

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

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or historical figure, seated on a throne. The figure is surrounded by various symbols, including a crown, a lion, and a shield. The text "UNIVERSITAS CAROLINA ACADIA COACTEMALENSIS INTER" is inscribed around the perimeter of the seal.

**“DETERMINACIÓN DEL PERFIL VITAMÍNICO DE CUATRO MATERIALES
DE MAÍZ AMARILLO (*Zea mays L.*) CON FINES DE ALIMENTACIÓN
ANIMAL”**

VANIA ZULEMA SOLARES JUÁREZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2003

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

**“DETERMINACIÓN DEL PERFIL VITAMÍNICO DE CUATRO MATERIALES
DE MAÍZ AMARILLO (*Zea mays L.*) CON FINES DE ALIMENTACIÓN
ANIMAL”**



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

POR

VANIA ZULEMA SOLARES JUÁREZ

AL CONFERÍRSELE EL GRADO ACADÉMICO DE:

LICENCIADA EN ZOOTECNIA

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2003

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

DECANO:	Dr. M.V. Mario Llerena Quan
SECRETARIA:	Dra. M.V. Beatriz Santizo
VOCAL PRIMERO:	Lic. Zoot. Carlos Saavedra
VOCAL SEGUNDO:	Dr. M.V. Fredy González
VOCAL TERCERO:	Dr. M.V. Edgar Bailey
VOCAL CUARTO:	Br. Juan Pablo Nájera
VOCAL QUINTO:	Br. Luz Francisca García

ASESORES

**Lic. Zoot. Jorge Sinay
Lic. Zoot. Luis Corado
Lic. Zoot. Miguel Angel Rodenas**

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

“DETERMINACIÓN DEL PERFIL VITAMÍNICO DE CUATRO MATERIALES DE MAÍZ AMARILLO (*Zea mays L.*) CON FINES DE ALIMENTACIÓN ANIMAL”

Como requisito previo a optar el título profesional de

LICENCIADA EN ZOOTECNIA

ACTO QUE DEDICO

A DIOS	Por el regalo tan hermoso de la vida y por acompañarme siempre en mi camino.
A MIS PADRES	Carlos Ovidio Solares López y Aída Elizabet Juárez de Solares, como fruto a sus sacrificios y trabajo y por su apoyo incondicional.
A MIS HERMANOS	Aída y Carlos, por su amistad y cariño
A MIS ABUELOS	Martha Julia, Maximiliano (q.e.p.d.), Ovidio (q.e.p.d.) y Herlinda, por ser siempre el ejemplo a seguir en mi vida y por sus sabios consejos, oraciones y amor.
A MIS TÍOS	Patricia, Maritza, Vinicio, Romeo, Max, Manuel, Luis, por estar siempre a mi lado y ser parte de mí.
A MIS AMIGOS	Carol, Bárbara, Patricia, Lorena, Miroslava, Karina, Silvia, Vinicio, Henry, Erick, Luis Leonardo y Juan Miguel por tantas alegrías compartidas y por su amistad sincera.
A MIS ASESORES	Lic. Jorge Sinay, Lic. Luis Corado y Lic. Miguel Angel Rodenas, por su paciencia, su tiempo y su dedicación para con este trabajo de investigación.

A toda mi familia y amigos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

A mi familia

A mis amigos

A mis asesores

Al personal de Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

A mis compañeros de Promoción, Catedráticos y Personal en general.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), por su colaboración en la realización de este trabajo, porque contribuyeron en el manejo del cultivo desde la siembra hasta la recolección del grano.

Especialmente al Ing. Mario Fuentes por su valiosa asesoría, colaboración y tiempo brindado en la realización del presente trabajo de tesis.

INDICE DE CUADROS

CUADRO No. 1	Contenido bromatológico del grano de maíz amarillo	6
CUADRO No. 2	Condiciones cromatográficas	16
CUADRO No. 3	Contenido de vitamina "A" de cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal	18
CUADRO No. 4	Contenido de vitamina "B ₁ " de cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.	19
CUADRO No. 5	Contenido de vitamina "B ₂ " de cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.	20
CUADRO No. 6	Contenido bromatológico de cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal	22
CUADRO No. 7	Contenido de total de nutrientes digestibles, energía digestible y energía metabolizable de cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.	23

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo General	2
2.2. Objetivos Específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1. Tablas de composición de alimentos	3
3.2. Maíz	4
3.3. Vitaminas	6
3.4. Métodos de determinación de vitaminas	8
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	11
4.1. Localización	11
4.2. Materiales	11
4.3. Recursos Humanos	12
4.4. Recursos de Laboratorio	13
4.5. Manejo del Experimento	13
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
5.1. Determinación Cromatográfica	18
5.1.1. Vitamina "A"	18
5.1.2. Vitamina "B ₁ "	19
5.1.3. Vitamina "B ₂ "	20
5.1.4. Vitamina "D" y "E"	21
5.2. Análisis Químico Proximal	21
5.3. Calculo de energía	23
5.3.1. Energía digestible y energía metabolizable	23
VI. CONCLUSIONES	25
VII. RECOMENDACIONES	26
VIII. RESUMEN	27
IX. BIBLIOGRAFÍA	28
X. ANEXOS	

I. INTRODUCCIÓN

Todos los alimentos de origen animal o vegetal, están compuestos por los mismos nutrientes (agua, carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales); la función del productor para tener un buen crecimiento en sus animales es ofrecerles una mezcla de alimentos que llene sus requerimientos; la composición de los alimentos debe ser entonces la base sobre la cual se deciden los ingredientes a usar y sus combinaciones. (Flores, J. 1987)

Actualmente en nuestro país la nutrición juega un papel determinante en la actividad agropecuaria aumentándose la disponibilidad y uso de distintos alimentos para animales; se ha hecho imprescindible cada vez más disponer de información sobre la composición de los alimentos utilizados para alimentación animal. La falta de información local en cuanto a la composición química de ingredientes y de los alimentos balanceados ha dificultado la formulación adecuada de dietas por diversas razones entre las cuales se puede mencionar la falta de uniformidad en la composición nutricional de las materias primas que se utilizan en su fabricación (Rodenas, M. et al., 1999).

