

11622



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

3

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN
MAESTRIA EN PRODUCCION Y SALUD ANIMAL**

**EVALUACION DEL APORTE DE ENERGIA Y
DIGESTIBILIDAD DE PROTEINA DE DIFERENTES
VARIEDADES DE MAIZ CALIDAD PROTEICA
(QPM) EN CERDOS**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
EN EL AREA DE NUTRICION ANIMAL
P R E S E N T A :
JOSE LUIS MEZA GONZALEZ

ASESOR: GERARDO MARISCAL LANDIN

AJUCHITLAN, ORO., MEX.

2002

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**PAGINACION
DISCONTINUA**

RESUMEN.

Meza González José Luis. 2002. Evaluación del aporte de energía y digestibilidad de proteína de diferentes variedades de maíz calidad proteica (QPM) en cerdos.

Con el objetivo de evaluar el aporte de energía y la digestibilidad de proteína del maíz QPM, se realizaron cuatro experimentos. 1) prueba de digestibilidad ileal donde se utilizaron 8 cerdos previamente canulados con un peso de 62.3 ± 4.3 kg, a los cuales se les proporcionó uno de ocho tratamientos, cinco de maíz QPM, (1, 334C, 537T, 537I y 538T), dos de maíz común (blanco y amarillo) y uno de pasta de soya, según un diseño en cuadro latino incompleto. La digestibilidad ileal aparente de nitrógeno fue similar ($P > 0.05$), en todas las variedades de maíz 64.0% y diferente ($P < 0.01$) de la pasta de soya 79.0%, en la digestibilidad ileal verdadera estandarizada todos los valores fueron similares 79.2%. 2) prueba de digestibilidad fecal y balance de nitrógeno para la cual se utilizaron 28 cerdos con un peso de 61.2 ± 2.6 kg a los cuales se les proporcionó uno de los siete tratamientos que fueron a base de las mismas variedades de maíz bajo un diseño de bloques completos al azar. La energía digestible fue superior en el maíz común 91.0% que la observada en el maíz QPM 89.8%, mientras que la energía metabolizable fue similar en ambos maíces 88.4%. La digestibilidad fecal del nitrógeno fue similar en todos los maíces 84.2% al igual que la retención de nitrógeno 7.7 g/d. 3) prueba de comportamiento donde se evaluó la relación lisina-triptófano del maíz QPM, se utilizaron 48 cerdos de dos diferentes etapas productivas crecimiento y finalización durante 28 días, los tratamientos fueron 9 de los cuales dos fueron a base del maíz QPM1 o blanco mas vitaminas y minerales, tres a base del maíz blanco con niveles crecientes de lisina hasta igualar el nivel presente en el maíz QPM1, (BN1, BN2, BN3), dos a base de maíz QPM1 o blanco a los cuales se les suplementó triptófano BN3T, QPM1T y dos tratamientos control uno para cada etapa de producción (crecimiento, finalización), en la etapa de crecimiento el consumo diario de alimento (CDA) fue ($P < 0.05$), mayor (2.0 kg.) en los tratamientos control y QPM1T, y el menor (1.4 kg.) fue el del maíz blanco suplementado con lisina BN1, BN2 y BN3. La suplementación con triptófano

mejoró ($P < 0.05$) el consumo 1.9 kg vs 1.7kg. En ganancia diaria de peso (GDP) se observaron tres grupos diferentes: ($P < 0.01$) encontrando El control 0.652 kg, el QPM1 0.479 kg y los demás tratamientos con 0.220 kg, al igual que en consumo los tratamientos que se suplementaron con triptófano presentaron una mejor ganancia 0.378 vs 0.269 kg. En eficiencia alimenticia (EA) el comportamiento fue similar al de la ganancia con valores de 0.351 para el control, 0.231 en el QPM1 y de 0.137 para los demás tratamientos. Los tratamientos que se suplementaron con triptófano mostraron una mejor EA 0.195 vs 0.156. En la etapa de finalización todas las variables fueron similares ($P > 0.05$) entre los tratamientos. 4) prueba de comportamiento donde se evaluaron diferentes criterios de formulación en distintas etapas de producción, en la que se utilizaron 24 cerdos con un peso inicial de 32.9 ± 2.1 kg, y se continuaron hasta los 100 ± 5 kg de peso, los tratamientos fueron cuatro dos solo a base de maíz QPM o amarillo mas vitaminas y minerales y dos alimentos completos para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales, En la etapa de crecimiento solo se encontraron diferencias ($P < 0.001$) entre los criterios de formulación, por lo que se observó un mayor consumo y ganancia de peso lo cual originó una mayor eficiencia alimenticia en los cerdos alimentados con la ración integral. En la etapa de finalización las diferencias se presentaron entre los criterios de formulación y los tipos de maíz, pero solo con el alimento de solo maíz. Encontrando los parámetros más altos en los cerdos que consumieron la ración integral, seguido de los cerdos que se alimentaron con el maíz QPM, finalmente los cerdos que consumieron el alimento solo con maíz amarillo mostraron los valores más bajos. De acuerdo a estos resultados la mayor calidad nutritiva del maíz QPM no es muy evidente, ya que la digestibilidad del nitrógeno fue similar y el aporte de energía fue menor a la del maíz común; La posible ventaja que ofrece el maíz QPM de aportar una mayor cantidad de lisina resulta desfavorable, al ser el triptófano el segundo aminoácido que limita la respuesta del animal, ya que corregir esa deficiencia tiende a incrementar los costos de producción del alimento balanceado elaborado con este tipo de maíz.

Palabras claves: Maíz, QPM, lisina, triptófano, digestibilidad, cerdos.

HONORABLE JURADO.

PRESIDENTE: Dr. JOSE ANTONIO CUARON IBARGÜENGOYTIA.

SECRETARIO: Dr. CARLOS GUSTAVO VASQUEZ PELAEZ.

VOCAL: Dr. ARTURO GERMAN BORBOLLA SOSA.

PRIMER SUPLENTE: Dra. TERCIA CESARIA REIS DE SOUZA.

SEGUNDO SUPLENTE: Dr. GERARDO MARISCAL LANDIN.

DEDICATORIA:

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE HICIERON POSIBLE LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

ESPECIALMENTE A MI FAMILIA POR EL CARIÑO Y APOYO INCODICIONAL QUE HE RECIBIDO DE ELLOS.

GRACIAS POR TODO.

AGRADECIMIENTOS A:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUATITLAN.

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA.

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES AGRÍCOLA Y
PECUARIAS.**

**CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN FISIOLÓGIA Y MEJORAMIENTO
ANIMAL.**

A MI ASESOR.

AL HONORABLE JURADO.

INDICE.

Resumen.....	I
Introducción.....	1
Material y Métodos.....	10
Resultados.....	17
Discusión.....	36
Conclusiones.....	41
Referencias.....	42
Agradecimientos.....	V

LISTA DE CUADROS.

- Cuadro 1.** Composición proximal de las principales fracciones del maíz.
- Cuadro 2.** Comparación del tipo y conformación de la proteína en tres diferentes granos de maíz.
- Cuadro 3.** Análisis químico de las muestras de maíz y soya utilizadas en el presente trabajo.
- Cuadro 4.** Composición porcentual de los alimentos utilizados en la estimación de la digestibilidad ileal aparente y verdadera estandarizada de nitrógeno.
- Cuadro 5.** Composición porcentual de los alimentos utilizados en la evaluación de digestibilidad fecal y balance de nitrógeno.
- Cuadro 6.** Composición porcentual de los alimentos utilizados en la estimación de la relación lisina – triptófano de una variedad de maíz QPM.
- Cuadro 7.** Composición porcentual de los alimentos utilizados en la evaluación del comportamiento productivo de cerdos en diferentes etapas y con diferente criterio de formulación.
- Cuadro 8.** Coeficientes de digestibilidad ileal de materia seca y nitrógeno.
- Cuadro 9.** Digestibilidad fecal de materia seca y de energía.
- Cuadro 10.** Balance de nitrógeno.
- Cuadro 11.** Comportamiento productivo de los cerdos en la estimación de la relación lisina-triptófano.
- Cuadro 12.** Comportamiento productivo de cerdos en la fase de crecimiento alimentados con diferentes criterios de formulación.
- Cuadro 13.** Comportamiento productivo de cerdos en la fase de finalización alimentados con diferentes criterios de formulación.

LISTA DE GRAFICAS.

- Grafica 1.** Interacción de los tipos de maíz bajo diferentes criterios de formulación en el consumo de alimento.
- Grafica 2.** Interacción de los tipos de maíz bajo diferentes criterios de formulación en la ganancia de peso.
- Grafica 3.** Interacción de los tipos de maíz bajo diferentes criterios de formulación en la eficiencia alimenticia.

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Grano de maíz.

1. INTRODUCCION.

En México el cultivo de maíz es una de las principales actividades agrícolas, con una superficie sembrada de 8'432,098 hectáreas por año de las cuales, el 14.4 % cuenta con sistema de riego y el 85.6 % se cultiva en temporal, con una producción total anual de 20'085,109 toneladas (SIAP, 2002).

La cultura alimenticia en México gira en torno al grano de maíz, con un consumo per cápita anual de 127 kilogramos FAO (1999) y aun cuando en nuestro país este grano se utiliza principalmente para consumo humano, en algunas regiones de México se tiene la tradición de alimentar a los animales de traspatio (aves, cerdos o ganado), con este cereal el cual se produce localmente.

Considerando lo anterior y los elevados índices de desnutrición que se tienen en el país, el Gobierno de México a través del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) perteneciente a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), elaboró un programa de evaluación, de un tipo de maíz que presenta un aporte diferente de proteína llamado maíz calidad proteica o (QPM por sus siglas en ingles). Esta evaluación comprende la productividad en cultivo, resistencia a plagas en almacén (vida de anaquel) y aporte de nutrimentos tanto en humanos como en animales. Por lo que se promovió en diferentes estados del país y bajo distintas condiciones climáticas el cultivo de dicho maíz, con una superficie sembrada de 2'400,000 hectáreas, de las cuales se esperaba una producción de 8'000,000 de toneladas (INIFAP, 2000).*

*nota esta información se dio a conocer como parte del proyecto de maíz QPM, pero no se tiene el dato real de la superficie sembrada y la producción que se obtuvo.

2. REVISION DE LITERATURA.

2.1 Composición y valor nutritivo del grano de maíz.

De acuerdo a datos presentados por Watson (1987), el grano de maíz esta conformado por pericarpio en un (5.3%), endospermo (82.9%) y germen (11.1%), (Figura 1) los cuales presentan diferente concentración de los principales nutrimentos (Cuadro 1).

Este grano contiene gran cantidad de almidón el cual representa un 73% de su peso total, el almidón está conformado por las fracciones amilosa 70 a 80% y amilopectina 20 a 30%. Cuando la fracción de amilopectina es alta, el grano se conoce como ceroso y tiene la desventaja de ser susceptible a plagas.

Cuadro 1. Composición proximal de las principales fracciones del maíz¹.

	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteína	3.7	8.0	18.4
Extracto etéreo	1.0	0.8	33.2
Almidón	7.3	87.6	8.3
Cenizas	0.8	0.3	10.8

¹ Watson 1987.

