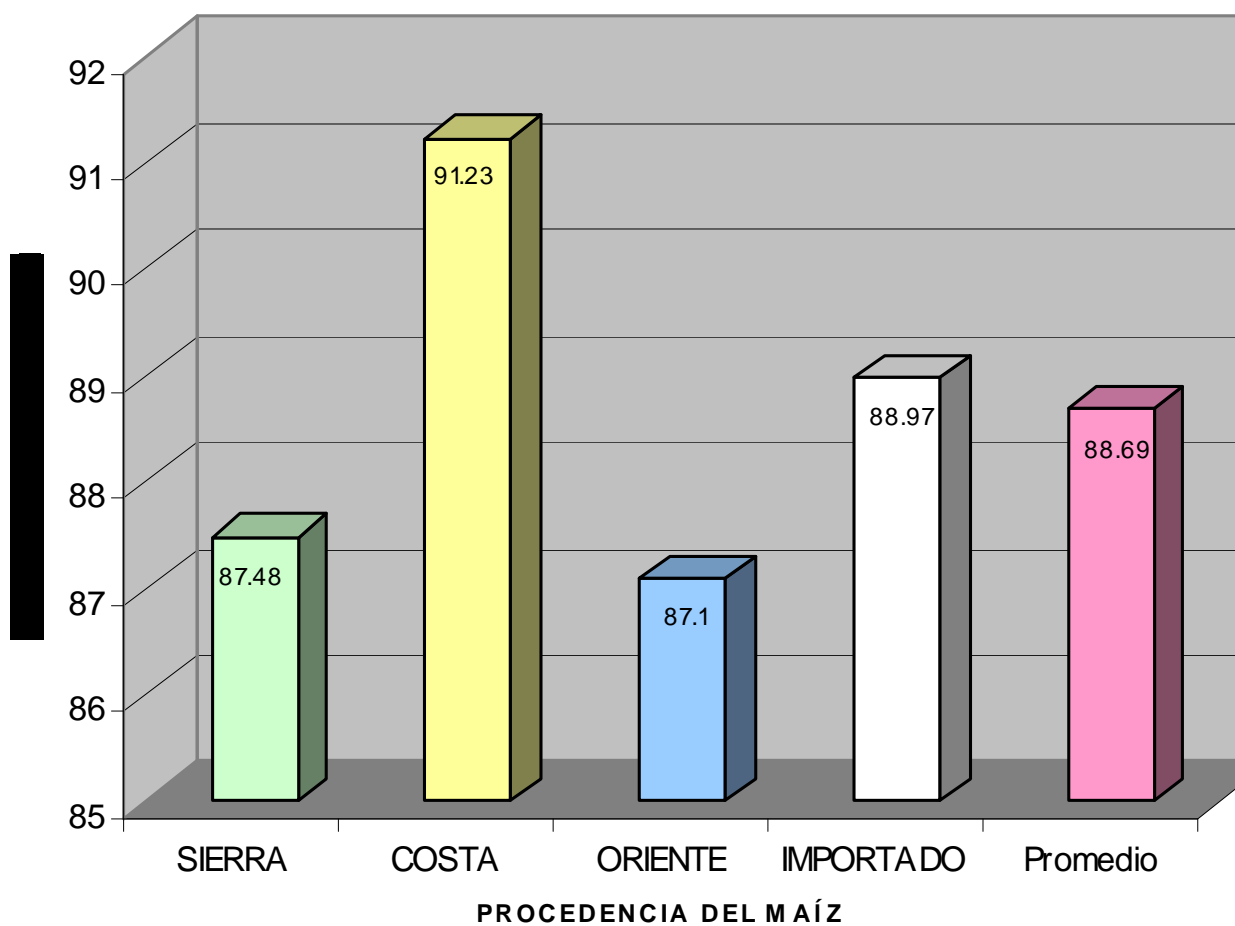


Gráfico 5. Coeficiente de Digestibilidad in Vivo del Extracto Etéreo de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.