Cuando no es posible analizar las materias primas utilizadas para la elaboración de raciones, se pueden utilizar los datos obtenidos en las tablas de composición de alimentos; las tablas de consulta más completas son las publicadas por la Universidad de Florida y por el NRC; en las cuales se puede observar poca información especialmente en el contenido de vitaminas.

Lo anterior indica que es indispensable contar con información actualizada y pertinente sobre los alimentos que se encuentran disponibles para alimentación animal y para la formulación de alimentos en Guatemala, ya que cualquier persona vinculada con la nutrición al conocer la composición de los alimentos, comprende y analiza su utilidad para cubrir las necesidades nutricionales de los animales.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

- Determinar el valor nutricional de las materias primas utilizadas para alimentación animal en Guatemala.

2.2. Objetivos específicos:

- Determinar la concentración de vitaminas A, D, E y B₁ y B₂ en cuatro diferentes materiales de maíz amarillo (HEAQ0002, HA48, HIA0104 e importado) disponibles para la alimentación animal en Guatemala.
- Determinar la composición química de cuatro materiales de maíz amarillo en la alimentación animal, en términos de proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, cenizas, total de nutrientes digestibles, energía digestible y energía metabolizable.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Tablas de composición de alimentos

Los factores que se toman en cuenta en el estudio de la composición química de los alimentos son los siguientes:

- Tecnología analítica: ha permitido el análisis de los nutrientes con mayor exactitud y precisión.
- Cantidad y variedad de la información de las tablas: se evidencia una falta de información especialmente en vitaminas y minerales.
- Variabilidad regional: existe una diferencia especialmente en micro minerales
- Actualización de la información

El uso de las tablas de composición química de los alimentos es muy amplio. A nivel nacional, permiten evaluar la disponibilidad nacional de alimentos, permitiendo conocer la concentración de nutrientes y además identificar eventuales deficiencias . Cuando no es posible contar con información nacional, para los usuarios sería esencial conocer la opinión de los expertos sobre el mayor o menor riesgo de usar una fuente de información internacional (ORGANIZACIÓN DE las naciones unidas para la agricultura y alimentación, 1997).

Las tablas son esenciales para expresar recomendaciones nutricionales que orienten a los productores en la selección de los ingredientes a utilizar en la dieta para sus animales; el conocimiento de la composición de alimentos locales es indispensable para definir la magnitud de las inadecuaciones de raciones en los animales (NUTRICIÓN ANIMAL, 2001).

Para el usuario de las tablas de composición de alimentos, es esencial que la información, además de ser confiable y completa, esté expresada de una manera clara y fácil de entender, considerando que muchas veces los cálculos deben ser realizados en forma rápida y manual. Es muy importante que las tablas incluyan un glosario con el significado de las principales unidades de medida utilizadas y sus equivalencias, para facilitar su uso (ORGANIZACIÓN DE las naciones unidas para la agricultura y alimentación, 1997).

3.2. Maíz

En Guatemala los granos básicos constituyen un sector de suma importancia y su producción se caracteriza por su escaso desarrollo y estancamiento, lo cual ha motivado el incremento de las importaciones para complementar el abastecimiento interno de los productos. Del Valle, L. (1999) reporta que un 92.32% de productores tienen unidades productivas menores de 7 Ha. y generan el 60.67% de los volúmenes de maíz. La producción de maíz amarillo a nivel nacional es de 103,000 Tm/año, la superficie cultivada es de 58,000 Ha y el rendimiento es de 1,735 Kg/Ha.

Entre los departamentos que tienen una mayor superficie cultivada de maíz amarillo se encuentran los siguientes:

- San Marcos (20,000 – 26,000 Ha)
- Retalhuleu y Quetzaltenango (10,000 – 16,000 Ha)
- Totonicapán y Petén (6,000 – 10,000 Ha)
- Jutiapa, Chiquimula y Baja Verapaz (menor de 2,500 Ha)

El maíz es una especie vegetal cuyo cultivo se adapta a condiciones ecológicas y edáficas muy diversas como resultado de su amplia gama de variabilidad; se comercializa como grano o como alimento (Aldrich, S. 1974).

Constituye el alimento básico de mayor importancia y además es uno de los cultivos más importantes del mundo en la alimentación animal y humana, ya que es ampliamente utilizado como alimento; además es una materia prima que constituye entre un 60 – 70% del total de la ración en aves y cerdos; lo cual hace necesario conocer la concentración del total de nutrientes que éste tiene, información que a nivel nacional no se tiene reportado. Actualmente una pequeña proporción de maíz amarillo, abastece la demanda de producción de alimentos para aves; condición que se deduce del hecho de que el 84.5% del maíz de dicho tipo es producido en fincas menores de 7 Ha. (PRODUCCIÓN Y comercialización, situación actual y perspectivas, 1998).

Según los estudios realizados en cultivos señalan al clima como el principal factor que influye sobre la cantidad de vitaminas en una especie. El cultivo de maíz es muy sensible a la acción de los fertilizantes, tanto por aumento de producción como por la calidad del grano; su valor nutritivo se ve influenciado por la etapa de crecimiento en el momento de corte, la fertilidad del suelo y las condiciones climáticas.

Otros factores que interfieren en el crecimiento de la planta es el riego, preparación de suelos y control de malezas; alterando solamente un factor puede interferir en su crecimiento y desarrollo (Portillo, J. 1995).

Existen datos sobre la composición química del maíz y se han llevado a cabo múltiples estudios para tratar de comprender la repercusión de la estructura genética de las variedades de maíz existentes en su composición química, así como la influencia de los factores ambientes y las prácticas agronómicas en el valor nutritivo del grano (Docuagro, 2002).

Según Rodenas, M. et. al. (1999) el grano de maíz amarillo tiene una composición bromatológica como la que se muestra en el cuadro No.1.

Cuadro No.1 Contenido bromatológico del grano de maíz amarillo

Material	P.C. %	E.E. %	F.C. %	Cenizas %	ELN %
Grano de maíz amarillo	9.12	4.74	3.97	1.78	80.33

Fuentes: Tablas de valor nutricional de alimentos para animales en Guatemala (1999)

Rodenas, M. et al. (1999), reporta un contenido de TND, energía digestible y energía metabolizable de 79.38%, 3.50 y 2.87 Mcal/Kg respectivamente.