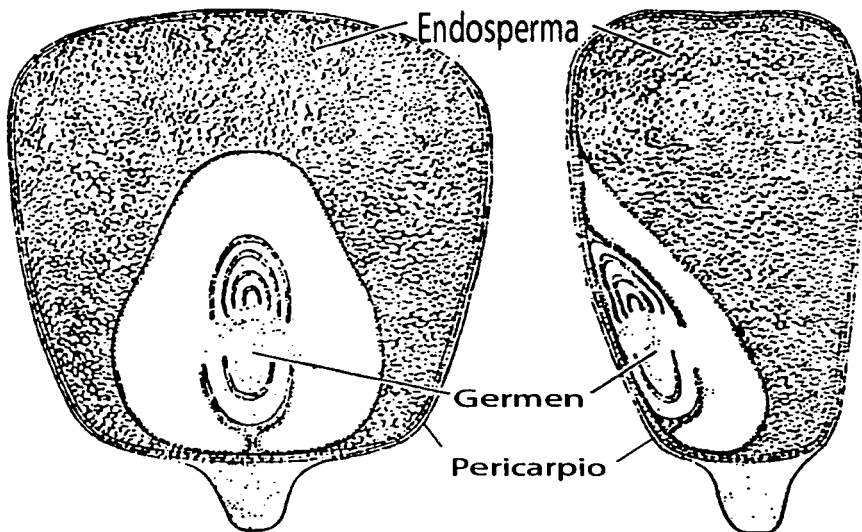
Además, el maíz contiene 7-13% de proteína (Moro et al., 1996), conformada ésta por tres diferentes grupos: proteínas de almacén constituidas por una reserva de aminoácidos depositados en la primera fase de desarrollo del grano, proteínas estructurales conformadas por proteínas de membrana y ribosomas, y por las prolaminas, proteínas de almacén llamadas zeinas, localizadas en el endospermo y se caracterizan por ser solubles en alcohol (Lee, 1976; Lending y Larkins, 1989). Las zeinas son divididas en cuatro tipos diferentes, de acuerdo a su peso molecular: α -, β -, γ -, y δ - zeinas (Esen, 1987; Larkins et al, 1989; Wallace et al, 1990), el grupo de α -zeinas es el más abundante y se clasifica como 19- y 22-kD

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

α -zeinas (Habben et al., 1994). De la proteína que contiene el maíz aproximadamente el 70% se encuentra en el endospermo en forma de prolamina, esta proteína tiene la característica de presentar un elevado contenido de glutamina, leucina y prolina, pero su contenido de lisina y triptófano es bajo (Habben y Larkins, 1995), dicho rango se encuentra entre 1.8 y 2.0 % de lisina y entre 0.6 y 0.8% de triptófano del total de proteína presente en el grano (Zarkadas et al., 1995).

Por este motivo el maíz está clasificado como una fuente de proteína baja en lisina y triptófano, dichos aminoácidos no se pueden originar en el organismo, por lo que se consideran indispensables en la nutrición. Además en algunas especies la respuesta productiva es limitada por la ausencia o escasa presencia de estos aminoácidos, por lo cual se les conoce como aminoácidos limitantes.

Figura 1. Grano de maíz.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2 Origen del maíz calidad proteica.

El maíz *opaco2* es un grano que se descubrió en el año 1963 (Mertz et al., 1964). Este maíz contenía altos niveles de lisina y triptófano, por lo que se generó la expectativa de producir maíz con un mejor aporte de estos aminoácidos. Sin embargo, este grano presentaba un endospermo suave que lo hacía muy susceptible a plagas de cultivo y de almacén con lo cual disminuía su productividad. Por este motivo dejó de ser interesante para la producción, y solo ciertas instituciones entre las que se encuentra el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) continuaron con su producción y estudio. Esta labor concluyó con el desarrollo de la variedad de maíz calidad proteica o QPM (Villegas et al, 1994), el cual presenta una mayor cantidad de lisina que el maíz común y un endospermo duro o vitreo que lo hace resistente a plagas. La modificación se realizó en la concentración de prolaminas del maíz *opaco2* y consistió en la reducción de las α -zeínas 19 y 22 kD, y en el incremento de la γ -zeína 27 kD (Wallace et al, 1990; Lopes y Larkins, 1991 y 1994; Larkins et al, 1994). Además, en el maíz calidad proteica se incrementó el contenido de otra proteína (no zeína) llamada factor de elongación 1α (EF- 1α) (Habben et al, 1993 y 1995), con lo cual presenta un contenido de lisina diferente al maíz común y al maíz *opaco 2* (Cuadro 2).

Con este maíz se renueva la expectativa de disminuir la desnutrición en algunas sociedades del mundo, y particularmente de nuestro país, pero también surge el proyecto de evaluar la calidad nutritiva que tiene este maíz, como grano y forraje en animales.

Cuadro 2. Comparación del tipo y conformación de la proteína en tres diferentes granos de maíz.¹

Tipos de proteínas	Maíz		
	Común.	Opaco 2.	QPM.
Albuminas, Globulinas.	6.2	20.6	15.5
Prolaminas.	58.9	18.8	26.6
Glutelinas.	34.9	60.6	57.9
Aminoácidos g/100 g de proteína			
Arginina	5.60	6.62	6.73
Fenilalanina.	5.16	4.38	4.18
Histidina.	3.07	3.48	3.77
Isoleucina.	3.76	3.37	3.26
Leucina.	12.52	8.98	9.28
Lisina.	3.40	4.49	4.08
Metionina.	1.73	1.57	1.73
Treonina.	3.84	3.59	3.67
Triptófano.	0.59	0.73	0.75
Valina.	5.05	5.39	5.30

¹ Serna Saldívar y Rooney (1994).

2.3 Herramientas para evaluar el contenido y aporte nutritivo de un ingrediente.

La cantidad y calidad nutritiva de un ingrediente, se determina a través de procedimientos químicos (AOAC, 1995) y biológicos como:

Análisis químico proximal que consiste en determinar el contenido de los principales nutrimentos (proteína, extracto etéreo, elementos libres de nitrógeno, fibra y minerales).

Análisis biológico que consiste en la determinación del aporte de nutrimentos que tiene un ingrediente en el organismo, este análisis puede ser de dos formas *in vitro* o *in vivo*.

La determinación *in vitro* consiste en evaluar el desarrollo que presenta una determinada población de organismos unicelulares en un medio de cultivo a partir del ingrediente que se pretende evaluar.

TRABAJO CON
FALTA DE ORIGEN

La determinación *in vivo* consiste en evaluar el aporte de nutrimentos que presenta un determinado ingrediente en el animal, para lo cual se han desarrollado diferentes metodologías entre las que se encuentran las pruebas de digestibilidad, balance de nitrógeno y comportamiento productivo.

La digestibilidad es un parámetro objetivo que sirve para evaluar la calidad de los ingredientes o alimentos y se define como la fracción de alimento ingerido que no es excretado (Low, 1982), comúnmente llamado coeficiente de digestibilidad.

Este coeficiente puede ser determinado de dos diferentes puntos del animal:

Digestibilidad fecal, la cual evalúa el aporte de nutrimentos en todo el tracto digestivo, por lo que se considera la cantidad de nutrimento ingerido menos la cantidad de nutrimento excretado en heces (Low, 1982)

Digestibilidad ileal, evalúa el aporte de nutrimentos que se presenta en el intestino delgado, por lo que la muestra se toma de la parte distal del ileon.

Para determinar la digestibilidad ileal se han desarrollado diferentes técnicas: Implantación de cánulas a nivel de ileon terminal, anastomosis del ileon terminal al recto (Sauer y Lange, 1992) o el sacrificio de los animales experimentales.

La digestibilidad se puede expresar de dos formas de acuerdo a Low (1982):

Coeficiente de digestibilidad aparente, es la cantidad que digiere en todo el tracto digestivo y que además no considera la secreción endógena (enzimas) que se genera por efecto de la digestión.

Coeficiente de digestibilidad verdadera, es la cantidad real absorbida en el tracto digestivo del animal, al considerar la fracción endógena (enzimas) que se genera por efecto de la digestión.

La prueba del balance de nitrógeno, determina la calidad nutritiva de una proteína y consiste en medir el consumo y excreción de nitrógeno que el animal tiene en condiciones normales y bajo un régimen experimental (Manatt y Garcia, 1992).

La evaluación del comportamiento productivo, es una práctica comúnmente utilizada en la determinación del aporte nutricional de un ingrediente y consiste en medir los parámetros de: Consumo de alimento y la ganancia de peso que obtiene el animal, para determinar la eficiencia alimenticia.

La variedad de maíz calidad proteica es relativamente nueva y se tienen pocos datos, de su valor nutritivo por lo cual es de interés en este trabajo evaluar su contenido y aporte de: Proteína y energía en cerdos, mediante las pruebas de digestibilidad ileal (utilizando la técnica de implantación de cánula simple en T) y fecal, balance de nitrógeno y comportamiento productivo.

3. HIPOTESIS.

Debido a la calidad de su proteína, la variedad de maíz QPM puede tener un mejor aporte de nutrimentos en alimento para cerdos con respecto al maíz blanco o amarillo, en las etapas de crecimiento (30 a 60 kilos de peso) y finalización (60 a 100 kilos de peso).

4. OBJETIVO GENERAL.

Hacer una evaluación integral del aporte nutrimental de las diferentes variedades de maíz QPM, desarrolladas en México, en las etapas de crecimiento y finalización de cerdos.

4.1 OBJETIVOS PARTICULARES

Determinar el coeficiente de digestibilidad ileal aparente y verdadera estandarizada del nitrógeno en la etapa de crecimiento del cerdo utilizando las variedades de maíz QPM, amarillo y blanco.

Determinar el aporte de energía digestible y metabolizable de las variedades de maíz QPM, amarillo y blanco en cerdos en la etapa de crecimiento.

Evaluar la relación lisina – triptófano presente en una de las variedades del maíz QPM.

Evaluar la inclusión de maíz QPM en alimentos con diferente criterio de formulación.

5. MATERIAL Y METODOS.

5.1 LOCALIZACION.

La evaluación de las variedades de maíz QPM se realizó en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, (CENIFyMA) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), ubicado en el municipio de Colón, del estado de Querétaro, y se realizaron cuatro experimentos:

Estimación de la digestibilidad ileal aparente y verdadera estandarizada de nitrógeno.

Evaluación de la digestibilidad fecal y balance de nitrógeno.

Estimación de la relación lisina – triptófano presente en una de las variedades de maíz QPM.

Evaluación del comportamiento productivo de cerdos en diferentes etapas de producción y alimentados con diferentes criterios de formulación.

5.2 MUESTRAS.

Las muestras que se evaluaron fueron proporcionadas por el área de fitomejoramiento del INIFAP, las cuales fueron de maíz QPM (QPM 1, V334 Celaya, V537 Iguala, V537 Tamaulipas y V538 Tamaulipas), maíz amarillo, maíz blanco y pasta de soya.

Al momento de su recepción se les determinó el contenido de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo y cenizas según las técnicas aprobadas por la A.O.A.C. (1995), fracciones de fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) (Van Soest, 1991), energía por calorimetría, empleando la técnica descrita por Tejada et al. (1992). Las características nutrimentales de las muestras utilizadas se muestran en el (Cuadro 3).