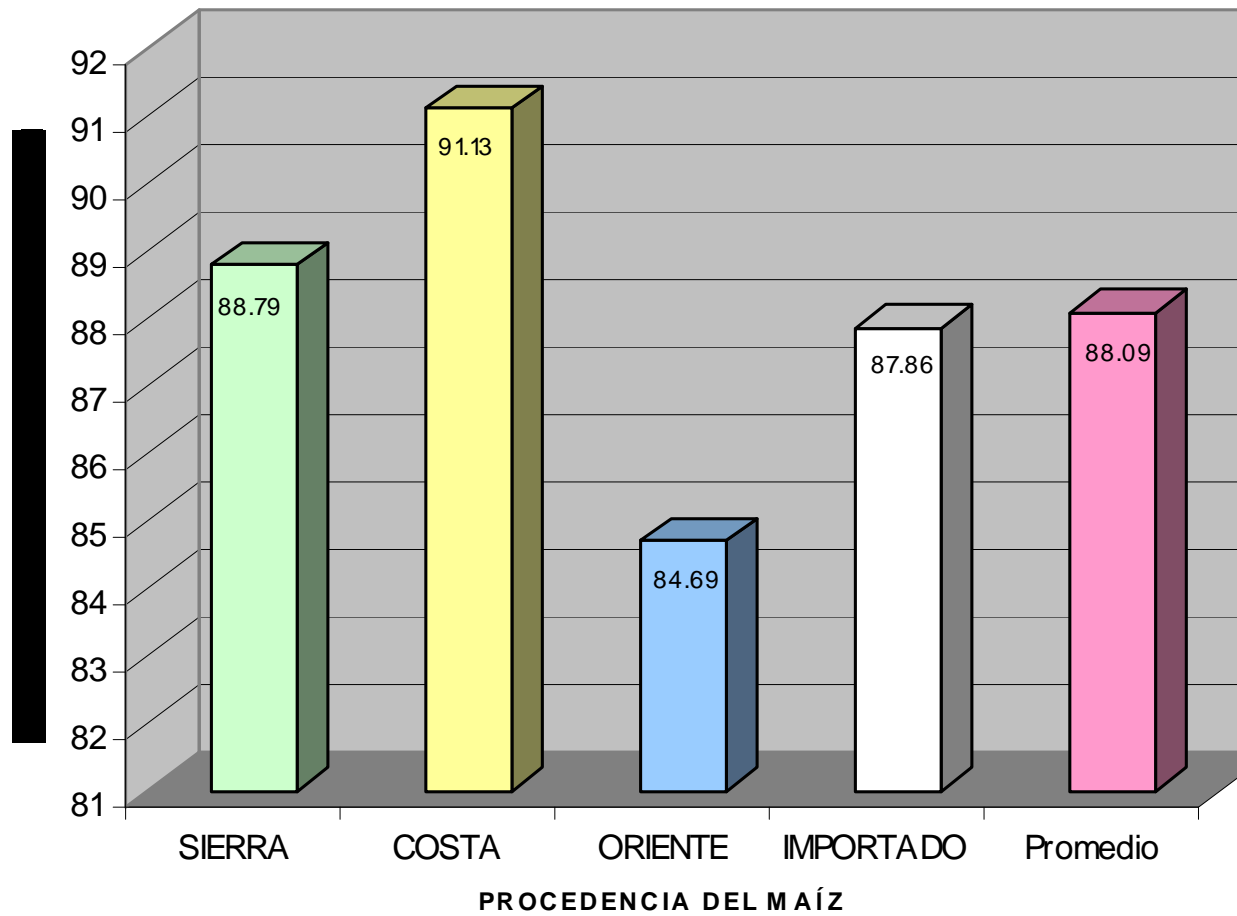


Gráfico 6. Coeficiente de Digestibilidad in Vivo del Extracto Libre de Nitrógeno de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.