3.3. Vitaminas

Para el desarrollo normal de todas las funciones fisiológicas, el organismo animal precisa del aporte regular de unos 40 componentes nutritivos distintos. Si falta uno solo o se halla en cantidad insuficiente habrá manifestaciones carenciales que al prolongarse la situación pueden conducir a la muerte, entre estos componentes se encuentran los carbohidratos, proteínas, grasa y minerales. Además de una cierta clase de nutrientes que requieren los animales en la dieta diaria que son las vitaminas. Las vitaminas son nutrientes que se encuentran en pequeñas cantidades en los alimentos, son esenciales para la vida y tasa normal de crecimiento de los animales.

La carencia de vitaminas provoca trastornos del rendimiento, inhibición del crecimiento, origina trastornos en la reproducción así como mayor susceptibilidad a las enfermedades infecciosas y parasitarias, por lo que su presencia en la alimentación debe ser constante y adecuada (Flores, J. 1987).

Según Flores, J. (1987) las funciones más importantes que desempeñan las vitaminas en el organismo son:

- Vitamina “A” : ayuda a mantener piel, huesos, dientes, uñas y vista en buen estado, también tiene un efecto en la división celular y el correcto crecimiento del organismo.
- Vitamina “D” : Colabora en la absorción del calcio de la dieta y contribuye a la asimilación del potasio y el fósforo para el buen estado de los huesos y los dientes.
- Vitamina “E” : Participa de modo decisivo en los procesos metabólicos como en la síntesis y desintegración proteica, metabolismo de grasas, carbohidratos, etc.
- Vitamina “B₁” : Implicada en el correcto funcionamiento del corazón, Sistema Nervioso y Muscular.
- Vitamina “B₂” : Actúa como estimulante del crecimiento, regular el aumento de peso y contribuye al buen estado de la piel, pelo y uñas.

El contenido de vitaminas en un alimento no está determinado rutinariamente, debido a su alto costo y cuando se elaboran dietas semi- industriales existe la dificultad de combinar bien la ración por falta de conocimiento en la composición de los alimentos para animales (Flores, I., 1999).

Según Docuagro (2002) el grano de maíz contiene dos vitaminas solubles en grasa, la provitamina A, o carotenoide, y la vitamina E. Los carotenoides se hallan sobre todo en el maíz amarillo, en cantidades que pueden ser reguladas genéticamente, en tanto que el maíz blanco tiene un escaso o nulo contenido de ellos. El contenido de maíz amarillo varía entre un 15 a 26 µg/g. Estudios recientes reportan que si se mejora la calidad proteínica del maíz aumenta la transformación de betacaroteno en vitamina A.

La vitamina E, es objeto de cierta regulación genética.

Méndez, H. et al (1996), reporta una concentración de vitamina A, B₁ y B₂ de 0.23 µg/g, 0.25 mg/g y 0.12 mg/g respectivamente en el grano de maíz amarillo.

Se han encontrado cantidades variables de tiamina y riboflavina en el grano de maíz, su contenido está determinado en mayor medida por el medio ambiente y las prácticas de cultivo que por la estructura genética, aunque se han encontrado diferencias en el contenido de estas vitaminas entre las distintas variedades (Docuagro, 2002).

3.4. Métodos de determinación de vitaminas

En la actualidad existe la tendencia a hacer el análisis del perfil vitamínico a través de:

- a. Métodos Físicos: basados en la medición directa de la absorbancia de luz ultravioleta (método espectrofotométrico).
- b. Métodos Físico – Químicos: basados en la medición de una propiedad física (método fluorométrico).
- c. Métodos Microbiológicos: están basados por la necesidad que tiene un microorganismo de una vitamina para su crecimiento.
- d. Métodos Biológicos: basados en la medición fisiológica de la vitamina en animales de experimentación.

Estos métodos son laboriosos, consumidores de tiempo y lo que es más importante, los resultados dependen muy significativamente de la experiencia y habilidad del analista y no satisfacen los requerimientos actuales en relación a exactitud, precisión y selectividad (TECNOLOGÍA EN alimentos, 2002).

A corto plazo estos métodos serán reemplazados por los métodos físico químicos que actualmente no tienen una amplia difusión como la técnica de Cromatografía Líquida de alta resolución (HPLC), que dentro de corto tiempo representarán una de las herramientas más empleadas.

Los campos de aplicación más importantes son el análisis de alimentos, análisis medioambiental, sustancias naturales, sustancias biológicas, química farmacéutica y química clínica (NUTRICIÓN ANIMAL, 2001).

Esta técnica es usada en la investigación para la separación e identificación de compuestos y se ha convertido en el método de elección dado que esta técnica acorta considerablemente el procedimiento del análisis y aumenta la reproducibilidad y exactitud (Quattrocchi, O. 1992).

La cromatografía líquida de alta resolución es una de las herramientas más importantes en el laboratorio analítico moderno y se define como un método que consiste en la separación de un químico desde otro basado en la absorción de luz ultravioleta y la interacción del grupo funcional con la columna substrato analítica, lo cual es aplicable en materias primas para alimentación animal. Esta técnica tiene la particularidad que posee una alta precisión y exactitud en la concentración de nutrientes de un alimento (Cortez, R. 2001).

HIGH PERFORMANCE liquid chromatography, (2001) señala que un cromatógrafo líquido consiste básicamente en:

- A. **Bomba:** ésta se considera como el corazón de un cromatógrafo líquido, cuya función es impulsar la fase móvil proveniente del reservorio de solvente hacia el inyector, y desde allí hacia la columna a un flujo constante.
- B. **Inyector:** es el dispositivo que permite introducir la muestra en solución sin interrumpir el caudal de solvente a través del sistema.
- C. **Columna:** se considera como el alma del cromatógrafo líquido porque es allí donde se realizan las separaciones, existe una gran variedad de columnas dependiendo del material a analizar.

D. **Detector:** es la parte del equipo cromatográfico que permite ver y ubicar en tiempo y espacio la posición de cada componente de una muestra a la salida de la columna cromatográfica. La zona más útil del espectro es la ultravioleta.

E. **Integrador:** cromatograma.

El sistema de cromatografía líquida de alto rendimiento presenta la ventaja de poder determinar la concentración de varios compuestos, entre ellos las vitaminas, con alta precisión. Requiere del conocimiento del estándar del compuesto, el cual es comparado contra el contenido de la muestra en estudio; de esta manera, puede establecerse el contenido de cada vitamina en un alimento. Ofrece actualmente el método de análisis más adecuado para la determinación de vitaminas en un amplio rango de alimentos incluso bajo niveles de concentración bajas.