5.3 EXPERIMENTO 1.

ESTIMACION DE LA DIGESTIBILIDAD ILEAL APARENTE Y VERDADERA ESTANDARIZADA DE NITROGENO.

El objetivo de esta prueba fue determinar la digestibilidad ileal aparente y la digestibilidad ileal verdadera estandarizada de las variedades de maíz QPM1, 334C, 537I, 537T, 538T, amarillo y blanco así como de pasta de soya en cerdos en la etapa de finalización de 60 a 100 kilos de peso.

Se utilizaron ocho cerdos producto de una cruce alterna Landrace X Duroc, con un peso vivo de 62.3 ± 4.3 kg, canulados de acuerdo a la técnica descrita por Reis et al. (2000). Una vez realizada la cirugía los cerdos se mantuvieron en recuperación en jaulas metabólicas por un periodo de 21 días; durante los cuales se administró por vía intramuscular oxitetraciclina 7 mg/kg de peso, penicilina G procaína 29,000 U.I./kg de peso y estreptomycinina 36 mg/kg de peso los primeros tres días; los siguientes siete días recibieron un alimento medicado con oxitetraciclina a una concentración de 18 mg/kg de peso. Finalizada la etapa de recuperación los cerdos se aleatorizaron en los diferentes tratamientos bajo un diseño de cuadro latino incompleto o cuadro de Youden, con ocho tratamientos y cuatro periodos de colecta (Cochran y Cox., 1965).

Los tratamientos (Cuadro 4) consistieron de pasta de soya o las diferentes variedades de maíz, minerales y vitaminas, Los tratamientos a base de maíz se igualaron al nivel más bajo de proteína encontrado, el cual fue de 7% en el maíz amarillo y el tratamiento de pasta de soya se formuló para tener un 16% de proteína cruda, por lo que se utilizó almidón para diluir la cantidad de proteína. El alimento experimental se proporcionó a razón de 2.5 veces del requerimiento de energía digestible de mantenimiento, el cual se considera de 110 Kcal. ED/Kg. de peso metabólico (INRA, 1984). El alimento se ofreció dos veces al día 8:00 y 17:00 horas respectivamente.

El total de la variación se atribuyó al siguiente modelo estadístico de acuerdo al diseño cuadrado latino incompleto o cuadrado de Youden:

$$y_{ijk} = \mu + C_i + \delta_{(i)} + P_j + \eta_{(j)} + T_k + \varepsilon_{(ijk)}$$

Donde:

y_{ijk} = Variable de respuesta del i-ésimo cerdo, en el j-ésimo periodo con el k-ésimo tratamiento

μ = Media general.

C_i = Efecto del i-ésimo Cerdo. (i = 1, 2, 3, 4)

$\delta_{(i)}$ = Error de restricción de los tratamientos en el i-ésimo cerdo.

P_j = Efecto del j-ésimo periodo. (i = 1, 2, 3, 4)

$\eta_{(j)}$ = Error de restricción de los tratamientos en el j-ésimo periodo.

T_k = Efecto del k-ésimo tratamiento. (k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)

$\varepsilon_{(ijk)}$ = Error experimental asociado con la observación del i-ésimo cerdo, en el j-ésimo periodo y el k-ésimo tratamiento.

Antes de la toma de muestra los animales estuvieron en un periodo de adaptación al alimento experimental durante los primeros cinco días, a partir de las 8:00 horas del sexto día se inició la colecta de la digesta ileal, la cual se realizó por un periodo de 48 horas a intervalos de dos horas (Fan y Sauer, 1995). Al momento de la colecta, las muestras se mantuvieron en congelación – 20° C y una vez finalizada la misma el contenido ileal obtenido de cada cerdo durante este periodo se homogeneizó y se procedió a tomar una alícuota de 500 gramos que se liofilizó para el análisis de: concentración de óxido de cromo (Fenton y Fenton, 1979), materia seca y proteína cruda (A.O.A.C, 1995).

Finalizados los análisis de laboratorio y determinados los valores de digestibilidad aparente, se convirtieron los valores a digestibilidad verdadera estandarizada utilizando el valor del endógeno reportado por Mariscal et al. (1992). Posteriormente se analizaron los datos utilizando el paquete estadístico SAS

5.4 EXPERIMENTO 2.

EVALUACION DE LA DIGESTIBILIDAD FECAL Y BALANCE DE NITRÓGENO.

Esta prueba se realizó utilizando 28 cerdos producto del cruzamiento alterno Landrace X Duroc, con un peso inicial de 61.2 ± 2.6 kg, los cuales se alojaron en jaulas metabólicas y se asignaron al azar a uno de siete tratamientos (Cuadro 5). Los tratamientos consistieron en adicionar la misma cantidad de maíz, vitaminas y minerales independientemente del aporte nutricional que tuviera cada tratamiento. El alimento se proporcionó a razón de 2.5 veces del requerimiento de energía digestible de mantenimiento, el cual se considera de 110 Kcal. ED/Kg. de peso metabólico (INRA, 1984), y se ofreció dos veces al día 8:00 y 17:00 horas respectivamente.

El total de la variación se atribuyó al siguiente modelo estadístico de acuerdo al diseño de bloques completos al azar (Steel y Torrie, 1985) mediante el paquete estadístico SAS:

$$y_{ijk} = \mu + B_i + \delta_{(i)} + T_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

y_{ij} = Variable de respuesta del k-ésimo animal en el j-ésimo tratamiento dentro del i-ésimo bloque.

μ = Media general.

B_i = Efecto del i-ésimo bloque. (i = 1, 2, 3, 4) debido a que los tratamientos se analizaron en cuatro tiempos diferentes

$\delta_{(i)}$ = Error de restricción asociado con el i-ésimo bloque. (aleatorio)

T_j = Efecto del j-ésimo tratamiento. (j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)

ε_{ij} = Error experimental.

Antes del inicio de la fase experimental los animales fueron sometidos a un periodo de adaptación al alimento, el cual comprendió los primeros cinco días. La colecta de orina se realizó dos veces al día 8:00 y 17:00 horas respectivamente, a

partir del sexto día y durante cinco días consecutivos, utilizando recipientes en los que se agregaban 6 ml. de ácido clorhídrico (HCl) puro por cada colecta, el volumen colectado se filtró, se pesó y se tomó una alícuota del 5% del peso, la cual se mantuvo en congelación -20° C (Farbain et al, 2000). Finalizada la colecta se homogeneizó cada una de las muestras y se tomó una alícuota en la que se determinó nitrógeno (AOAC, 1995) y una segunda muestra fue liofilizada para posteriormente determinar energía (Tejada et al., 1992). Las heces se colectaron a partir de que el animal excretó el alimento marcado con óxido de cromo y durante un periodo de cinco días (Farbain et al, 2000), periodo en el cual se mantuvieron en congelación -20° C, al finalizar el periodo de colecta cada muestra se homogeneizó y se obtuvo una alícuota de 300 gramos la cual se liofilizó y posteriormente se le determinó la concentración de óxido de cromo (Fenton y Fenton, 1979), nitrógeno, materia seca (A.O.A.C, 1995) y energía (Tejada et al., 1992).

5.5 EXPERIMENTO 3.

ESTIMACION DE LA RELACION LISINA – TRIPTOFANO PRESENTE EN UNA DE LAS VARIEDADES DE QPM.

Con el objetivo de estimar la relación de lisina - triptófano presente en una variedad de maíz QPM, se monitoreó el comportamiento productivo de dos grupos de cerdos híbridos producto del cruzamiento alterno Landrace X Duroc, por un periodo de cuatro semanas donde se midió el consumo diario de alimento y la ganancia diaria de peso con lo cual se obtuvo la eficiencia alimenticia. Uno de los grupos conformado por 24 cerdos en la etapa de crecimiento con un peso de 21.9 ± 2.2 kg, y el otro constituido de 24 cerdos en la etapa de finalización con un peso de 52.3 ± 4.12 kilogramos. Los animales de ambos grupos se alojaron en corraletas individuales de piso de concreto provistas de bebedero de chupón y

comedero de tolva tipo canoa, los cerdos se pesaron al inicio de la prueba y posteriormente a intervalos de siete días

Los tratamientos (Cuadro 6) fueron nueve y consistieron de maíz QPM1 o maíz blanco común, vitaminas y minerales, en tres de los tratamientos a partir de maíz blanco común se adicionaron niveles crecientes de lisina cristalina hasta igualar el nivel de lisina del maíz QPM, (BN1, BN2, BN3), además en dos tratamientos se agregó triptófano cristalino para mantener la proporción lisina – triptófano (BN3T y QPM1T) y dos tratamientos control (uno para cada etapa de producción crecimiento y finalización) formulado bajo el concepto de proteína Ideal (Baker,1997) que cubriera las necesidades nutricionales del animal NRC. (1998).

La alimentación se proporcionó a libertad evitando el desperdicio por lo que diariamente se midió el consumo y semanalmente se pesó el rechazo; el alimento se ofreció dos veces al día 8:00 y 17:00 horas respectivamente.

El trabajo se realizó bajo un diseño totalmente al azar, por lo que se consideró el siguiente modelo (Steel y Torrie, 1985):

$$y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{(ij)}$$

Donde:

y_{ij} = Variable de respuesta con el i-ésimo tratamiento en el j-ésimo cerdo.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento. (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)

$\varepsilon_{(ij)}$ = Error experimental.

los valores obtenidos se compararon mediante la prueba de Duncan y contrastes lineales utilizando el paquete estadístico SAS.

5.6 EXPERIMENTO 4.

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CERDOS EN DIFERENTES ETAPAS DE PRODUCCION Y ALIMENTADOS CON DIFERENTES CRITERIOS DE FORMULACION.

Evaluación del comportamiento productivo de cerdos en diferentes etapas de producción y alimentados con diferentes criterios de formulación.

El objetivo de este experimento fue evaluar el comportamiento productivo de cerdos alimentados con diferentes maíces (QPM o amarillo) y con distintos criterios de formulación dentro de una ración integral que cubriera los requerimientos nutricionales NRC. (1998) o un alimento solo con maíz.

Este experimento se realizó utilizando 24 cerdos híbridos producto del cruzamiento alterno Landrace X Duroc, en la etapa de crecimiento con un peso inicial de 32.9 ± 2.1 kg, y se continuaron hasta los 100 ± 5 kg de peso, monitoreando el peso cada semana. Los animales se alojaron en corraletas individuales de piso de concreto provistas con bebedero de chupón y comedero de tolva tipo canoa.

Se utilizaron cuatro tratamientos (Cuadro 7), dos se hicieron solo con maíz QPM o amarillo, minerales y vitaminas, y dos se formularon bajo el concepto de proteína ideal (Baker, 1997). La alimentación se proporcionó según la metodología descrita en el experimento 3.

El trabajo se realizó bajo un diseño totalmente al azar en arreglo factorial 2×2 considerando el siguiente modelo (Steel y Torrie, 1985). Empleando el paquete estadístico SAS:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + F_j + GF_{ij} + \varepsilon_{(ij)k}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta del k-ésimo, animal con el i-ésimo grano, y la j-ésima formula.