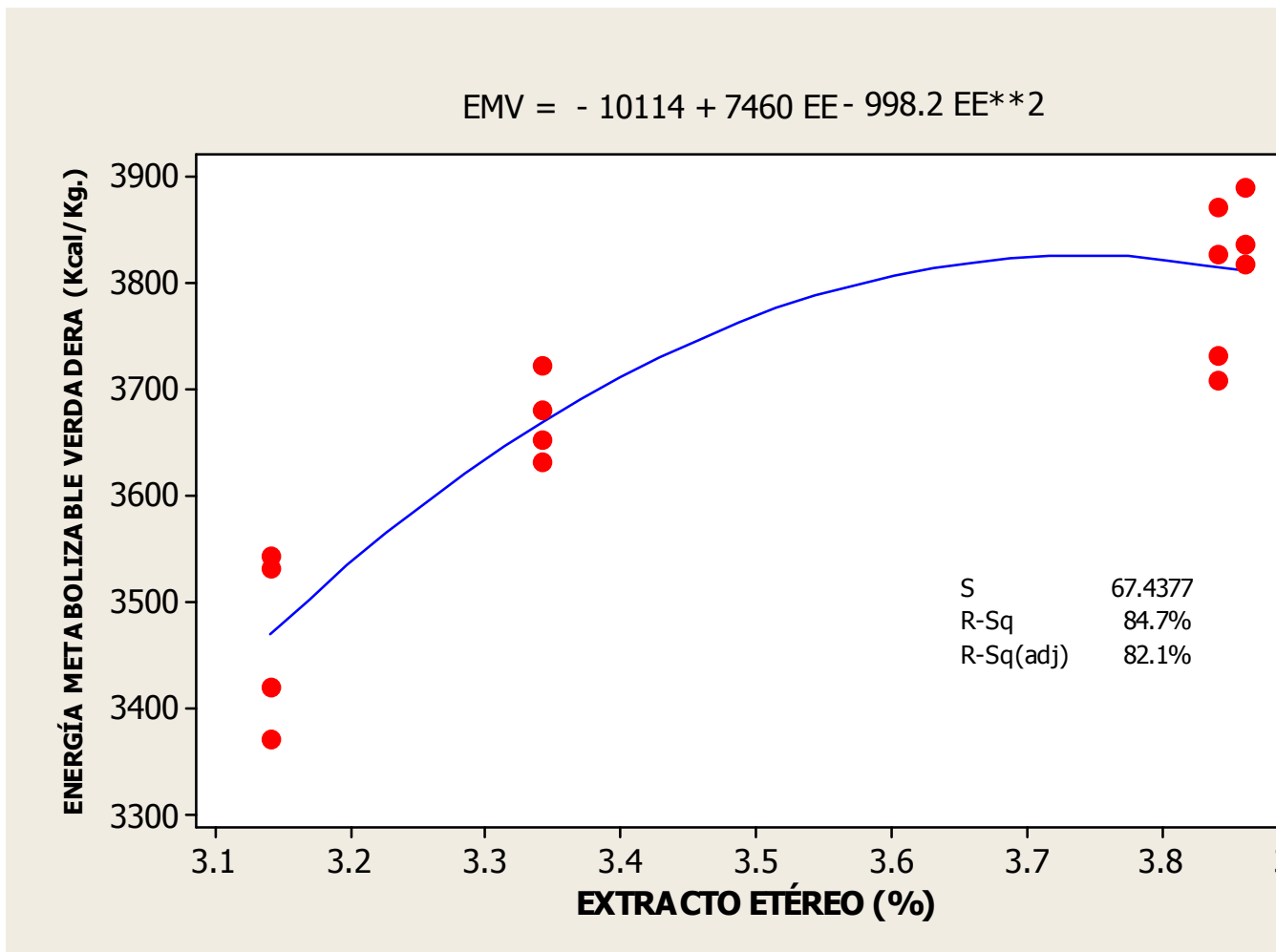


Gráfico 7. Tendencia de la Regresión de la Energía Metabolizable Verdadera en función del porcentaje de Extracto Etéreo de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.

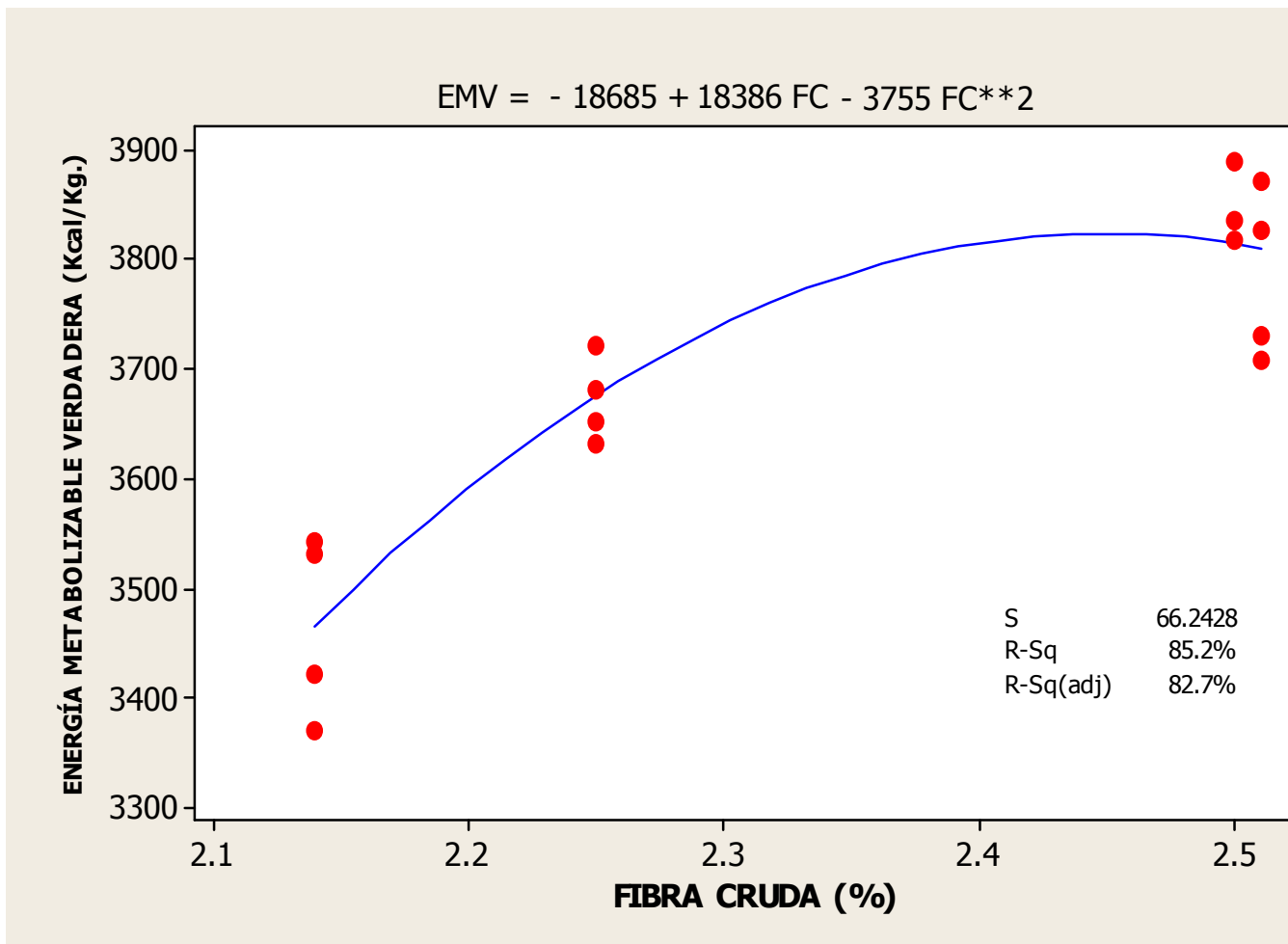


Gráfico 8. Tendencia de la Regresión de la Energía Metabolizable Verdadera en función del porcentaje de Fibra Cruda de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.

