

**ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

***MAIZ ALTO EN ACEITE EN DIETAS PARA
CERDOS EN CRECIMIENTO Y ENGORDE***

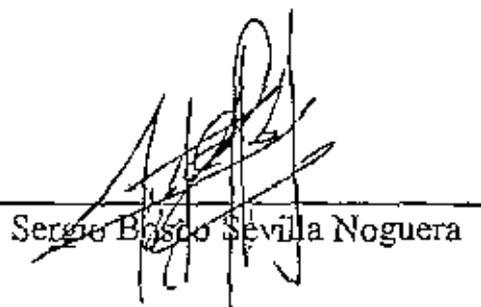
Tesis presentada como requisito parcial para optar al título
de Ingeniero Agrónomo en el grado
académico de licenciatura

POR

SERGIO BOSCO SEVILLA NOGUERA

Honduras, diciembre de 1995

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos del autor.



Sergio Bosco Sevilla Noguera

Zamorano, Honduras, diciembre de 1995.

DEDICATORIA

A DIOS: Por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios en esta institución.

A MIS PADRES: Yvonne Noguera de Sevilla y Bosco Sevilla Porta por ser unos padres ejemplares y comprensivos en todo momento.

A TODA MI FAMILIA: Por su apoyo y confianza depositada en mí.

A MI NOVIA: Bertha Villanueva por todo el amor, cariño y comprensión que me ha brindado.

AGRADECIMIENTOS

A Mis Padres, por la confianza depositada en mí, consejos, educación y apoyo incondicional brindado.

Al Sr. Mario Calderón, por su apoyo incondicional sin el cual no hubiera podido realizar mis estudios en esta institución.

Al Dr. Marco Esnaola, por la paciencia y apoyo prestado para la realización de este trabajo de tesis.

Al Dr. Abel Gernat y Dr. Antonio Flores, por el apoyo prestado para la realización de esta tesis.

Al Ing. Rogel Castillo, por su ayuda y consejos ofrecidos.

A la compañía PEAVEY por haberme proporcionado parte del financiamiento para realizar mis estudios.

A Mis compañeros de estudios, por su amistad y ayuda prestada cuando más la necesitaba.

Al Ingeniero Edgardo Varela por haberme ayudado con el análisis de los datos.

A los trabajadores de la Sección de Cerdos, Carlos y Giovanni por su ayuda prestada en la realización de los trabajos del estudio.

RESUMEN

Se evaluaron 4 dietas experimentales con el objetivo de probar la factibilidad técnica y económica de incluir maíz alto en aceite (MAA) en dietas de cerdos en crecimiento y engorde comparado con el maíz normal (maíz amarillo). Las dietas fueron proporcionadas a cerdos con un peso promedio inicial de 25 kg. y 75 días de edad. Los cerdos fueron divididos en 16 corrales de acuerdo al peso vivo y sexo (2 hembras y 2 machos por corral), los cuales fueron aleatoriamente asignados a los siguientes tratamientos: 1.-Maíz normal (MN) y harina de soya (HS); 2.-MAA y HS; 3.-MAA, HS y 250 ppm de cobre; 4.-MAA, salvado de trigo, melaza y HS. Las dietas se formularon isoprotéicas con 15% PC para la fase de crecimiento (25-50 kg.) y 13% PC para la fase de engorde (50-100 kg.). Los niveles de calcio y fósforo fueron iguales para los cuatro tratamientos. Las ganancias diarias de peso fueron de 688, 697, 728 y 654 g/d ($P=0.06$), el consumo de alimento fue de 2.37, 2.30, 2.37 y 2.34 kg/d ($P=0.37$) y la conversión alimenticia fue de 3.46, 3.34, 3.40 y 3.61 ($P=0.32$) para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente. El rendimiento de canal ($P=0.13$), área de lomo ($F_{0<1}$) y grasa dorsal ($P=0.23$) no fueron afectados significativamente. En la parte económica asumiendo un precio igual del MAA y el MN es mas económico engordar cerdos con MAA en su formulación que con MN. Se puede concluir que la inclusión de MAA en dietas de cerdos en crecimiento y engorde es una alternativa factible técnica y económicamente dependiendo del precio de este.

CONTENIDO

	Pag.
Portadilla.....	i
Derechos del autor.....	ii
Hoja de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
Contenido.....	vii
Indice de cuadros.....	viii
Indice de anexos.....	x
Indice de figuras.....	xii
I INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
Maíz.....	3
Maíz en la alimentación porcina.....	3
Historia del maíz alto en aceite.....	5
Valor nutricional del maíz alto en aceite...	5
Maíces mutantes.....	6
Opaco-2.....	6
Harinoso-2.....	7
Maíces cerosos.....	8
Melaza.....	9
Salvado de trigo.....	12
Sulfato de cobre.....	13
III. MATERIALES Y METODOS.....	15
Localización del estudio.....	15
Animales.....	15
Alojamiento.....	15
Tratamientos experimentales.....	15
Diseño experimental.....	16
Controles experimentales.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	18
Parámetros de comportamiento.....	18
Ganancia diaria de peso.....	18
Consumo de alimento.....	19
Conversión alimenticia.....	20
Características lineales de canal.....	21
Análisis de costos de alimentación.....	21
V. CONCLUSIONES.....	23
VI. BIBLIOGRAFIA.....	24
VII. ANEXOS.....	27