μ = Media general.

G_i = Efecto del i-ésimo grano. ($i = 1, 2$)

F_j = Efecto de la j-ésima formula. ($j = 1, 2$)

GF_{ij} = Efecto de la interacción del i-ésimo grano con la j-ésima formula

$\varepsilon_{(ij)k}$ = Error experimental NID. ($0, \sigma^2$)

6. RESULTADOS.

6.1 Experimento 1.

Los coeficientes de digestibilidad ileal aparente y digestibilidad ileal verdadera estandarizada de las diferentes muestras de maíz y pasta de soya que se obtuvieron en el presente trabajo se muestran en el (Cuadro 8). Los valores de digestibilidad ileal aparente de la materia seca fueron similares ($P > 0.05$) en todas las muestras de maíz (80.6%) y pasta de soya (79.6%). La digestibilidad ileal aparente del nitrógeno fue mayor ($P < 0.01$) en la pasta de soya (79.0%). Que en las muestras de maíz, donde todos los valores fueron similares ($P > 0.05$), con un valor promedio de 64.0%, sin embargo, en la digestibilidad ileal verdadera estandarizada todos los valores fueron similares ($P > 0.05$) con un promedio de 79.2 %.

6.2 Experimento 2.

Los valores de digestibilidad fecal de la materia seca, de la energía y el porcentaje de energía metabolizable (EM) que se obtuvieron con las distintas muestras de maíz, se presentan en el (Cuadro 9). La digestibilidad de la materia seca del maíz común fue 1.5% mayor que la encontrada en el maíz QPM ($P < 0.01$), de igual forma la digestibilidad fecal de la energía de las muestras de maíz común fue superior ($P < 0.05$) a la encontrada en las muestras de maíz QPM, con lo cual el aporte de kilocalorías de energía digestible (ED) por kilogramo del maíz común fue superior (3,625) con respecto al maíz QPM (3,599).

Entre las muestras de maíz QPM se encontraron diferencias en la digestibilidad de la materia seca y del aporte de ED ($P < 0.01$), siendo la variedad 334C la que presentó los valores más bajos (88.2 y 89.1%, respectivamente); lo que representa un aporte de 3,566 kilocalorías por kilogramo, mientras que en la variedad 537I se encontraron los valores más altos (90.1 y 90.4%, respectivamente), con lo cual tiene un aporte de 3,634 kilocalorías por kilogramo. El porcentaje de EM fue similar ($P > 0.05$) en todas las muestras de maíz con un promedio de 88.19%, lo

que representa un aporte 3,523 kilocalorías de EM/kg de maíz. Así mismo la relación EM/ED fue similar en todas las muestras de maíz con un promedio de 97.8%.

Los resultados obtenidos en la prueba de balance de nitrógeno se muestran en el (Cuadro 10). El consumo de nitrógeno fue diferente ($P<0.01$) entre los dos tipos de maíz, siendo mayor en los animales que consumieron las variedades de maíz QPM, con un valor de 24 g/día, mientras que en los animales que consumieron el maíz común el promedio fue de 22.1 g/día. Asimismo se encontraron diferencias ($P<0.01$) entre las muestras de maíz QPM, observando el consumo más bajo en los animales que consumieron la variedad QPM1 (22.4 g/día) con respecto a los animales que consumieron las otras variedades de maíz QPM (24.4 g/día).

La digestibilidad del nitrógeno fue similar ($P>0.05$) en todas las variedades de maíz con un valor promedio de 84.1%, de igual forma el contenido de nitrógeno en heces fue similar con un promedio de 3.7 g/d; sin embargo el nitrógeno en orina fue diferente, encontrando una menor cantidad de nitrógeno en la variedad QPM1 con respecto a las demás variedades; en promedio los dos tipos de maíz fueron similares. El nitrógeno retenido fue similar ($P>0.05$) en todas las muestras, con un valor promedio de 7.7 g/día. De la misma forma el nitrógeno retenido en porcentaje del consumido y el retenido en porcentaje del absorbido fueron similares ($P>0.05$) en las distintas muestras de maíz con un promedio de (32.8 y 38.9%, respectivamente).

6.3 Experimento 3.

En la evaluación de la relación lisina-triptófano presente en el maíz QPM se encontraron diferencias entre las distintas etapas de producción (Cuadro 11), ya que en los cerdos en finalización todas las variables que se midieron fueron similares en todos los tratamientos. Sin embargo, en los cerdos en crecimiento el consumo diario de alimento (CDA) fue diferente ($P<0.05$), encontrando tres diferentes grupos: El primero de ellos con un consumo promedio de 2.007 kg, conformado por los tratamientos control y el tratamiento a base de maíz QPM1

que fue suplementado con triptófano (QPM1T). Un segundo grupo con valores intermedios que fueron similares a los valores del primer y tercer grupo integrado por los tratamientos de maíz QPM1, blanco, blanco con el tercer nivel de lisina que fue suplementado con triptófano (BN3T), con un promedio de 1.734 kg, y un tercer grupo donde se encontraron los tratamientos a base de maíz blanco donde se adicionó los tres diferentes niveles de lisina (BN1, BN2 y BN3) con un valor de 1.366 kg.

Otra diferencia ($P < 0.05$) que se encontró fue entre los tratamientos que se suplementaron con triptófano (QPM1T, BN3T) y los que no lo fueron (QPM1, BN3) (Contraste 2), siendo mayor en un 27% el consumo en los cerdos que consumieron triptófano.

En la ganancia diaria de peso (GDP) se observó una diferencia ($P < 0.01$) a favor de los cerdos que consumieron el tratamiento control en un 154% con respecto al promedio de los cerdos que no lo consumieron (Contraste 1). En el tratamiento de maíz QPM1 adicionado con triptófano se encontró una diferencia ($P < 0.01$) con respecto al promedio de los tratamientos de maíz en un 118%, en los demás tratamientos no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre ellos. Al igual que en consumo se compararon las ganancias de peso entre los cerdos que consumieron tratamientos con triptófano y los que no lo consumieron encontrando una diferencia ($P < 0.01$), a favor de los cerdos que consumieron el triptófano de un 77.5%. Esta diferencia es debida principalmente al tratamiento de maíz QPM1T, ya que el tratamiento BN3T fue similar a los tratamientos a base de maíz (contraste 2).

La eficiencia alimenticia (EA) fue superior en un 134% (0.351) en los cerdos que consumieron el alimento control con respecto a los que no lo consumieron (0.150) (Contraste 1). En el tratamiento QPM1T se obtuvo una EA 0.231 lo cual representa un 69% más que en los tratamientos a base de maíz (0.137), entre los demás tratamientos no existieron diferencias. En los cerdos que consumieron alimentos suplementados con triptófano (Contraste 2), la EA fue superior ($P < 0.01$) con un valor de (0.195) que representa un 68% con respecto a los que no lo consumieron (0.134). Al igual que en GDP esta diferencia la hace el efecto del

tratamiento QPMT, porque el tratamiento BN3T es similar a los tratamientos a base de maíz.

6. 4 Experimento 4.

El comportamiento productivo que tuvieron los cerdos utilizados en esta prueba se resume en él (Cuadro 12), que corresponde a la etapa de crecimiento con una duración de cinco semanas y en él (Cuadro 13), que comprende la etapa de finalización con un periodo de seis semanas. Además de los cuadros se presentan gráficas que muestran la interacción del efecto maíz-fórmula.

Los datos encontrados en la etapa de crecimiento, muestran una respuesta al criterio de formulación y no a la variedad de maíz que se utilizó en el alimento, por lo que se pueden observar diferencias ($P < 0.001$) entre los dos grupos. Encontrando una mayor respuesta en los cerdos que consumieron los tratamientos formulados bajo el esquema de proteína ideal con un consumo promedio de 2.141 kg. y una ganancia diaria promedio de 0.793 kg. lo que origina una eficiencia alimenticia de 0.371, mientras que los cerdos que se alimentaron con los tratamientos de solo maíz, presentaron un consumo diario promedio de 1.722 kg, y una ganancia diaria de peso promedio de 0.305 kg, lo que produce una eficiencia alimenticia de 0.173.

En la etapa de finalización el comportamiento fue diferente al observado en crecimiento, ya que se encontraron tres grupos de datos diferentes ($P < 0.01$), observando la mayor respuesta en los cerdos alimentados con la ración integral con un consumo diario promedio de 2.861 kg. y una ganancia diaria de peso promedio de 0.866 kg, con lo cual se obtuvo una eficiencia alimenticia de 0.302; Un segundo grupo con valores intermedios en los animales que consumieron los tratamientos de solo maíz, a base de maíz QPM, con un consumo diario promedio de 2.190 kg. y una ganancia diaria de peso de 0.399 kg. lo que genera una eficiencia alimenticia de 0.176, y un tercer grupo conformado por los valores de los cerdos alimentados a base de maíz amarillo, los cuales resultaron ser los más

bajos encontrados con un consumo de 1.580 kg, y una ganancia diaria de peso promedio de 0.179 kg. lo que produce una eficiencia alimenticia de 0.106.

Con estos resultados se observa una interacción entre los efectos maíz y formula, ya que aun cuando la respuesta es superior con la ración integral, independientemente del maíz utilizado en dicho alimento. Los parámetros obtenidos con el maíz QPM fueron mejores que los obtenidos con el maíz amarillo (Gráficas 1, 2, 3), por lo que es diferente la EA si se comparan los promedios considerando solamente los dos tipos de maíz (maíz amarillo en ración integral y en solo maíz, contra maíz QPM en ración integral y en solo maíz) (Cuadros 12 y 13).

Cuadro 3. Análisis químico de las muestras de maíz y soya utilizadas en el presente trabajo^a.

Nutriente	Maíz calidad proteica (QPM)					Maíz común		Pasta de
	1	334 C	537 T	537 I	538 T	Blanco	Amarillo	Soya
Materia seca	91.1	91.1	89.3	90.9	91.1	91.1	91.1	90.8
Energía bruta, (kcal/g)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.2
Proteína cruda	8.5	8.4	8.6	8.5	8.7	8.0	7.5	46.3
Extracto etéreo	3.4	3.4	4.7	3.9	5.2	3.9	3.7	1.1
Cenizas	1.7	1.4	1.6	1.7	1.7	1.1	1.2	6.4
FDA	4.8	3.9	4.0	3.8	3.5	3.4	2.7	5.5
FDN	11.4	9.1	10.2	8.4	8.9	10.4	9.4	6.9
Aminoácidos gramo por 100 gramos de proteína ^a .								
Arginina	6.12	Nd.	5.90	Nd.	Nd.	4.89	4.65	Nd.
Fenilalanina	3.75	Nd.	3.97	Nd.	Nd.	5.02	4.90	Nd.
Histidina	3.62	Nd.	3.75	Nd.	Nd.	2.96	3.23	Nd.
Isoleucina	2.37	Nd.	2.84	Nd.	Nd.	3.35	3.23	Nd.
Leucina	8.24	Nd.	8.63	Nd.	Nd.	12.36	12.52	Nd.
Lisina	4.24	Nd.	3.97	Nd.	Nd.	3.22	3.10	Nd.
Metionina	1.75	Nd.	1.70	Nd.	Nd.	2.19	2.19	Nd.
Treonina	3.75	Nd.	3.41	Nd.	Nd.	3.47	3.61	Nd.
Triptófano	0.87	Nd.	0.79	Nd.	Nd.	0.64	0.65	Nd.
Valina	4.24	Nd.	4.77	Nd.	Nd.	4.76	4.65	Nd.