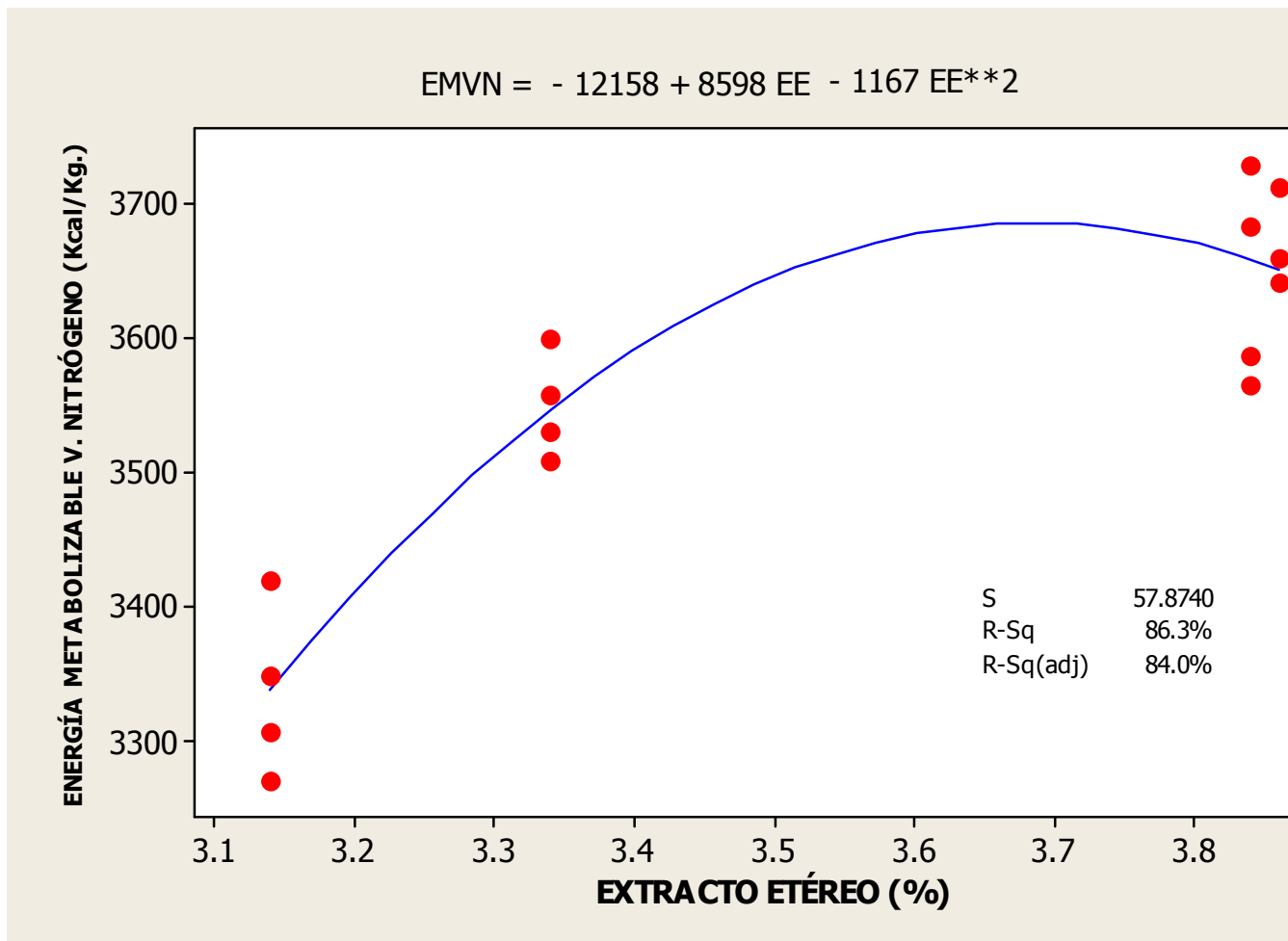


Gráfico 9. Tendencia de la Regresión de la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno en función del porcentaje de Extracto Etéreo de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.