El método para el análisis de vitaminas tiene durante el proceso etapas críticas que si no se tiene el cuidado adecuado tiende a no ser confiable el resultado; las vitaminas presentan características muy particulares como lo es la sensibilidad a la luz y algunas se oxidan muy rápidamente. Por lo que se debe de evitar la luz solar directa y la luz brillante para la obtención de resultados satisfactorios (FORTIFICATION BASICS, 2001).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

El estudio de muestreo se realizó en las estaciones experimentales de Cuyuta, Escuintla y La Máquina, Suchitepéquez.

Cuyuta se encuentra localizado en el departamento de Escuintla a una altura de 53 m.s.n.m., y cuenta con una temperatura media de 26 °C, con precipitación pluvial anual de 1320 mm promedio, ubicada a 14° 6 “ 13’ latitud Norte y una longitud Oeste de 90° 54” 13’ ; tiene un suelo franco arenoso con un pH entre 6 – 6.5. Según De la Cruz, J.R. (1982) corresponde a una zona de vida Bosque muy Húmedo Subtropical (cálido).

El Parcelamiento La Máquina está localizado en el municipio de Cuyotenango del departamento de Suchitepéquez a una altura de 48 m.s.n.m., y cuenta con una temperatura media de 25 °C, precipitación pluvial anual de 2000 mm promedio, ubicado a 14° 17” 24’ latitud Norte y una longitud Oeste de 91° 33” 3’; tiene un suelo arcilloso con un pH entre 6.5 – 7. Según De la Cruz, J.R. (1982) corresponde a una zona de vida Bosque húmedo subtropical (cálido).

4.2. Materiales

-Sistema de Cromatografía Líquida:

- Bomba: LaChrom ® L-7100 Merck Hitachi
- Detector: Ultravioleta (UV) LaChrom ® L-7400 Merck Hitachi
- Inyector: Loop de 20 µl
- Integrador: D-7500 Merck Hitachi

REACTIVOS : Solución etanólica de pirogallol al 2%, solución de hidróxido de potasio etanólico al 10%, hexano omnisolv (Merck) calidad HPLC, hexano (Merck) G.R., 2-Propanol G.R., ácido acético 0.05 N, metanol omnisolv (Merck) calidad HPLC, agua omnisolv (Merck) calidad HPLC, metanol grado reactivo.

EQUIPO: Agitador magnético, balanza analítica, balones aforados, pipeta volumétrica, erlenmeyer, pizeta, molino, beaker, membranas filtradoras, papel aluminio, papel mayordomo, espátula, manuCART, jeringa, Columnas Extrelut NT-20 ® Merck.

- Patrón de vitaminas A, D, E, B₁ y B₂.
- Agua destilada
- Bolsas plásticas
- Materiales de maíz evaluados:

No.	Materiales de maíz amarillo
1	HEAQ0002: Híbrido triple de alta calidad de proteína de grano amarillo.
2	HA48: Híbrido triple de grano amarillo normal.
3	HIA0104: Híbrido intervarietal de grano amarillo normal.
4	Maíz importado por plantas fabricantes comerciales

4.3. Recursos Humanos

Para el presente trabajo se contó con la ayuda del personal del ICTA de las estaciones experimentales de La Máquina y Cuyuta en el manejo del cultivo, desde la siembra hasta la recolección del grano.

4.4. Recursos de Laboratorio

El maíz fue analizado nutricionalmente y se contó con el apoyo del personal del Laboratorio de Bromatología de la Escuela de Zootecnia.

4.5. Manejo del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en dos etapas:

- a. La etapa de campo se llevó a cabo en las estaciones experimentales del ICTA en Cuyuta y La Máquina.
- b. La etapa de laboratorio se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde actualmente cuenta con el equipo cromatográfico adecuado para la determinación de vitaminas.

La etapa de campo se dividió en cuatro fases y la metodología que se siguió es la siguiente:

PRIMERA FASE Trabajo de campo

El área para la siembra de maíz amarillo se efectuó en las estaciones experimentales del ICTA. Se utilizó una superficie total de 624.75 metros cuadrados de tierra, sembrados en 4 surcos de 5 metros de longitud, con un distanciamiento entre posturas de 0.50 metros y un distanciamiento entre surcos de 0.75 metros, lo que nos dio una densidad de 53,333 pl/Ha.

Para la fertilización se utilizó una fórmula de 100-40-0 de NPK en forma de elemento puro, utilizando fertilizantes comerciales y se realizó un control de malezas periódicamente. En ambas localidades se proporcionó el mismo manejo agronómico.

SEGUNDA FASE Toma de muestras

Desde el punto de vista estadístico, se utilizó el diseño de muestreo por conveniencia, debido al alto costo. Este cae bajo la categoría de técnicas de muestreo no probabilístico y como el nombre lo indica la muestra fue identificada por conveniencias, los objetos fueron incluidos en la muestra sin conocerse sus probabilidades de ser seleccionados (Pezzarossi, S. 1997).

Esta fase se realizó en las diferentes estaciones experimentales del ICTA donde se sembró los materiales de maíz para consumo animal en Guatemala. Se obtuvo una muestra compuesta de 500 gramos de diferentes sectores del saco por tres repeticiones de cada material y de cada localidad. Cada muestra se colocó en una bolsa plástica, que se identificó según el material de maíz y su localidad. La muestra de maíz importado se obtuvo de plantas fabricantes de alimentos balanceados comerciales.

Posteriormente, fueron ingresadas al Laboratorio de Bromatología para realizar inicialmente su respectivo Análisis Químico Proximal completo y luego se prosiguió a la determinación de vitaminas.

TERCERA FASE Análisis de Laboratorio

a. Determinación Cromatográfica

Antes de su análisis cromatográfico cada muestra tuvo un proceso de preparación, donde la muestra final llegó a tener una textura fina para que posteriormente fuera analizada individualmente en HPLC.