^a Base húmeda, los valores reportados son promedio de análisis por duplicado.

* Determinados por cromatografía de alta resolución (HPLC).

Nd No determinado.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 4. Composición porcentual de los alimentos utilizados en la estimación de la digestibilidad ileal aparente y verdadera estandarizada de nitrógeno^a.

Ingredientes	Maíz común.		Maíz QPM.					Pasta de Soya.
	Amarillo	Blanco	QPM 1	334 C	537 I	537 T	538 T	
Maíz Amarillo	94.75	-	-	-	-	-	-	-
Maíz Blanco	-	88.75	-	-	-	-	-	-
QPM 1	-	-	84.55	-	-	-	-	-
QPM 334 Celaya	-	-	-	84.55	-	-	-	-
QPM 537 Iguala	-	-	-	-	83.55	-	-	-
QPM 537 Tamaulipas	-	-	-	-	-	82.55	-	-
QPM 538 Tamaulipas	-	-	-	-	-	-	81.60	-
Pasta de soya de 46 %	-	-	-	-	-	-	-	34.55
Vehículo (almidón)	-	6.00	10.20	10.20	11.20	12.20	13.15	60.20
Ortofosfato	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
Carbonato de calcio	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Aceite de maíz	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Minerales ^b	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Vitaminas ^c	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Oxido de cromo	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
EM, (Mcal/kg)	3.25	3.25	3.26	3.25	3.26	3.23	3.38	3.41
Proteína cruda	7.13	7.13	7.13	7.13	7.13	7.13	7.13	16.03
Calcio	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Fósforo	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

^a Base húmeda (como ofrecido).

^b Proporciona por kilogramo de alimento: Cl, 1.65 g; Na, 0.87 mg; Cu, 7.70 mg; Fe, 89.25 mg; Mn, 19.98 mg; Se, 0.09mg; I, 0.53 mg;

^c Proporciona por kilo de alimento: Vitamina A, 6600 UI; vitamina D, 660 UI; vitamina E, 100UI; colina, 350 mg; niacina, 54mg; ácido pantoténico, 13.15mg; riboflavina, 2.20 mg; B₁₂, 36 µg.

ESTADÍSTICAS CON
 ORIGEN

Cuadro 5. Composición porcentual de los alimentos utilizados en la evaluación de digestibilidad fecal y balance de nitrógeno^a.

Ingredientes	Maíz común		Maíz QPM				
	Amarillo	Blanco	QPM 1	334 C	537 I	537 T	538 T
QPM 538 Tamaulipas	-	-	-	-	-	-	96.75
QPM 537 Tamaulipas	-	-	-	-	-	96.75	-
QPM 537 Iguala	-	-	-	-	96.75	-	-
QPM 334 Celaya	-	-	-	96.75	-	-	-
QPM 1	-	-	96.75	-	-	-	-
Maíz blanco	-	96.75	-	-	-	-	-
Maíz amarillo	96.75	-	-	-	-	-	-
Ortofosfato	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
Carbonato de Calcio	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Minerales ^b	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Vitaminas ^c	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Oxido de cromo	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
EM (Mcal/kg)	3.29	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Proteína cruda	7.26	7.74	8.22	8.13	8.22	8.32	8.42
Calcio	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Fósforo	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

^a Base húmeda (como ofrecido).

^b Proporciona por kilogramo de alimento: Cl, 1.65 g; Na, 0.87 mg; Cu, 7.70 mg; Fe, 89.25 mg; Mn, 19.98 mg; Se, 0.09mg; I, 0.53 mg;

^c Proporciona por kilo de alimento: Vitamina A, 6600 UI; vitamina D, 660 UI; vitamina E, 100UI; colina, 350 mg; niacina, 54mg; ácido pantoténico, 13.15mg; riboflavina, 2.20 mg; B₁₂, 36 µg.

Cuadro 6. Composición porcentual de los alimentos utilizados en la estimación de la relación lisina – triptófano de una variedad de maíz QPM^a.

Ingrediente	Alimento solo con maíz		Niveles crecientes de lisina hasta igualar el maíz QPM			Mismo nivel de lisina y triptófano		Alimento control para cada etapa	
	QPM1	Blanco	B N1	B N2	B N3	B N3 T	QPM1 T	Crecimiento	Finalización
QPM 1	96.76	-	-	-	-	-	96.68	-	-
Maíz blanco	-	96.76	96.70	96.63	96.57	96.56	-	78.29	71.76
Pasta de soya 46 %	-	-	-	-	-	-	-	18.62	24.48
Aceite de soya	-	-	-	-	-	-	-	0.16	0.60
Ortofosfato	1.62	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.61	1.10	1.48
Carbonato de Calcio	0.81	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.81	0.87	0.73
Sal	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Minerales ^b	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Vitaminas ^c	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L- Lisina	-	0.00	0.06	0.13	0.19	0.19	-	0.11	0.09
L- Treonina	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.05
L- Triptófano	-	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-
EM (Mcal/kg)	3.29	3.29	3.29	3.29	3.28	3.28	3.29	3.26	3.26
Proteína cruda	8.41	7.72	6.37	6.42	6.46	7.85	8.46	17.2	15.0
Lisina digestible	0.26	0.17	0.22	0.27	0.32	0.32	0.32	0.83	0.70
Triptófano digestible	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.17	0.14
Calcio	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.62
Fósforo	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.52

^a Base húmeda (como ofrecido).

^b Proporciona por kilogramo de alimento: Cl, 1.65 g; Na, 0.87 mg; Cu, 7.70 mg; Fe, 89.25 mg; Mn, 19.98 mg;

Se, 0.09mg; I, 0.53 mg;

^c Proporciona por kilo de alimento: Vitamina A, 6600 UI; vitamina D, 660 UI; vitamina E, 100UI; colina, 350 mg; niacina, 54mg; ácido pantoténico, 13.15mg; riboflavina, 2.20 mg; B₁₂, 36 µg.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA
 INIA

Cuadro 7. Composición porcentual de los alimentos utilizados en la evaluación del comportamiento productivo de cerdos en diferentes etapas y con diferente criterio de formulación¹.

Ingredientes	Tratamientos y fases de alimentación					
	Solo maíz		Crecimiento ¹		Finalización ¹	
	537 T	Amarillo	537 T	Amarillo	537 T	Amarillo
Maíz Amarillo	-	97.11	-	69.84	-	70.85
QPM 537 Tamaulipas	97.11	-	75.0	-	72.65	-
Pasta de soya de 46%	-	-	16.7	22.67	18.25	20.35
Melaza	-	-	4.53	3.79	5.80	5.50
Sebo	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Ortofosfato	1.83	1.83	1.54	1.42	1.07	1.05
Carbonato de Calcio	0.51	0.51	0.46	0.52	0.65	0.62
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Minerales ^b	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Vitaminas ^c	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L- Lisina	-	-	0.06	0.16	0.03	0.08
L- Treonina	-	-	0.04	0.04	0.01	-
L- Triptófano	-	-	0.12	-	-	-
DL- Metionina	-	-	0.03	0.01	-	-
EM (Mcal/kg)	3.11	3.30	3.26	3.26	3.26	3.26
Proteína cruda	8.35	7.28	16.00	16.00	15.00	15.00
Calcio	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Fósforo	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

^a Base Húmeda (como ofrecido).

^b Proporciona por kilogramo de alimento: Cl, 1.65 g; Na, 0.87 mg; Cu, 7.70 mg; Fe, 89.25 mg; Mn, 19.98 mg; Se, 0.09mg; I, 0.53 mg;

^c Proporciona por kilo de alimento: Vitamina A, 6600 UI; vitamina D, 660 UI; vitamina E, 100UI; colina, 350 mg; niacina, 54mg; ácido pantoténico, 13.15mg; riboflavina, 2.20 mg; B₁₂, 36 µg.

¹ Control = un alimento formulado bajo el concepto de proteína ideal, el cual proporciona los requerimientos nutricionales para la etapa productiva

FALTA DE CUIDEN
 T. P. 1991

Cuadro 8. Coeficientes de digestibilidad ileal de materia seca y nitrógeno.

	Maíz calidad proteica (QPM)						Maíz común			Pasta de soya	EEM
	1	334 C	537 T	537 I	538 T	Promedio.	Blanco	Amarillo	Promedio.		
Digestibilidad aparente.											
Materia seca, (%)	78.4	78.7	82.2	79.8	79.4	79.7	82.2	80.8	81.5	79.6	0.336
Nitrógeno, (%)	65.0 ^b	60.8 ^b	68.2 ^b	64.0 ^b	60.1 ^b	63.6	65.3 ^b	65.0 ^b	65.2	79.0 ^a	0.894
Digestibilidad verdadera estandarizada											
Nitrógeno, (%)	76.7	73.6	83.4	81.8	73.3	77.8	83.3	79.8	81.5	81.7	0.894

EEM = Error Estándar de la Media.

^{ab} Valores en el mismo renglón con diferente literal son diferentes (P<0.05)

TESIS CON
 SALA DE ORIGEN

Cuadro 9. Digestibilidad fecal de materia seca y de energía (experimento 2).

	Maíz calidad proteica QPM						Maíz Común			EEM
	1	334 C	537 T	537 I	538 T	Promedio	Blanco	Amarillo	Promedio	
Digestibilidad de MS (%)	88.7 ^c	88.2 ^c	88.9 ^c	90.1 ^{ab}	89.2 ^{bc}	89.0 ^k	90.8 ^a	90.2 ^a	90.5 ^r	0.121
Energía Digestible (%)	89.6 ^{bc}	89.1 ^c	89.8 ^{bc}	90.4 ^{ab}	90.1 ^{bc}	89.8 ^k	91.3 ^a	90.6 ^{ab}	91.0 ^r	0.134
Energía Metabolizable (%)	88.0	87.2	88.0	88.4	88.0	87.9	89.3	88.4	88.9	0.149
Energía Dig. kcal/kg	3,603 ^{abc}	3,566 ^c	3,58 ^{bc}	3,634 ^a	3,613 ^{ab}	3,599 ^k	3,644 ^a	3,607 ^{abc}	3,625 ^r	0.005
Energía Met. kcal/kg	3,536	3,488	3,509	3,554	3,528	3,523	3,564	3,519	3,542 ^r	0.006
EMED	98.2	97.8	98.0	97.8	97.7	97.9	97.8	97.7	97.8	0.049

EEM = Error Estándar de la Media.

^{abc} Valores en el mismo renglón con diferente literal son diferentes (P<0.05).

^{kr} Valores en el mismo renglón para promedio de QPM vs MC con diferentes literales son diferentes (P<0.05).

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

Cuadro 10. Balance de nitrógeno (experimento 2).