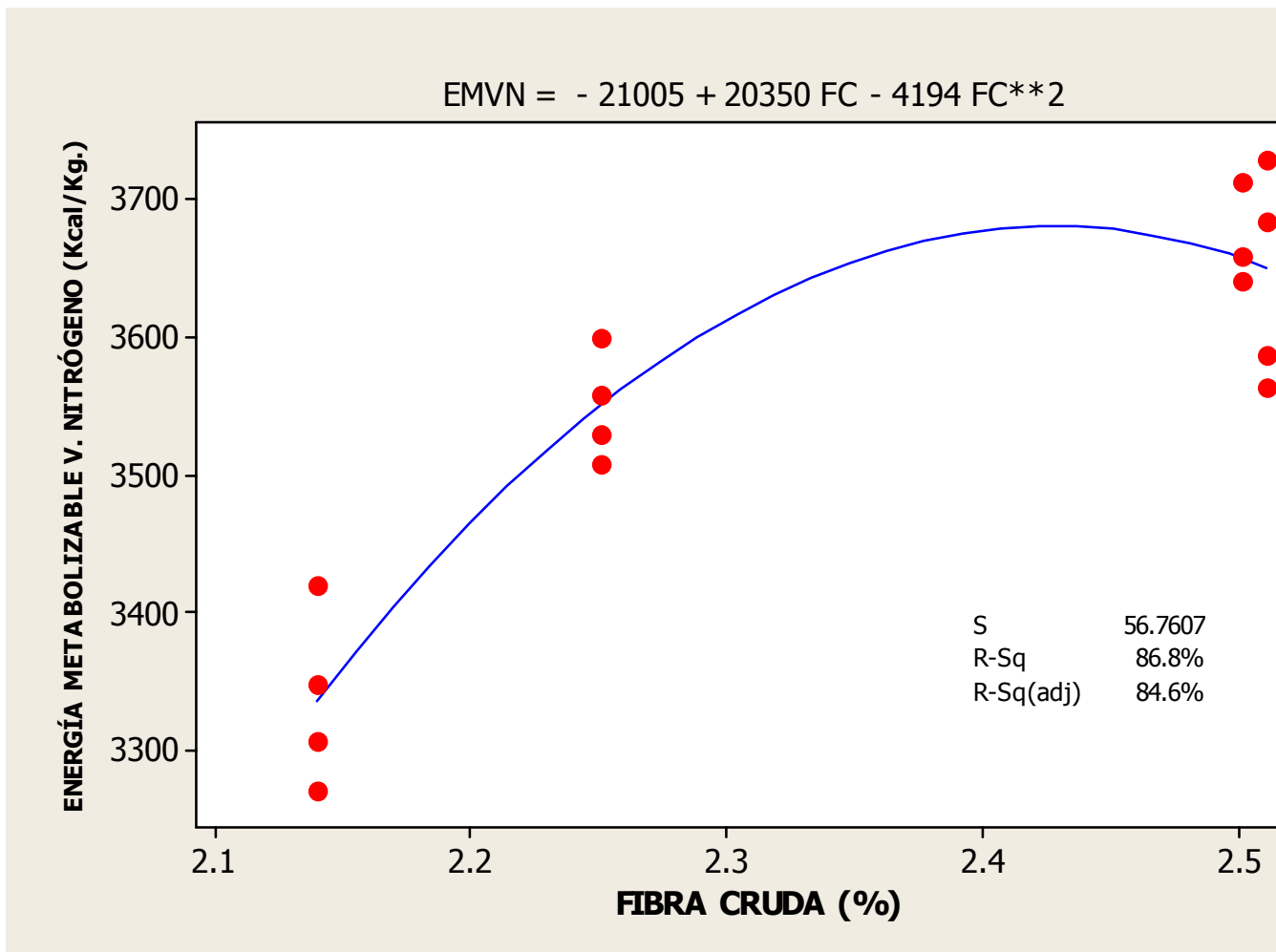


Gráfico 10. Tendencia de la Regresión de la Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno en función del porcentaje de Fibra Cruda de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.