En esta fase se elaboró el método adecuado para el análisis de vitaminas, que se describe a continuación:

- **Preparación del saponificado:**

Se pesó 0.1 gramo del patrón y 0.2 gramos de muestra en balones aforados de 100 ml y se agregó 30 ml de agua destilada, 10 ml de pirogalol al 2% y 40 ml de KOH al 10% a cada balón. Las soluciones se protegieron de la luz con papel aluminio y se agitaron durante 18 horas a 60 rpm.

- **Separación del saponificado utilizando columnas Extrelut NT –20:**

Una vez concluido el proceso de saponificación se aforó a 100 ml con agua destilada. Teniendo cuidado de no agitar los balones se agregó 20 ml del saponificado medidos con pipeta volumétrica, se espera que la muestra se adsorba (10 min.) y se agregó 100 ml de hexano G.R. en 4 partes de 25 ml cada una, para eluir las vitaminas. Luego se evaporó con nitrógeno el hexano hasta obtener aproximadamente 10 ml del extracto final. Por último se agregó el extracto final a un balón aforado de 25 ml, se lavó tres veces con hexano G.R. y se aforó a 25 ml. Las soluciones obtenidas se protegieron de la luz.

- **Determinación de la vitamina por medio de HPLC:**

Se filtraron las soluciones finales a través del ManuCART y se inyectó sucesivamente tres veces la solución patrón y tres veces cada muestra. Luego se calculó la concentración de las vitaminas en las muestras, utilizando los valores de área tanto del patrón como de la muestra.

Para la obtención de un resultado satisfactorio, el cromatógrafo debe tener las condiciones cromatográficas idóneas que se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Condiciones cromatográficas

PARÁMETRO	CONDICIONES
Columna	LiChroCART 250-4 mm LiChrospher Si 60, 5 µm
Pre-Columna	Si-60
Fase Móvil	Hexano HPLC:2 Propanol (99:1)
Presión	50 bar
Volumen de inyección	50 µl
Detección	UV 265 325 nm
Flujo	1.5 ml/min

Fuente: Jorge García (2002)

b. Análisis Químico Proximal

Las muestras de maíz fueron analizadas individualmente y se les realizó un análisis químico proximal para la determinación de proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, cenizas y extracto libre de nitrógeno.

c. Cálculo de energía

Se calculó la energía digestible, la energía metabolizable y el total de nutrientes digestibles por medio de estimaciones matemáticas según la metodología propuesta por Mc.Dowell, L.R. *et al.* (1974).

Variables evaluadas:

- Vitamina "A" (µg/g de alimento)
- Vitamina "D" (mg/g de alimento)
- Vitamina "E" (mg/g de alimento)
- Vitamina "B₁" (mg/g de alimento)
- Vitamina "B₂" (mg/g de alimento)

- Proteína cruda (%)
- Fibra cruda (%)
- Extracto etéreo (%)
- Cenizas (%)
- Extracto libre de nitrógeno (%)
- TND (%)
- ED (Mcal/Kg)
- EM (Mcal/Kg)

CUARTA FASE Tabulación de datos

Se presentaron valores promedio y desviaciones estándar de cada material analizado. Adicionalmente se calcularon los valores de proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, cenizas, extracto libre de nitrógeno, total de nutrientes digestibles, energía digestible y energía metabolizable (de los últimos cuatro se hicieron estimaciones matemáticas según la metodología propuesta por Mc.Dowell, L.R. et al. (1974).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La determinación del perfil vitamínico del maíz amarillo para alimentación animal son raramente estudiados debido al alto costo de los análisis.

A pesar que se tiene conocimiento que el maíz amarillo tiene en su composición nutricional vitaminas liposolubles e hidrosolubles solamente se puede comparar con los materiales reportados en las Tablas de la Florida, que incluyen poca información especialmente en el contenido de vitaminas.

Fundamentado en lo anterior es de suma importancia determinar el perfil vitamínico del maíz amarillo que ayude en la formulación de raciones.

5.1. Determinación Cromatográfica

5.1.1. Vitamina “ A “

En el cuadro 3 se presentan los resultados de vitamina “A” de cuatro materiales de maíz amarillo analizados por cromatografía líquida.

Cuadro 3. Contenido de vitamina “A” de cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.

Material	Promedio µg / g	DS*	CV* %
HA48 La Máquina	23	0.577	2.5
HA48 Cuyuta	23	0.577	2.5
HIA01O4 La Máquina	23	0.000	0
HIA01O4 Cuyuta	22	0.577	2.6
HEAQ0002 La Máquina	25	0.577	2.3
HEAQ0002 Cuyuta	24	0.577	2.4
Importado	24	0.577	2.4

*DS = desviación estándar

*CV = coeficiente de variación

Según estudios realizados el contenido de vitamina “A” se encuentra dentro del rango establecido para maíz amarillo, el cual varía entre un 15 - 26 $\mu\text{g/g}$, los datos coinciden con los resultados obtenidos en el presente estudio (6, 15, 16).

Docuagro (2002), reporta que al mejorar la calidad proteínica del maíz amarillo aumenta el contenido de vitamina “A”, como se puede observar en el cuadro anterior el material HEAQ0002 de alta calidad proteínica tiene un contenido ligeramente más alto que los otros materiales.

Los coeficientes de variación son bajos para los materiales de maíz amarillo HA48 (2.5% para ambas localidades), HIA0104 (0% La Máquina y 2.6% Cuyuta), HEAQ0002 (2.3% La Máquina y 2.4% Cuyuta) e Importado (2.4%) respectivamente, observándose poca variabilidad dentro de cada material analizado. No se encontraron diferencias significativas en el contenido de vitamina “A” de los materiales cultivados en las dos localidades y el maíz importado.

5.1.2. Vitamina “ B₁ “

En el cuadro 4 se presentan los resultados de vitamina “B₁” de cuatro materiales de maíz amarillo analizados por cromatografía líquida.

Cuadro 4. Contenido de vitamina “B₁” de cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.

Material	Promedio mg/ g	DS*	CV* %
HA48 La Máquina	0.25	0	0
HA48 Cuyuta	0.26	0.010	3.8
HIA0104 La Máquina	0.23	0.006	2.6
HIA0104 Cuyuta	0.23	0.000	0
HEAQ0002 La Máquina	0.25	0.006	2.4
HEAQ0002 Cuyuta	0.25	0.006	2.4
Importado	0.23	0.000	0

*DS = desviación estándar

*CV = coeficiente de variación

El contenido de tiamina varía entre un 0.25 – 0.30 mg/g, esto coincide con los datos obtenidos en el presente estudio .