	Maíz calidad proteica QPM						Maíz Común			EEM
	1	334 C	537 T	537 I	538 T	Promedio	Blanco	Amarillo	Promedio	
N consumido (g/d)	22.4 ^b	24.6 ^a	24.5 ^a	24.1 ^a	24.4 ^a	24.0 ^k	22.0 ^b	22.1 ^b	22.1 ^f	0.132
Digestibilidad fecal de N (%)	83.7	83.3	84.3	84.7	84.3	84.1	84.3	84.2	84.3	0.295
N en heces (g/d)	3.7	4.1	3.8	3.7	3.8	3.8	3.5	3.5	3.5	0.074
N en orina (g/d)	10.2 ^a	12.6 ^b	13.2 ^b	11.9 ^b	12.0 ^b	12.0	12.1 ^b	12.2 ^b	12.2	0.204
N absorbido (g/d)	18.7 ^b	20.5 ^a	20.6 ^a	20.4 ^a	20.5 ^a	20.1 ^k	18.6 ^b	18.6 ^b	18.6 ^f	0.132
N retenido (g/d)	8.5	7.9	7.5	8.5	8.5	8.2	6.5	6.4	6.5	0.240
N retenido, (% del consumo)	38.2	32.1	30.5	35.2	35.0	34.2	29.6	28.8	29.2	0.988
N retenido, (% del absorbido)	45.7	38.6	36.1	41.6	41.3	40.7	35.1	34.2	34.7	1.118

EEM = Error Estándar de la Media.

^{ab} = Valores en el mismo renglón con diferente literal son diferentes (P<0.05)

^{kr} = Valores en el mismo renglón para promedio de QPM vs. MC con diferentes literales son diferentes (P>0.01)

FALLA DE ORIGEN

Cuadro 11. Comportamiento productivo de los cerdos en la estimación de la relación lisina-triptófano (experimento 3).

	Alimento solo con maíz		Niveles crecientes de lisina hasta igualar el maíz QPM			Mismos niveles de lisina y triptófano		Control	EEM	Contrastes	
	QPM1	Blanco	BN 1	BN 2	BN3	BN3T	QPM1T			1	2
Crecimiento.											
Peso inicial (kg)	23.58	25.58	24.25	25.25	22.25	25.75	24.92	23.42	0.630		
CDA, (kg)	1.761 ^{ab}	1.702 ^{ab}	1.381 ^b	1.409 ^b	1.307 ^b	1.738 ^{ab}	2.116 ^a	1.917 ^a	0.050		**
GDP, (kg)	0.279 ^c	0.259 ^c	0.182 ^c	0.169 ^c	0.152 ^c	0.277 ^c	0.479 ^b	0.652 ^a	0.015	*	*
EA	0.161 ^c	0.151 ^c	0.122 ^c	0.120 ^c	0.107 ^c	0.159 ^c	0.231 ^b	0.351 ^a	0.007	*	*
Finalización.											
Peso inicial, (kg)	57.74	56.73	60.00	55.75	60.00	56.91	53.91	55.577	1.121		
CDA, (kg)	2.347	2.183	1.786	2.271	2.261	2.460	2.296	2.591	0.120		
GDP, (kg)	0.413	0.243	0.205	0.393	0.388	0.490	0.457	0.681	0.049		
EA	0.179	0.121	0.117	0.163	0.158	0.206	0.207	0.259	0.011		

EEM = Error Estándar de la Media.

CDA (kg) = Consumo diario de alimento expresado en kilos.

GDP (kg) = Ganancia diaria de peso expresada en kilos.

EA = Eficiencia alimenticia.

Contrastes;

1 Control vs QPM1T, QPM1, Blanco, BN1, BN2, BN3, BN3T;

2 QPM1, BN3 vs QPM1T, BN3T;

* (p < 0.01)

** (p < 0.05)

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 12. Comportamiento productivo de cerdos en la fase de crecimiento alimentados con diferentes criterios de formulación (experimento 4).

	P. Inicial (kg)	P. Final (kg)	CDA (kg)	GDP (kg)	EA
Crecimiento					
Maíz amarillo	32.89	50.95	1.826	0.517	0.265
Maíz QPM	32.88	53.24	2.037	0.582	0.279
Solo maíz	32.73	43.55 ^b	1.722 ^b	0.305 ^b	0.173 ^b
Ración integral	33.03	60.63 ^a	2.141 ^a	0.793 ^a	0.371 ^a
M A en solo maíz	32.71	41.04 ^{bc}	1.538 ^{bc}	0.234 ^{bc}	0.151 ^{bc}
M QPM en solo maíz	32.75	46.07 ^{bc}	1.905 ^{bd}	0.377 ^{bd}	0.195 ^{bc}
M A en ración integral	33.06	60.86 ^{ad}	2.114 ^{ae}	0.800 ^{ae}	0.379 ^{ae}
M QPM en ración integral	33.00	60.40 ^{ad}	2.168 ^{ae}	0.787 ^{ae}	0.364 ^{ae}
EEM	0.593	0.657	0.051	0.019	0.009

^{abcde} Valores en la misma columna con diferentes literales son diferentes ($P < 0.05$)

EEM = Error Estándar de la Media.

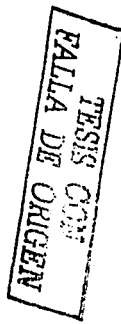
CDA (kg) = Consumo diario de alimento expresado en kilos.

GDP (kg) = Ganancia diaria de peso expresada en kilos.

EA = Eficiencia alimenticia.

M A = Maíz amarillo

M QPM = Maíz QPM



Cuadro 13. Comportamiento productivo de cerdos en la fase de finalización alimentados con diferentes criterios de formulación (experimento 4).

	P. Inicial (kg)	P. Final (kg)	CDA (kg)	GDP (kg)	EA
Finalización					
Maíz amarillo	50.95	73.46	2.255	0.536	0.205
Maíz QPM	53.24	79.23	2.492	0.619	0.238
Solo maíz	43.55 ^b	55.68 ^b	1.885 ^b	0.289 ^b	0.141 ^b
Ración integral	60.63 ^a	97.00 ^a	2.861 ^a	0.866 ^a	0.302 ^a
M A en solo maíz	41.04 ^{bc}	48.54 ^{bc}	1.580 ^{bc}	0.179 ^{bc}	0.106 ^{bc}
M QPM en solo maíz	46.07 ^{bc}	62.82 ^{bd}	2.190 ^{bd}	0.399 ^{bd}	0.176 ^{bd}
M A en ración integral	60.86 ^{ad}	98.39 ^{ae}	2.929 ^{ae}	0.894 ^{ae}	0.304 ^{ae}
M QPM en ración integral	60.40 ^{ad}	95.63 ^{ae}	2.794 ^{ae}	0.839 ^{ae}	0.301 ^{ae}
EEM	0.657	1.397	0.085	0.023	0.007

^{abcde} Valores en la misma columna con diferentes literales son diferentes (P < 0.05)

EEM = Error Estándar de la Media.

CDA (kg) = Consumo diario de alimento expresado en kilos.

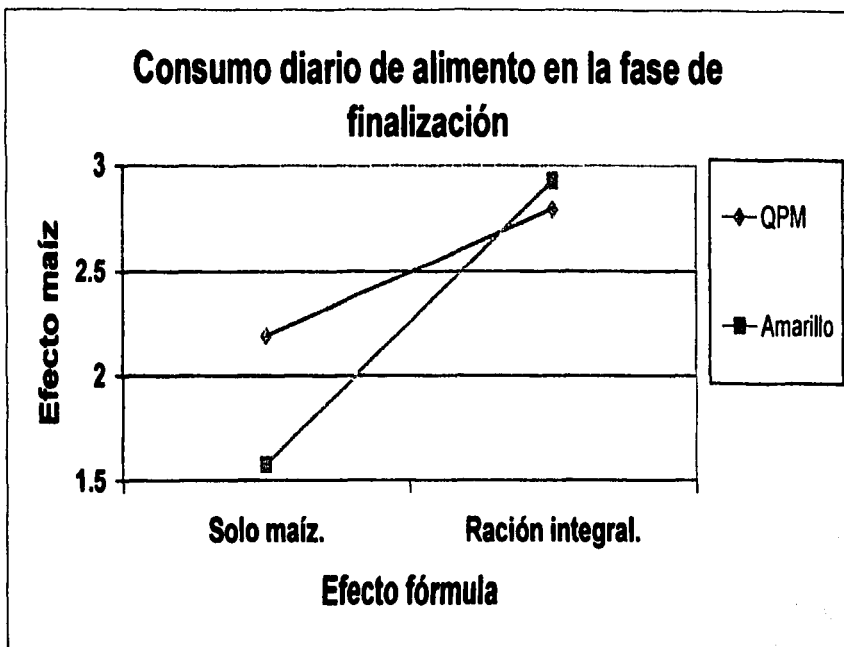
GDP (kg) = Ganancia diaria de peso expresada en kilos.

EA = Eficiencia alimenticia.

M A = Maíz amarillo

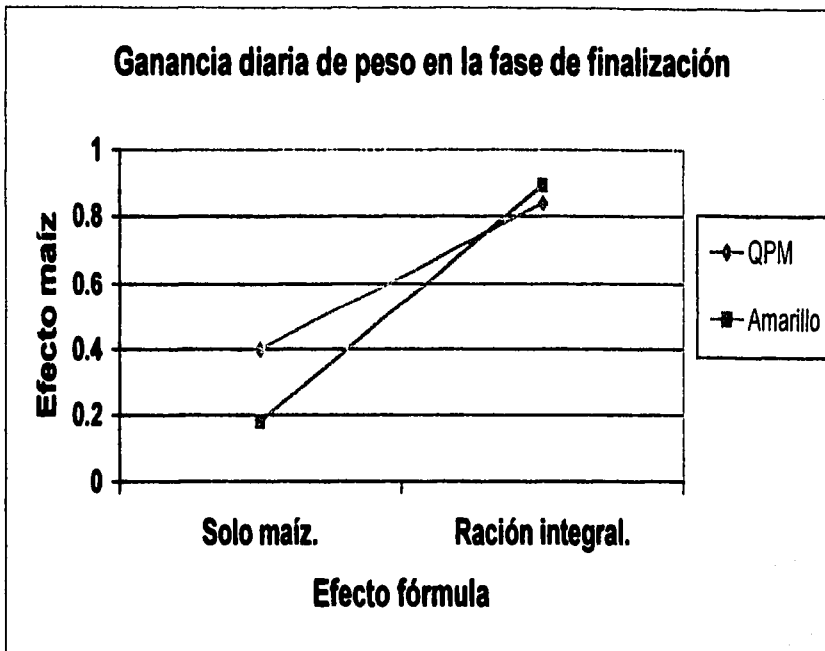
M QPM = Maíz QPM

Grafica 1. Interacción de los tipos de maíz bajo diferentes criterios de formulación en el consumo de alimento