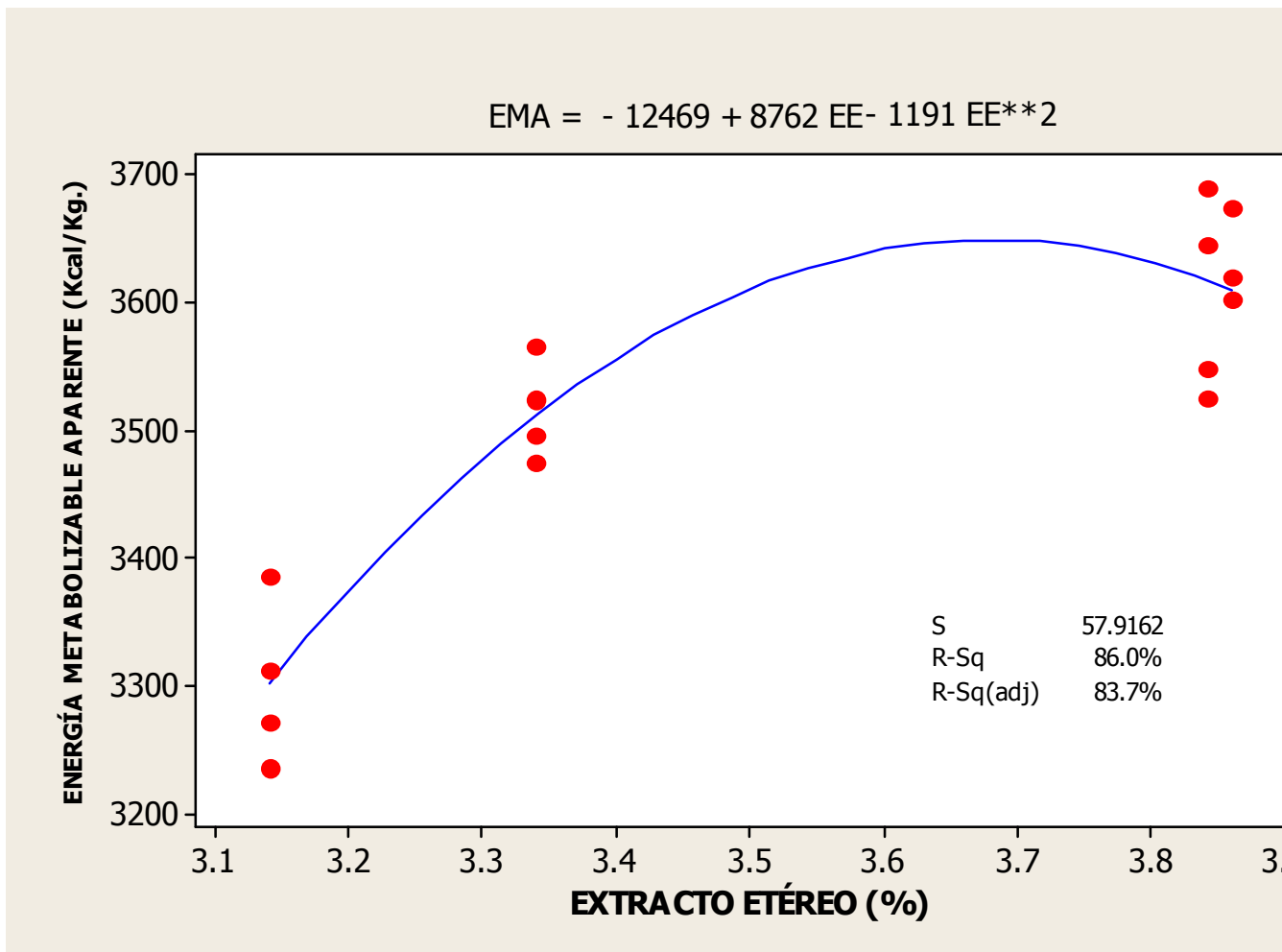


Gráfico 11. Tendencia de la Regresión de la Energía Metabolizable Aparente en función del porcentaje de Extracto Etéreo de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.

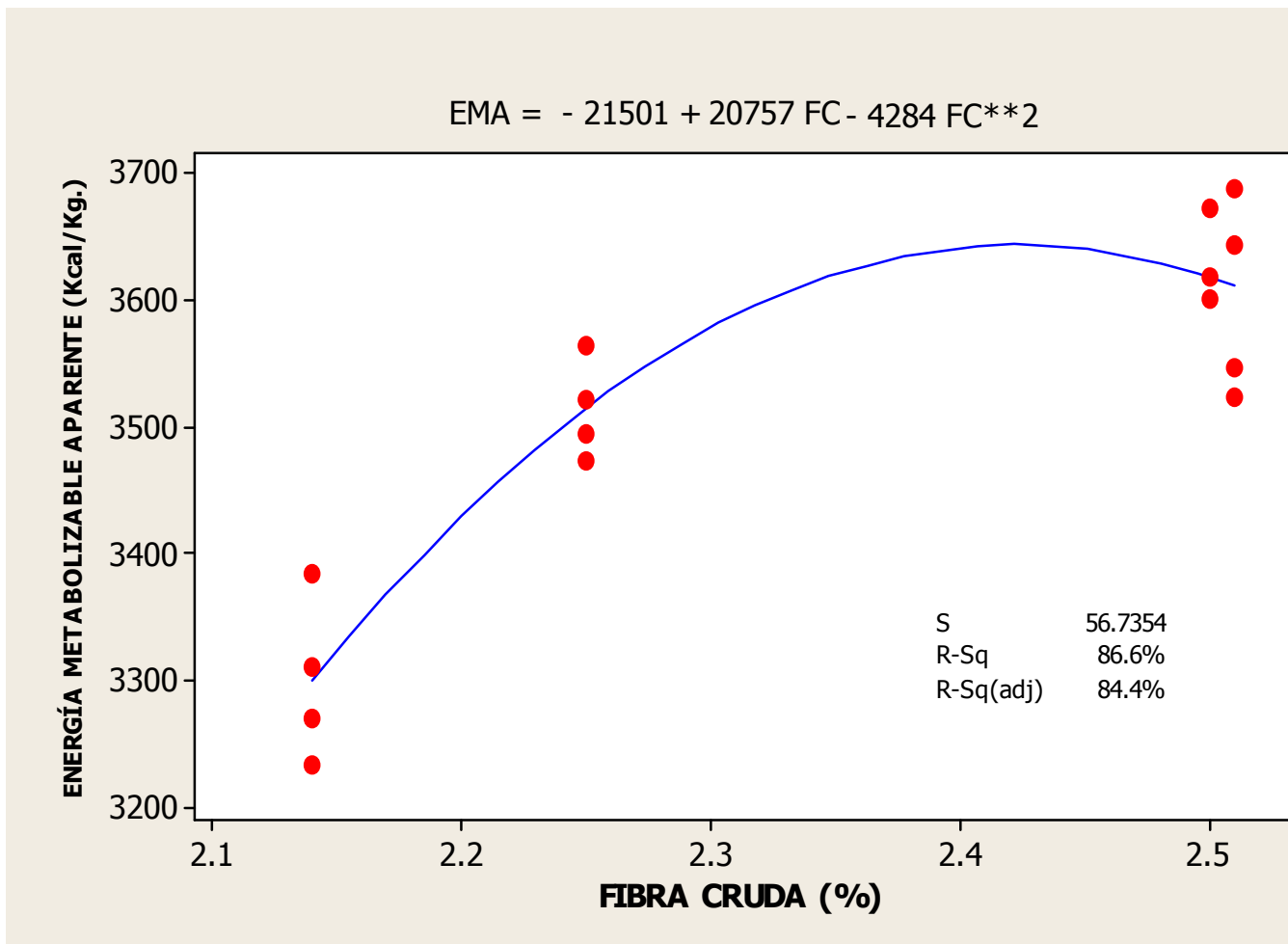


Gráfico 12. Tendencia de la Regresión de la Energía Metabolizable Aparente en función del porcentaje de Fibra Cruda de Diferentes Tipos de Maíz utilizados en la alimentación de aves.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de Varianza de los Coeficientes de Digestibilidad de los Nutrientes de diferentes tipos de maíz utilizados en la alimentación de aves.

a. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA

FV	GL	SC	CM	F. cal	Pr > F
Total	15	70.68			
Tipo	3	64.40	21.46	41.06	< .0001
Error	12	6.27	0.52		

	R2	CV	DS	MM
	0.911239	0.880531	0.723065	82.11688

DUNCAN	MEAN	N	TIPO
A	85.59	4	2
B	81.05	4	4
B	80.97	4	3
B	80.85	4	1

b. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA CRUDA

FV	GL	SC	CM	F. cal	Pr > F
Total	15	326.23			
Tipo	3	295.68	98.56	38.72	< .0001
Error	12	30.54	2.54		

	R2	CV	DS	MM
	0.906357	3.335064	1.595557	47.84188

DUNCAN	MEAN	N	TIPO
A	52.68	4	2
A	50.54	4	1
B	46.77	4	4
C	41.36	4	3

c. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DE LA FIBRA CRUDA

FV	GL	SC	CM	F. cal	Pr > F
Total	15	78.93			
Tipo	3	53.96	17.98	8.65	< .0025
Error	12	24.96	2.08		

R2 CV DS MM
0.683735 4.897628 1.442321 29.44938

DUNCAN	MEAN	N	TIPO
A	31.24	4	4
A	30.84	4	2
A	29.12	4	3
B	26.58	4	1

d. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DEL EXTRACTO ETereo

FV	GL	SC	CM	F. cal	Pr > F
Total	15	70.26			
Tipo	3	42.22	14.07	6.02	0.0096
Error	12	28.04	2.33		

R2 CV DS MM
0.600856 1.723626 1.528824 88.69813

DUNCAN	MEAN	N	TIPO
A	91.23	4	2
AB	88.97	4	4
B	87.48	4	1
B	87.10	4	3

e. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DEL EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO

FV	GL	SC	CM	F. cal	Pr > F
Total	15	103.14			
Tipo	3	88.24	29.41	23.69	< .0001
Error	12	14.89	1.24		

	R2	CV	DS	MM
	0.855567	1.264757	1.114195	88.09563

DUNCAN	MEAN	N	TIPO
A	91.13	4	2
B	88.79	4	1
B	87.86	4	4
C	84.69	4	3

Anexo 2. Análisis de Varianza de la Energía Metabolizable contenida en diferentes tipos de maíz utilizados en la alimentación de aves.

a. ENERGIA METABOLIZABLE VERDADERA

FV	GL	SC	CM	F. cal	Pr > F
Total	15	396245.94			
Tipo	3	348113.18	116037.72	28.93	< .0001
Error	12	48132.75	4011.06		

	R2	CV	DS	MM
	0.878528	1.713463	63.33295	3696.195

DUNCAN	MEAN	N	TIPO
A	3858.80	4	4
A	3785.41	4	2
B	3672.56	4	1
C	3468.01	4	3

b. ENERGIA METABOLIZABLE CORREGIDA PARA NITROGENO

FV	GL	SC	CM	F. cal	Pr > F
Total	15	377497.11			
Tipo	3	318323.60	106107.86	21.52	< .0001
Error	12	59173.50	4931.12		

	R2	CV	DS	MM
	0.843248	1.972464	70.22197	3560.114

DUNCAN	MEAN	N	TIPO
A	3713.29	4	2
AB	3640.71	4	1
B	3548.83	4	4
C	3337.64	4	3

c. ENERGIA METABOLIZABLE APARENTE

FV	GL	SC	CM	F. cal	Pr > F
Total	15	370765.89			
Tipo	3	311592.39	103864.13	21.06	< .0001
Error	12	59173.50	4931.12		
	R2	CV	DS	MM	
	0.840402	1.993504	70.22197	3522.539	
DUNCAN	MEAN	N	TIPO		
A	3673.56	4	4		
AB	3600.98	4	2		
B	3514.15	4	1		
C	3301.48	4	3		

Anexo 3. Correlación para la Energía Metabolizable y la Composición Química de diferentes tipos de maíz utilizados en la alimentación de aves.

	EMV	EMVN	EMA
MS	0.570	0.543	0.533
	0.026	0.036	0.041
PC	0.089	-0.006	-0.017
	0.753	0.983	0.953
EE	0.878	0.860	0.854
	0.001	0.001	0.001
FC	0.877	0.863	0.857
	0.001	0.001	0.001

ELN	0.595	0.665	0.672
	0.019	0.007	0.006
C	-0.304	-0.395	-0.402
	0.270	0.145	0.138

Correlación Pearson
Probabilidad

EMV: Energía Metabolizable Verdadera

EMVN: Energía Metabolizable Verdadera corregida para Nitrógeno

EMA: Energía Metabolizable Aparente

MS: Materia Seca

PC: Proteína Cruda

EE: Extracto Etéreo

FC: Fibra Cruda

ELN: Extracto Libre de Nitrógeno

C: Cenizas

Anexo 4. Análisis de Regresión Simple para la predicción de la Energía Metabolizable en función del Extracto Etéreo y Fibra Cruda de diferentes tipos de maíz utilizados en la alimentación de aves.