Estudios reportan que se han encontrado cantidades variables de tiamina en el grano de maíz amarillo y que su contenido está determinado en mayor medida por el medio ambiente y las prácticas de cultivo que por la estructura genética, aunque se han encontrado diferencias en el contenido de estas vitaminas entre las distintas variedades (6, 13,15,16).

Los coeficientes de variación son bajos para los materiales de maíz amarillo HA48 (0% La Máquina y 3.8% Cuyuta), HIAO104 (2.6% La Máquina y 0% Cuyuta), HEAQ0002 (2.4% para ambas localidades) e Importado (0%) respectivamente, observándose poca variabilidad dentro de cada material analizado. No se encontraron diferencias significativas en el contenido de tiamina de los materiales cultivados en las dos localidades y el maíz importado

5.1.3. Vitamina “ B₂ “

En el cuadro 5 se presentan los resultados de vitamina “B₂” de cuatro materiales de maíz amarillo analizados por cromatografía líquida.

Cuadro 5. Contenido de vitamina “B₂” de cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.

Material	Promedio mg / g	DS*	CV* %
HA48 La Máquina	0.15	0	0
HA48 Cuyuta	0.15	0.006	4
HIA01O4 La Máquina	0.15	0.006	4
HIA01O4 Cuyuta	0.16	0.000	0
HEAQ0002 La Máquina	0.15	0.000	0
HEAQ0002 Cuyuta	0.14	0.006	4.3
Importado	0.16	0.006	3.8

*DS = desviación estándar

*CV = coeficiente de variación

Según los resultados obtenidos de riboflavina coinciden con algunos estudios donde reportan que el contenido de riboflavina en el maíz amarillo es de aproximadamente 0.1 mg/g. Al igual que la tiamina su contenido está determinado por el medio ambiente y las prácticas de cultivo (13, 15, 16).

Los coeficientes de variación son bajos para los materiales de maíz amarillo HA48 (0% La Máquina y 4% Cuyuta), HIAO104 (4% La Máquina y 0% Cuyuta), HEAQ0002 (0% La Máquina y Cuyuta 4.3%) e Importado (3.8%) respectivamente, observándose poca variabilidad dentro de cada material analizado. No se encontraron diferencias significativas en el contenido de riboflavina de los materiales cultivados en las dos localidades y el maíz importado.

5.1.4. Vitamina “D” y “E”

El contenido de vitamina D y E en los cuatro materiales de maíz amarillo no fue cuantificable numéricamente, debido al bajo porcentaje o nulo; estudios reportan que se debe a la estructura genética de cada material (6).

5.2. Análisis Químico Proximal

En el cuadro 6 se presenta la composición nutricional de cuatro variedades de maíz amarillo, en términos de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), cenizas y extracto libre de nitrógeno (ELN).

Cuadro 6. Contenido bromatológico de cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.

Material	MS	PC	EE	FC	Cenizas	ELN
	%	%	%	%	%	%
HA48 La Máquina	87.93	12.09	4.48	3.19	2.54	77.7
HA48 Cuyuta	86.81	11.51	4.43	3.20	2.21	78.65
HIA01O4 La Máquina	88.18	12.45	4.27	4.33	2.35	76.6
HIA01O4 Cuyuta	87.61	11.16	4.42	4.48	2.19	77.75
HEAQ0002 La Máquina	87.53	11.94	4.43	4.35	1.98	77.30
HEAQ0002 Cuyuta	88.10	11.46	4.71	3.75	2.92	77.16
Importado	86.88	8.71	4.03	3.13	4.15	79.98

Fuente: Análisis realizados en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala (2003).

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

Rodenas, M. et al (1999), reporta para el grano de maíz amarillo un contenido de 9.12% de proteína y según los datos obtenidos en el presente estudio tienen un porcentaje mayor de proteína, porque son variedades mejoradas genéticamente, siendo los materiales cultivados en Cuyuta los que obtuvieron los niveles más bajos de proteína, porque se vieron influenciados por el ambiente.

El maíz importado obtuvo el porcentaje de proteína más bajo en relación a los otros materiales.

El porcentaje de grasa está determinado genéticamente, con valores que oscilan del 1 al 5% y los valores indicados en el cuadro anterior son similares con Rodenas, M. et al (1999), que reporta un contenido de extracto etéreo en el grano de maíz amarillo de 4.74% (15, 16).

Rodenas, M. et al (1999), reporta una concentración de fibra cruda en el grano de maíz amarillo de 3.97%, dato similar a los resultados obtenidos en el presente estudio.

Rodenas, M. et al (1999), reporta una concentración de cenizas en el grano de maíz amarillo de 1.78 %. En el cuadro anterior los valores de ceniza varían entre 1.98 – 4.15% y según estudios anteriores indican que el contenido se ve influenciado por factores ambientales (15, 16).

El extracto libre de nitrógeno es el componente químico principal del grano de maíz amarillo, su concentración varía entre un 69 – 82%, valores que coinciden con los resultados obtenidos en el cuadro anterior, pero hay estudios donde reportan que su composición está determinada genéticamente (6, 16).

5.3. Cálculo de energía

5.3.1. Energía digestible y Energía metabolizable

En el cuadro 7 se presenta los valores del Total de nutrientes digestibles (TND), energía digestible (ED) y energía metabolizable (EM) de cuatro variedades de maíz amarillo.

Cuadro 7. Contenido del total de nutrientes digestibles, energía digestible y energía metabolizable de cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.

Material	TND %	ED Mcal / Kg	EM Mcal / Kg
HA48 La Máquina	83.68	3.69	3.03
HA48 Cuyuta	82.94	3.66	3.00
HIA01O4 La Máquina	81.99	3.61	2.96
HIA01O4 Cuyuta	81.85	3.61	2.96
HEAQ0002 La Máquina	82.69	3.65	2.99
HEAQ0002 Cuyuta	84.15	3.71	3.04
Importado	77.07	3.40	2.79

Rodenas, M. et al (1999), reporta un contenido de total de nutrientes digestibles en el grano maíz amarillo de 79.38%, dato similar con los obtenidos en el presente estudio.