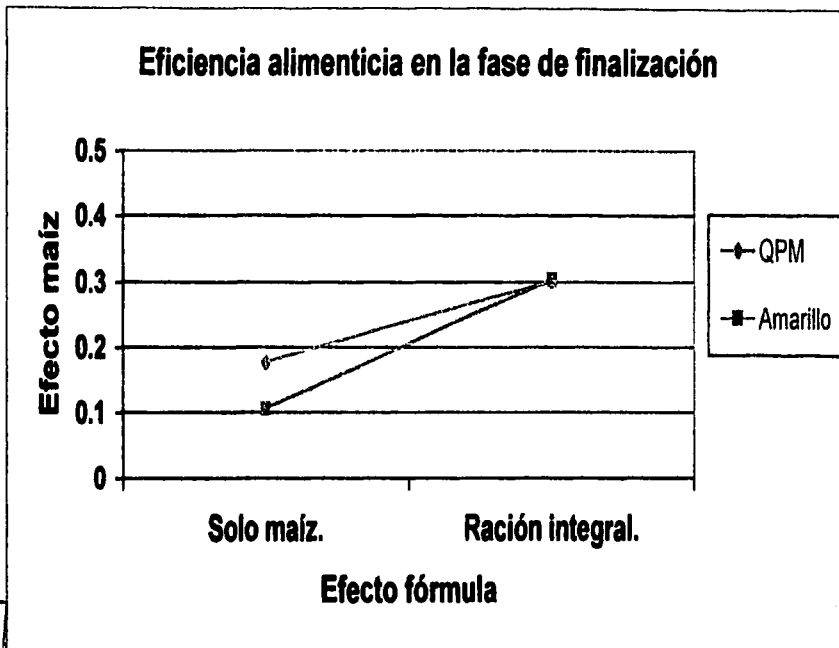
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Grafica 2. Interacción de los tipos de maíz bajo diferentes criterios de formulación en la ganancia de peso



FAJLA DE ORIGEN

Grafica 3. Interacción de los tipos de maíz bajo diferentes criterios de formulación en la eficiencia alimenticia



TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

7. DISCUSION.

La calidad nutritiva del maíz QPM no es muy evidente, ya que los valores que se obtuvieron en el presente estudio, fueron similares o inferiores a los del maíz común en lo que respecta a la digestibilidad de nitrógeno y aporte de energía. Sin embargo, el comportamiento productivo entre los cerdos que consumieron el maíz QPM y los que consumieron el maíz común fue diferente, encontrando una mayor respuesta en los animales que consumieron el maíz QPM.

7.1 Experimento 1.

La digestibilidad ileal aparente del nitrógeno fue similar entre las diferentes variedades de maíz, con un promedio para el maíz QPM de 63.6% y de 65.2% en el maíz común. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Burgoon et al. (1992), los cuales reportan una digestibilidad ileal aparente del nitrógeno similar entre los dos tipos de maíz con un valor promedio de 74% para el maíz QPM y de 73% para el maíz común, y difieren de los valores reportados por Sullivan et al. (1989), quienes encontraron una digestibilidad ileal aparente de nitrógeno diferente entre los dos tipos de maíz, dichos valores son de 77% en el maíz QPM y 70% en maíz común. Esto puede ser debido al contenido de proteína que presentaban los maíces utilizados en los trabajos antes mencionados, ya que de acuerdo a lo reportado por Fan et al. (1994), la digestibilidad de nitrógeno es directamente proporcional a la cantidad consumida, si se encuentra en un rango de 0 a 16%, y en el presente trabajo el contenido de proteína del maíz QPM fue de 8.5 y de 7.8% para el maíz común siendo similares y muy cercanos a los utilizados por Burgoon, los cuales contenían 9.8% en el maíz QPM y 9.1% en el maíz común, mientras que los maíces evaluados por Sullivan presentan valores diferentes 10.2% en el maíz QPM y 7.6% en el maíz común, de esta forma la diferencia entre digestibilidad aparente del nitrógeno del maíz (64.1%) y la pasta de soya (79.0%) que se obtuvieron en el presente trabajo concuerda con lo

anterior. Otras variables que pueden afectar la digestibilidad de un ingrediente son las condiciones y prácticas de cultivo ya que se puede modificar el contenido y disponibilidad de sus nutrimentos

La calidad proteica del maíz QPM se basa principalmente en el perfil de aminoácidos que contiene y no en la cantidad de proteína que pudiera presentar, por lo que se consideró pertinente el igualar los alimentos que fueron a partir de maíz al contenido de proteína más bajo encontrado el cual fue de 7%, en el caso del tratamiento de pasta de soya, este se formuló para tener un 16% de proteína, por lo que se esperaba fuera diferente la digestibilidad aparente. Sin embargo, en la digestibilidad ileal verdadera estandarizada la respuesta fue similar en todas las muestras. Esto puede ser debido a que la cantidad de nitrógeno endógeno es diferente para cada tipo de alimento y depende de la cantidad de nitrógeno consumido (Sève, 1993).

7.2 Experimento 2.

La diferencia en el aporte de ED entre los dos tipos de maíz, observados en el presente estudio, no concuerda con los datos reportados por Sullivan (1989) y Burgoon (1992), los cuales no encontraron diferencia entre ambos maíces. Esto puede ser debido al contenido de fibra detergente neutro (FDN) y extracto etéreo (EE), ya que de acuerdo a lo reportado por Lima (2000) a mayor contenido de FDN, es menor el aporte de energía y a mayor contenido de EE mayor aporte de energía y aun cuando en el presente trabajo, el contenido de estos elementos no fue diferente. El rango de FDN en el maíz QPM fue de 3 unidades porcentuales (8.4 a 11.4) mientras que en el maíz común fue de 0.7 unidades porcentuales (2.7 a 3.4), y el rango del contenido de EE fue de 1.8 unidades porcentuales (3.4 a 5.2) en el maíz QPM, mientras que en el maíz común fue de 0.2 unidades porcentuales (3.7 a 3.9), lo cual puede explicar la diferencia que se presentó entre las muestras de maíz QPM.

Sin embargo, la energía metabolizable fue similar en todas las variedades de maíz, lo cual difiere de lo reportado por Sullivan et al. (1989) que reportó diferencias en la energía metabolizable de los maíces con un valor de 3,870 kilocalorías por kilogramo en QPM y de 3,800 kilocalorías por kilogramo en el maíz común, otro autor que reportó diferencias fue Lima (2000), con valores de 3,565 kilocalorías por kilogramo en QPM y de 3,361 kilocalorías por kilogramo en el maíz común. Esto puede ser debido a que en las muestras de maíz común existió un mayor desequilibrio de aminoácidos lo que provocó un mayor gasto de energía para eliminar la fracción nitrogenada.

En la prueba del balance de nitrógeno, aun cuando se encontraron diferencias en el consumo de nitrógeno entre los dos tipos de maíz su digestibilidad fue similar entre ellos con un valor promedio de 84.11%. Esto no concuerda con los valores obtenidos por Sullivan et al. (1989) quienes reportaron una digestibilidad de 89% para el maíz QPM y de 85% para el maíz común. Sin embargo el nitrógeno digerido fue diferente, esta diferencia es por efecto de la cantidad consumida, la cual es mayor en los tratamientos de maíz calidad proteica. Con respecto al nitrógeno retenido, el cual esta expresado en porcentaje del consumido y/o del absorbido, los valores que se obtuvieron fueron similares para los dos tipos de maíz. Esto contrariamente de los resultados de Sullivan et al. (1989) quienes encontraron diferencias entre los dos tipos de maíz, lo cual puede ser debido a un mejor perfil de la proteína del maíz calidad proteica que evaluó.

7.3 Experimento 3.

El bajo comportamiento productivo como respuesta, al escaso o desequilibrado aporte de nutrimentos, se observó en el presente trabajo. Ya que en las pruebas de comportamiento se encontraron diferencias muy marcadas entre los cerdos alimentados como se realiza tradicionalmente en algunas regiones de nuestro país

(a base de maíz) solamente y los que recibieron un alimento adecuado a sus requerimientos nutricionales (NRC, 1998).

La diferente respuesta que se observó entre los cerdos en crecimiento y los cerdos en finalización puede ser debido, a la mayor demanda de nutrientes que presentan los cerdos en la etapa de crecimiento, ya que en ambos grupos se proporcionó el mismo alimento en los tratamientos que se formularon solo con maíz (1 al 7) lo cual provocó un mayor desequilibrio nutricional en los cerdos en crecimiento, originando un rechazo de alimento y por ende una menor ganancia de peso con lo cual se obtuvo una menor eficiencia alimenticia. Estos resultados coinciden con los reportados por Montgomery et al. (1978) quienes encontraron un menor consumo en cerdos, cuando el alimento ofrecido era deficiente en triptófano. Otro factor que pudo modificar la respuesta fue la adición de lisina cristalina, por dos razones:

Por un aumento en el desequilibrio nutricional ya que aun cuando la lisina es el primer aminoácido limitante en el cerdo, se le deben proporcionar los demás aminoácidos esenciales en cantidades adecuadas para que pueda realizar la síntesis de nuevas proteínas; de lo contrario dicha síntesis puede ser afectada por otro aminoácido llamado segundo limitante. En este trabajo el segundo aminoácido limitante fue el triptófano, esto se deduce por el mayor consumo observado entre los cerdos que recibieron el alimento suplementado con triptófano.

La diferencia en el tiempo de absorción, ya que al encontrarse separado de los demás aminoácidos que forman parte de las proteínas del alimento, la lisina puede ser absorbida mas rápidamente, por lo que se desfasa del resto de los aminoácidos provocando un menor aprovechamiento, ya que de acuerdo a lo encontrado por Batterham. (1974), solamente el 43% de la lisina cristalina es utilizado si no se tiene un programa de alimentación que permita el acceso frecuente al alimento. Esto podría explicar la diferencia entre el maíz QPM1T y el maíz blanco con el tercer nivel de lisina y triptófano tratamiento BN3T, los cuales presentaban la misma cantidad de lisina y triptófano.

7.4 Experimento 4.

El comportamiento observado en esta prueba reafirma la necesidad de proporcionar un alimento que cubra las demandas nutricionales del animal, esencialmente en las primeras etapas de su crecimiento. Ya que de esto depende el adecuado desarrollo del animal y por consecuencia la productividad que se tenga del mismo.

El tiempo de exposición y el grado de desequilibrio nutricional al que fueron sometidos los cerdos alimentados con el alimento solo de maíz fueron factores determinantes en el efecto negativo que se manifestaron en los animales, de esta forma encontramos que durante la etapa de crecimiento se observaron dos grupos de cerdos, los que consumieron el alimento solo de maíz (QPM y/o amarillo) y los que consumieron la ración integral. Este comportamiento se modificó en la etapa de finalización donde se observaron tres grupos, los cerdos que consumieron la ración integral, los cerdos que consumieron solo maíz QPM y los cerdos que consumieron solo maíz amarillo.

La respuesta en los cerdos que consumieron el maíz amarillo fue la más baja y esto pudo ser debido, al escaso aporte y/o desequilibrio de los diferentes nutrientes proporcionados por el maíz, los cuales no cubrían sus demandas, lo que provocó un bajo consumo de alimento (Montgomery et al. 1978), ocasionando una menor o nula ganancia de peso. Sin embargo, en los cerdos que se alimentaron con solo maíz QPM la respuesta fue diferente. Esto pudo ser debido al perfil de nutrientes que presenta dicho maíz ya que la digestibilidad es similar en ambos (experimento 1), lo cual provocó un menor desequilibrio y por ende una mejor respuesta, aunque esta está muy por debajo de la observada con la ración integral.