a. ENERGIA METABOLIZABLE VERDADERA VS. EXTRACTO ETÉREO

$$EMV = - 10114 + 7460 EE - 998.2 EE^{**2}$$

$$S = 67.4377 \quad R-Sq = 84.7\% \quad R-Sq(adj) = 82.1\%$$

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P
Regression	2	301193	150596	33.11	0.000
Error	12	54574	4548		
Total	14	355767			

FV	GL	SC	F	P
Linear	1	274463	43.88	0.000
Quadratic	1	26730	5.88	0.032

b. ENERGIA METABOLIZABLE VERDADERA VS. FIBRA CRUDA

$$EMV = - 18685 + 18386 FC - 3755 FC^{**2}$$

$$S = 66.2428 \quad R-Sq = 85.2\% \quad R-Sq(adj) = 82.7\%$$

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P
Regression	2	303110	151555	34.54	0.000
Error	12	52657	4388		
Total	14	355767			

FV	GL	SC	F	P
Linear	1	273860	43.47	0.000
Quadratic	1	29250	6.67	0.024

c. ENERGIA METABOLIZABLE V. NITROGENO VS. EXTRACTO ETÉREO

$$EMVN = - 12158 + 8598 EE - 1167 EE^{**2}$$

$$S = 57.8740 \quad R-Sq = 86.3\% \quad R-Sq(adj) = 84.0\%$$

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P
Regression	2	253621	126810	37.86	0.000

Error	12	40193	3349
Total	14	293813	

FV	GL	SC	F	P
Linear	1	217106	36.79	0.000
Quadratic	1	36515	10.90	0.006

d. ENERGIA METABOLIZABLE V. NITROGENO VS. FIBRA CRUDA

$$\text{EMVN} = - 21005 + 20350 \text{ FC} - 4194 \text{ FC}^2$$

S = 56.7607 R-Sq = 86.8% R-Sq(adj) = 84.6%

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P
Regression	2	255152	127576	39.60	0.000
Error	12	38661	3222		
Total	14	293813			

FV	GL	SC	F	P
Linear	1	218650	37.82	0.000
Quadratic	1	36502	11.33	0.006

e. ENERGIA METABOLIZABLE APARENTE VS. EXTRACTO ETÉREO

$$\text{EMA} = - 12469 + 8762 \text{ EE} - 1191 \text{ EE}^2$$

S = 57.9162 R-Sq = 86.0% R-Sq(adj) = 83.7%

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P
Regression	2	248113	124057	36.98	0.000
Error	12	40251	3354		
Total	14	288365			

FV	GL	SC	F	P
Linear	1	210076	34.88	0.000
Quadratic	1	38037	11.34	0.006

f. ENERGIA METABOLIZABLE APARENTE VS. FIBRA CRUDA

$$\text{EMA} = - 21501 + 20757 \text{ FC} - 4284 \text{ FC}^2$$

$$S = 56.7354 \quad R\text{-Sq} = 86.6\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 84.4\%$$

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P
Regression	2	249738	124869	38.79	0.000
Error	12	38627	3219		
Total	14	288365			

FV	GL	SC	F	P
Linear	1	211660	35.87	0.000
Quadratic	1	38078	11.83	0.005

Anexo 5. Análisis de Regresión Múltiple para la Energía Metabolizable en función de los diferentes Nutrientes, de diferentes tipos de maíz utilizados en la alimentación de aves.

a. ENERGIA METABOLIZABLE VERDADERA

$$\text{EMV} = 7955 + 416 \text{ C} - 896 \text{ PC} + 733 \text{ EE}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Intercepto	7955	2252	3.53	0.005
C	416.2	190.9	2.18	0.052
PC	-896.5	352.6	-2.54	0.027

EE 732.9 134.8 5.43 0.000

S = 65.1922 R-Sq = 86.9% R-Sq(adj) = 83.3%

Análisis de Varianza

F.V.	GL	SC	CM	F	P
Regression	3	309017	103006	24.24	0.000
Residual Error	11	46750	4250		
Total	14	355767			

b. ENERGIA METABOLIZABLE CORREGIDA PARA NITROGENO

$$\text{EMVN} = 7485 + 341 C - 810 PC + 648 EE$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Intercepto	7485	2022	3.70	0.003
C	340.9	171.4	1.99	0.072
PC	-810.2	316.6	-2.56	0.027
EE	647.8	121.1	5.35	0.000

S = 58.5379 R-Sq = 87.2% R-Sq(adj) = 83.7%

Análisis de Varianza

F.V.	GL	SC	CM	F	P
Regression	3	256120	85373	24.91	0.000
Residual Error	11	37694	3427		
Total	14	293813			

c. ENERGIA METABOLIZABLE APARENTE

$$\text{EMA} = 7567 + 347 \text{ C} - 825 \text{ PC} + 646 \text{ EE}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Intercepto	7567	2022	3.74	0.003
C	346.7	171.4	2.02	0.068
PC	-825.0	316.6	-2.61	0.024
EE	646.2	121.1	5.34	0.000

S = 58.5379 R-Sq = 86.9% R-Sq(adj) = 83.4%

Análisis de Varianza

F.V.	GL	SC	CM	F	P
Regression	3	250671	83557	24.38	0.000
Residual Error	11	37694	3427		
Total	14	288365			