Los contenidos encontrados de energía digestible en los materiales de maíz amarillo son similares con los reportados por Mc. Dowell et al (1974), quien obtuvo valores de 3.58 Mcal/Kg, y Rodenas, M. et al (1999), obtuvieron un contenido de energía digestible de 3.50 Mcal/Kg en el grano de maíz amarillo.

Estudios anteriores reportan para la energía metabolizable del grano de maíz amarillo un contenido de 2.93, 2.89 y 2.87 Mcal/Kg, datos que son similares a los resultados obtenidos (15, 16, 22).

VI. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se efectuó el presente trabajo se concluye que:

1. Existe baja variabilidad en el contenido de vitaminas A, B₁ y B₂ de los cuatro materiales de maíz amarillo utilizados en este estudio con fines de alimentación animal.
2. El contenido de vitamina D y E no fue cuantificable.
3. Existe variación en el contenido de proteína del maíz importado en comparación con los materiales nacionales utilizados en este estudio.
4. Existe variación en el contenido de cenizas del maíz importado en comparación con los materiales nacionales utilizados en este estudio.
5. Existe variación del nivel proteico en función de la localidad.

VII. RECOMENDACIONES

1. Al existir baja variabilidad en el perfil vitamínico la decisión de incluir un tipo determinado de maíz deberá basarse en otras características.
2. Incluir en las tablas de valor nutricional de alimentos para animales en Guatemala los resultados obtenidos en este estudio para la formulación de raciones.
3. Investigar el contenido de vitaminas A, D, E, B₁ y B₂ de otras materias primas utilizadas para alimentación animal.

VIII. RESUMEN

SOLARES J, V. 2003. Determinación del perfil vitamínico de cuatro materiales de maíz amarillo (*Zea mays L.*) con fines de alimentación animal.

Palabras claves. Vitaminas, maíz, cromatografía, alimentación animal.

El presente estudio se dividió en dos etapas, la primera etapa se llevó a cabo en las estaciones experimentales del ICTA en Cuyuta y La Máquina donde se les dio el mismo manejo agronómico al cultivo de maíz desde la siembra hasta la recolección de grano; la segunda etapa se llevó a cabo en el Laboratorio de Bromatología de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala donde actualmente cuenta con el equipo de Cromatografía Líquida de Alta Resolución adecuado para la determinación de vitaminas. El propósito fue determinar el perfil vitamínico de cuatro materiales de maíz amarillo sobre las variables contenido de vitaminas A, D, E, B₁ y B₂, adicionalmente determinar el análisis químico proximal y total de nutrientes digestibles, energía digestible y energía metabolizable.

Se recolectó una muestra de 500 gramos de varios sectores del saco por tres repeticiones de cada material y de cada localidad para ser analizadas posteriormente en el laboratorio. Se utilizó el diseño de muestreo por conveniencias y se realizó una estadística descriptiva utilizando la media, desviación estándar y el coeficiente de variación.

Los resultados obtenidos demuestran que no existe diferencia significativa en el perfil vitamínico de cuatro materiales de maíz amarillo, porque se observa baja variabilidad dentro de cada material analizado.

De acuerdo a las condiciones en que se realizó el presente estudio se recomienda investigar el contenido de vitaminas A, D, E, B₁ y B₂ en otras materias primas utilizadas en alimentación animal.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. ALDRICH, S.; LENG, E. 1974. Producción moderna del maíz. Trad. por Oscar Martínez Tenreiro. Argentina, Hemisferio Sur. p. 308.
2. CORTEZ, R. 2001. Cromatografía líquida de alta eficiencia. Estados Unidos. Tomado de Internet:
<http://www.relaq.mx/RLQ/tutoriales/cromatografía/hplc.htm>
3. CROMATOGRFÍA UNA corta introducción. 2001. Estados Unidos, s. n. p. 1-5 Tomado de Internet:
<http://www.matematicas.udea.edu.co/carlopez/chromatography/chrom2.html>
4. CRUZ, S. J. R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento; según el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. DEL VALLE, L. 1999. Marco cuantitativo de la agricultura de Guatemala 1950 - 1999. Guatemala, Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. p. 387.
6. DOCUAGRO. 2002. Composición química y valor nutritivo del maíz. Estados Unidos. Tomado de Internet:
<http://www.merkasi.com/docuagro/CICLO6.htm>
7. ENCICLOPEDIA PRACTICA de la agricultura y la ganadería. 1999. Barcelona, España, Océano. p. 309 – 312.
8. FLORES, I. et al. 1999. Principios para la crianza de animales domésticos. Ed. por Raúl Jáuregui. Guatemala, Proyecto de desarrollo rural para pequeños productores en Zacapa y Chiquimula (PROZACHI) / Asociación para el desarrollo de la educación del Nororiente (ADENOR). p. 118.
9. FLORES, J. 1987. Manual de alimentación animal. México, Ciencia y Técnica. v.4, p. 915 – 968.
10. FORTIFICATION BASICS. 2001. Estados Unidos, s.n. p. 1 – 4. Tomado de Internet:
<http://www.roche.com/vitamins/what/hnh/pdf/maíz.pdf>

11. GARCIA, J. 2002. Tendencias actuales del análisis químico. Guatemala, Laboratorio RHG. p. 3.
12. HIGH PERFORMANCE liquid chromatography. 2001. Kentucky, s. n. p. 1 – 14. Tomado de Internet:
<http://www.kerouac.pharm.uky.edu/asrg/hplc/HPLCMYTRY.html>
13. LAFORÉ, M. et al. 1999. Diagnóstico alimenticio y composición química nutricional de los principales insumos de uso pecuario del Valle del Mantaro. Perú, s. n. p. 1 – 6. Tomado de Internet:
<http://www.visionveterinaria.com/rivep/art/09jun42.htm>
14. LESSON, S.; SUMMERS, J. 1997. Commercial poultry nutrition. Canada, s.n. 2 ed. p. 350.
15. Mc.DOWELL, L.R. et al. 1974. Latin American tables of feed composition. Gainesville, Flo., Universidad de Florida. 509 p.
16. MENDEZ, H. et al. 1996. Valor nutritivo de los alimentos de Centroamérica. Guatemala, INCAP. p. 98.
17. NUTRICIÓN ANIMAL. 2001. Estados Unidos, s.n. p. 1 – 3. Tomado de Internet:
<http://www.ulprgc.es/departamentos/animal/nutrición/tema3.html>
18. ORGANIZACIÓN DE las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. 1997. Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición. Chile, Inta. p. 356.
19. PEZZAROSSO, S. 1997. Determinación del tiempo de almacenamiento máximo y la influencia de temperatura y humedad en la calidad bromatológica del alimento iniciador de aves de engorda en cuatro municipios del departamento de Guatemala. Tesis Lic. Zoot. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 29 p.
20. PORTILLO, J. 1995. Evaluación de cuatro variedades de maíz (*Zea mays*, L) para guatera con diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Tesis Lic. Zoot. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 38 p.
21. PRODUCCIÓN Y comercialización, situación actual y perspectivas (2., 1998, Gua.). 1998. II Congreso Nacional de granos básicos. Ministerio de Ganadería y Agricultura. Guatemala, Consejo Nacional de desarrollo agropecuario (CONADEA). v. 1-2.