El comportamiento de los cerdos alimentados con la ración integral permite concluir que; independientemente del maíz que se utilice en la elaboración del alimento se obtiene la misma respuesta, siempre y cuando se cubran las necesidades nutricionales del animal y que los ingredientes utilizados tengan una digestibilidad similar.

8. CONCLUSIONES.

Al evaluar las variedades de maíz que fueron cultivadas en diferentes condiciones climatológicas y bajo distintas prácticas de cultivo es difícil determinar si la variación encontrada en el contenido y aporte de un determinado nutriente depende de la calidad de la variedad o de factores que influyeron en su desarrollo.

La calidad nutritiva de las variedades de maíz QPM evaluadas, fue mejor a la del maíz común, pero esta diferencia no fue de la magnitud que se esperaba.

Aun cuando en el presente trabajo existieron diferencias en el aporte de nutrimentos entre el maíz QPM y el común, es necesario evaluar el contenido y aporte de aminoácidos de dichos maíces, porque la calidad nutritiva del maíz QPM consiste en un mejor perfil de aminoácidos de su proteína.

De las variedades QPM evaluadas la 537-C de Iguala resultó ser la mejor por su contenido y aporte de nutrimentos, sin embargo no se pudo corroborar su calidad nutritiva en la prueba de comportamiento, por lo que se sugiere, si se pretende evaluar de nuevo la calidad del maíz QPM se considere utilizar dicha variedad. Si bien la calidad nutritiva del maíz QPM fue mejor que la del maíz común, esto no puede considerarse como valor agregado al producto si se utiliza en la fabricación de alimento integral para cerdos ya que por su desproporcionado aporte de aminoácidos esenciales de lisina y triptófano, se debe combinar con un producto rico en triptófano o de lo contrario se debe agregar triptófano cristalino lo cual incrementa el costo del alimento.

Es necesario tener el estudio; del contenido y la digestibilidad de los aminoácidos para determinar los beneficios del maíz QPM.

9. REFERENCIAS.

AOAC, Association of Official Analytical Chemists, 16th Ed. Official Methods of Analysis, 1995 Washington, DC.

Baker D. H., Ideal amino acid profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation. Fermex Technical Review-9. Nutri-Quest, Inc.1997.

Batterham E. S. The effect of frequency of feeding on the utilization of free lysine by growing pigs Br. J. Nutr. 1974, (3r): 237 – 242.

Burgoon K.G., Hansen J. A, Knabe D. A., Bockholt A. J. Nutritional value of quality protein maize for starter and finisher swine. J. Anim. Sci. 1992. (70): 811 – 817.

Cochran W. G., Cox G., Cuadros latinos incompletos capítulo 13: Experimental designs, editor John Wiley & Sons, Inc. 1965. sexta reimpression en español 1980.

Esen, A. A proposed nomenclature for the alcohol-soluble proteins (zeins) of maize (*Zea mays* L.). J. Cereal Sci. 1987, (5): 117 – 128.

Fairbairn S.L., Patience J. F., Classen H. L., Zijlstra R. T. The energy content of barley fed to growing pigs: Characterizing the nature of its variability and developing prediction equations for its estimation J. Anim. Sci. 1999 (77): 1502 – 1512.

Fan M. Z., Sauer W. C., Hardin R. T., Lien K. A. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs: effect of dietary amino acid level J. Anim. Sci. 1994 (72): 2851 – 2859.

Fan M. Z., Sauer W. C. Determination of Apparet Ileal Amino Acid Digestibility in Barley and Canola Meal for Pigs with the Direct, Difference, and Regression Methods. J Anim. Sci. 1995. (73): 2364 – 2374.

Fenton T.W., Fenton M. An improved procedure for determination of chromic oxide in feed and feces. Can. J. Anim. Sci. 1979; 59 – 63.

Food and Agriculture Organization (FAO) 1999 base de datos de alimentación por país: Food and Agriculture Organization (FAO) 2002. disponible:<http://www.fao.org> Accesado abril 23, 2002.

Habben J. E., Moro G. L., Hunter B. G., Larkins B. A. Elongation factor-1 α is highly correlated with the lysine content in maize endosperm. Proc. Natl Acad. Sci. USA 1995, (92): 8640 – 8644.

Habben J.E., G.L.Moro, B.G. Hunter, B. R . Hamaker, Larkins B.A. characterization of the proteins that define the nutritional quality of maize endosperm. Proceedings of the international symposium on quality protein maize 1994 December 1-3; Sete Lagoas, MG, Brazil. EMBRAPA/CNPMS, 1994: 121 – 132.

Habben, J. E., Kirleis, A. W., Larkins, B.A. The origin of lysine-containing proteins in opaque-2 maize endosperm. Plant Mol Biol 1993, (23): 825 – 838.

INRA., 1984. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles Institut National de la Recherche Agronomique. Paris France.

Larkins B.A., Dannenhoffer J.M., Bostwick D.E., Moro G.L., Lopes M. A. Opaque2 Modifiers: What They Are and How They Work. Proceedings of the international symposium on quality protein maize 1994. December 1-3; Sete Lagoas, MG, Brazil. EMBRAPA/CNPMS, 1994: 149 – 173.

Lee, K. H. Jones, R. A., Dalby, A., Tsai, C. Y. Genetic regulation of storage protein content in maize endosperm. Biochem. Genet. 1976, (14): 641 – 650.

Lending C. R. , Larkins B. A. Changes in the zein composition of protein bodies during maize endosperm development. Plant Cell 1989, (1): 1011 – 1023.

Lima G. J. M. M. Qualidade nutricional do milho: situacao actual e perspectivas. Simpósio sobre Manejo e Nutrição de aves e suínos.2000 outubro 18-19; Campinas, SP, Brasil EMBRAPA suínos e aves 2000: 153 – 170.

Lopes M. A., Larkins B. A. Genetic analysis of endosperm modification in quality protein maize. Proceedings of the international symposium on quality protein maize 1994. December 1-3; Sete Lagoas, MG, Brazil. EMBRAPA/CNPMS, 1994: 149 – 173.

Lopes M.A., Larkins B.A. Gamma – Zein Content Is Related to Endosperm Modification in Quality Protein Maize. Crop Science, 1991, (31):1655 – 1662.

Low , A.G. Digestibility and availability of amino acids from feedstuffs for pigs: A review. Livest. Prod. Sci. 1982. (9): 511– 520.

Manatt M. W., Garcia P. A. Nitrogen Balance: concepts and techniques. In Steven Nissen ed. Modern methods in protein nutrition and metabolism, Ames Iowa 1992: 9 – 65.

Mariscal, G. Facteurs de variation de L' utilisation digestive des acides aminés chez le porc. Tesis de Doctorado Universidad de Reunes Francia, 1992 :135

Mertz E. T., Bates, L.s., and Nelson, O.E. Mutant gene that changes the protein composition and increases the lysine content of maize endosperm. Science, 1964, (145): 279 – 289

Montgomery G. W., Flux D. S., Carr J. R. Feeding patterns in pigs: the effects of amino acid deficiency Physiology & Behavior, 1978, (20): 693 – 698.

Moro, G. L., Habben, J. E., Hamaker, B. R., Larkins, B. A. Characterization of the variability in lysine content for normal and opaque-2 maize endosperm. Crop Sci. 1996, (36): 1651 – 1659.

National Reserch Council. Nutrient Requirements of Swine. 1998 Tenth Edition. USA.

Paes M.C.D., Bicudo M.H, Nutritional perspectives of quality protein maize. Proceedings of the international symposium on quality protein maize 1994. December 1-3; Sete Lagoas, MG, Brazil. EMBRAPA/CNPMS, 1994: 65 – 78.

Paulis J. W., Peplinski A. J., Bietz J. A., Nelsen T. C., Bergquist R. R. Relation of kernel hardness and lysine to alcohol-soluble protein composition in quality protein maize hybrids J. Agric. Food Chem. 1993. (41): 2249 – 2253.

Reis T. C., Mariscal L. G., Mar B. B.. Canulación de cerdos postdestete para pruebas de digestibilidad ileal: desarrollo de una metodología. Téc. pec. en Méx. 2000, (38): 143 – 150.

SAS., 1999. SAS/STAT User's Guide. SAS Inst. Inc., Cary, N.C. USA.

Sauer W. C., Lange K. Novel methods for determining protein and amino acid digestive in feedstuffs. In Steven Nissen ed. Modern methods in protein nutrition and metabolism, Ames Iowa 1992: 87 – 120.

Serna Saldivar S. O., Rooney L. W. Quality protein maize processing and perspectives for industrial utilization. Proceedings of the international symposium

on quality protein maize 1994. December 1-3; Sete Lagoas, MG, Brazil. EMBRAPA/CNPMS, 1994: 89 – 120.

Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP) 2002 resumen del anuario agrícola por cultivo: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2002. Disponible:<http://www.sagarpa.gob.mx> Accesado abril 23, 2002.

Séve B., Henry Y. Protein utilization in non ruminants. 7th International Symposium Protein metabolism and nutrition; 1995 mayo 24-27; Vale de Santarém – Portugal : EAAP Publication no. 81 1996: 59 – 81.

Shotwell M. A., Larkins B. A., Biochemistry and molecular biology of seed storage proteins. In A. marcus, ed. The biochemistry of plants: a comprehensive treatise. Academic Press. San Diego, CA. 1989: 37 – 73.

Steel R. G. D., Torrie J.H., Bioestadística Principios y Procedimientos. Capitulo 9 análisis de la varianza II: clasificaciones multiples. Ed. Mc Graw Hill. 1985; 188 – 226.

Sullivan, j. S., D. A. Knabe, A. J. Bockholt, and E.J. Gregg. Nutritional value of quality protein maize and food corn for starter and growth pigs. J. Anim. Sci. 1989.(67):1285 – 1292.

Tejada H. I. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. Sistemas de educación continua en producción animal, A. C. México 1992.

Van Soest P. J., Robertson J. B., Lewis B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 1991. (74): 3583 – 3597.

Villegas E. factors limiting quality protein maize (QPM) development and utilization. Proceedings of the international symposium on quality protein maize. 1994. December 1-3; Sete Lagoas, MG, Brazil. EMBRAPA/CNPMS, 1994: 79 – 87.

Wallace J. C., Lopes M. A., Paiva E., Larkins B. A. New methods for extraction and quantitation of zeins reveal a high content of γ -zein in modified opaque-2 maize Plant Physiology 1990, (92): 191 – 196.

Watson,S.A., Ramstad, P. T. Structure and composition in: Corn: Chemistry and Technology, Am. Assoc. Cereal Chem. 1987: 53 – 82.

Zarkadas C. G., Yu Z., Hamilton R. I., Pattison P. L., Rosen. G. W. Comparison between the protein quality of northern adapted cultivars of common maize and quality protein maize J. Agric. Food Chem. 1995, (43): 84 – 93.

Zarkadas C. G., Hamilton R. I., Yu Z. R., Choi V. K., Khanizadeh S., Rosen G. W., and Pattison P. L., Assessment of the protein quality of 15 new northern adapted cultivars of quality protein maize using amino acid analysis J. Agric. Food Chem. 2000, (48): 5351 – 5361.