22. QUATTROCCHI, O. et al. 1992. Introducción a la HPLC, aplicación y práctica. Argentina, Artes gráficas Farro. p. 407.
23. RODENAS, ARGUETA, M. A. et al. 1999. Tablas de valor nutricional de alimentos para animales en Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación. p.158.
24. TECNOLOGÍA EN alimentos. 2001. Estados Unidos, s.n. p. 1-2
Tomado de Internet:
http://www.orbita.starmedia.com/tecnologiaalimentos/analisis_de_vitaminas_y_minetales.html
25. WATTIAUX, M. 2001. Nutrición y alimentación: Composición y análisis de alimentos. Wisconsin, s. n. p. 1 – 4 Tomado de Internet:
<http://www.ock.cals.wisc.edu/spanish/de/html/ch2/nutrition-spn-ch2.html>

X. ANEXOS

CUADRO 1A. Contenido de total de nutrientes digestibles y energía digestible para bovinos de cuatro materiales de maíz con fines de alimentación animal.

Material	TND %	ED Mcal / Kg
HA48 La Máquina	80.72	3.56
HA48 Cuyuta	80.93	3.57
HIA01O4 La Máquina	80.67	3.56
HIA01O4 Cuyuta	79.83	3.52
HEAQ0002 La Máquina	81.34	3.59
HEAQ0002 Cuyuta	78.84	3.48
Importado	72.34	3.19

CUADRO 2A. Contenido de energía metabolizable para vaca lechera adulta de cuatro materiales de maíz con fines de alimentación animal.

Material	EM Mcal / Kg
HA48 La Máquina	2.92
HA48 Cuyuta	2.93
HIA01O4 La Máquina	2.92
HIA01O4 Cuyuta	2.89
HEAQ0002 La Máquina	2.94
HEAQ0002 Cuyuta	2.85
Importado	2.62

CUADRO 3A. Contenido de energía metabolizable para ganado de engorde y lechero en crecimiento de cuatro materiales de maíz con fines de alimentación animal.

Material	EM Mcal / Kg
HA48 La Máquina	3.15
HA48 Cuyuta	3.16
HIA01O4 La Máquina	3.16
HIA01O4 Cuyuta	3.11
HEAQ0002 La Máquina	3.18
HEAQ0002 Cuyuta	3.06
Importado	2.77

CUADRO 4A. Contenido de energía neta de lactancia para bovinos de cuatro materiales de maíz con fines de alimentación animal.

Material	ENI Mcal / Kg
HA48 La Máquina	1.88
HA48 Cuyuta	1.89
HIA01O4 La Máquina	1.88
HIA01O4 Cuyuta	1.86
HEAQ0002 La Máquina	1.89
HEAQ0002 Cuyuta	1.84
Importado	1.69

Cuadro 5A. Contenido de total de nutrientes digestibles, energía digestible y energía metabolizable para cerdos de cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.

Material	TND %	ED Mcal / Kg	EM Mcal / Kg
HA48 La Máquina	84.78	3.74	3.48
HA48 Cuyuta	84.92	3.74	3.51
HIA01O4 La Máquina	84.56	3.73	3.49
HIA01O4 Cuyuta	84.48	3.73	3.49
HEAQ0002 La Máquina	84.79	3.74	3.50
HEAQ0002 Cuyuta	84.17	3.71	3.48
Importado	83.19	3.67	3.46

CUADRO 6A. Contenido de proteína digestible para bovinos en cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.

Material	PD* %
HA48 La Máquina	8.17
HA48 Cuyuta	7.67
HIA01O4 La Máquina	8.47
HIA01O4 Cuyuta	7.38
HEAQ0002 La Máquina	8.04
HEAQ0002 Cuyuta	7.63
Importado	5.29

*PD: proteína digestible

CUADRO 7A. Contenido de proteína digestible para cabras en cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.

Material	PD* %
HA48 La Máquina	7.84
HA48 Cuyuta	7.30
HIA01O4 La Máquina	8.18
HIA01O4 Cuyuta	6.97
HEAQ0002 La Máquina	7.70
HEAQ0002 Cuyuta	7.25
Importado	4.69

*PD: proteína digestible

CUADRO 8A. Contenido de proteína digestible para ovejas en cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.

Material	PD* %
HA48 La Máquina	7.41
HA48 Cuyuta	6.89
HIA01O4 La Máquina	7.74
HIA01O4 Cuyuta	6.58
HEAQ0002 La Máquina	7.28
HEAQ0002 Cuyuta	6.85
Importado	4.38

*PD: proteína digestible

CUADRO 9A. Contenido de proteína digestible para equinos en cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.

Material	PD* %
HA48 La Máquina	7.79
HA48 Cuyuta	7.30
HIA01O4 La Máquina	8.10
HIA01O4 Cuyuta	7.00
HEAQ0002 La Máquina	7.67
HEAQ0002 Cuyuta	7.26
Importado	4.92

*PD: proteína digestible

CUADRO 10A. Contenido de proteína digestible para conejos en cuatro materiales de maíz amarillo con fines de alimentación animal.

Material	PD* %
HA48 La Máquina	8.00
HA48 Cuyuta	7.56
HIA01O4 La Máquina	8.28
HIA01O4 Cuyuta	7.29
HEAQ0002 La Máquina	7.89
HEAQ0002 Cuyuta	7.52
Importado	5.39

*PD: proteína digestible