INDICE DE CUADROS

Cuadro -		Pag.
1	Composición química y nutricional del maíz normal y el maíz alto en aceite.....	3
2	Comportamiento de lechones destetados alimentados con el maíz Opaco-2 o maíz normal sin suplemento protéico.....	7
3	Porcentaje de amino ácidos en la proteína del grano de maíz normal y el Harinoso-2...	7
4	Comportamiento de cerdos en crecimiento alimentados con maíz Harinoso-2.....	8
5	Comportamiento de cerdos (12 kg. peso inicial) alimentados con diferentes tipos de maíz...	9
6	Composición química de la melaza en cañas cubanas.....	10
7	Comportamiento de cerdos destetados alimentados con miel rica.....	11
8	Comportamiento de cerdos en crecimiento alimentados con diferentes niveles de melaza.....	11
9	Promedio de lechones nacidos vivos, muertos y total en cerdas gestantes alimentadas con 0, 38 y 69% de melaza.....	12
10	Efecto de la sustitución del maíz por salvado de trigo en dietas para cerdos en las fases de inicio, crecimiento y engorde.	13
11	Comportamiento de cerdos alimentados con 250 ppm de cobre.....	14
12	Ganancias diarias de peso en gramos por día para las fases de crecimiento, engorde y total.....	18
13	Consumo de alimento en kilogramos por día para las fases de crecimiento, engorde y total.....	19

14	Conversión alimenticia para las fases de crecimiento, engorde y total.....	20
15	Características lineales de canal.....	21
16	Análisis diferencial de costos	22

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Pag.
1	Diets experimentales para la fase de crecimiento (25 a 50 kg.).....	28
2	Diets experimentales para la fase de engorde (50 a 100 kg.).....	29
3	Análisis de varianza para la variable ganancia diaria de peso en la fase de crecimiento.....	30
4	Análisis de varianza para la variable ganancia diaria de peso en la fase de engorde.....	30
5	Análisis de varianza para la variable ganancia diaria de peso en la fase total.....	30
6	Análisis de varianza para la variable consumo de alimento en la fase de crecimiento.....	31
7	Análisis de varianza para la variable consumo de alimento en la fase de engorde.....	31
8	Análisis de varianza para la variable consumo de alimento en la fase total.....	31
9	Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia en la fase de crecimiento.....	32
10	Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia en la fase de engorde.....	32
11	Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia en la fase total.....	32
12	Análisis de varianza para la variable rendimiento en canal.....	33

13	Análisis de varianza para la variable grasa dorsal.....	33
14	Análisis de varianza para la variable área de lomo.....	33

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pag.
1	Rendimiento y área cultivada de maíz en Centroamérica y U.S.A.....	4
2	Importaciones y exportaciones de maíz de Centroamérica y U.S.A.....	4

I.- INTRODUCCION

Actualmente la producción porcina ha alcanzado una gran importancia en la economía de muchos países y a nivel mundial el 40.3% de la carne total que se produce proviene de los cerdos (FAO, 1988). Este incremento en la demanda de la carne de cerdo ha llevado a intensificar los sistemas de producción porcina que actualmente se practican, para lograr así tener una mejor eficiencia de la producción, mejor satisfacción de la demanda y un mejor retorno económico.

Los cerdos como animales no rumiantes tienen altos requerimientos de energía, los cuales son satisfechos en su mayoría por el uso de cereales como lo son el maíz, sorgo y cebada entre otros. El maíz es la fuente de energía basal que mas se utiliza en la alimentación porcina debido a su alto contenido de almidón. Aparte de el almidón, los maíces corrientes tienen un contenido de aceite que va desde 3 a 4% dentro del cual una gran proporción son ácidos grasos no-saturados (ácidos grasos esenciales), (Cheeke, 1991).

Se han hecho esfuerzos de mejoramiento genético para incrementar el valor nutricional del maíz y dos ejemplos de ello son el maíz Opaco-2 y el Harinoso-2, los cuales originalmente fueron desarrollados para la alimentación humana pero se han utilizado en la alimentación animal. Estos son maíces mutantes con un mejor valor biológico que los maíces normales debido a los niveles mucho mas altos de lisina que contiene con respecto al maíz normal (Cheeke, 1991).

Otra alternativa para el mejoramiento genético ha sido la obtención de maíces altos en aceite el cual se inició en la Universidad de Illinois en 1896 y desde entonces se han llegado a reportar maíces con un contenido de aceite de hasta un 19% (Petzigrew, 1995).

Actualmente una compañía norteamericana (DuPont Agricultural Products), está desarrollando una serie de nuevas variedades de maíces altos en aceite y su potencial ha sido probado en la alimentación de aves con resultados satisfactorios. En cerdos la investigación relacionada con el potencial de estos maíces como una fuente de alto valor energético, ha sido escasa.

El presente estudio se planteó con el apoyo financiero de la compañía PEAVEY de los Estados Unidos la cual esta interesada en promover el uso del maíz alto en aceite que se utilizó en este estudio. El objetivo de este estudio fue probar la factibilidad técnica y económica que tiene el incluir este maíz en la dietas de cerdos en crecimiento y engorde y compararlo con el maíz convencional (maíz amarillo) que es el que los productores de cerdos utilizan normalmente.

II. REVISION DE LITERATURA

1.- Maíz

1.1.- Maíz en la alimentación porcina

El maíz es el cultivo de mayor importancia en la alimentación porcina de muchos países y es generalmente el ingrediente que aporta el mayor contenido energético para la dieta de los cerdos. El responsable de este alto contenido energético en el maíz es el almidón (Stein, 1994).

En el caso de los maíces normales, se tiene un contenido proteico que es de aproximadamente 8.5% y un contenido de aceite de 3.7% (Stein, 1994; NRC, 1988; Cheeke, 1991; Pond y Maner, 1984), (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química y nutricional del maíz normal y el maíz alto en aceite.

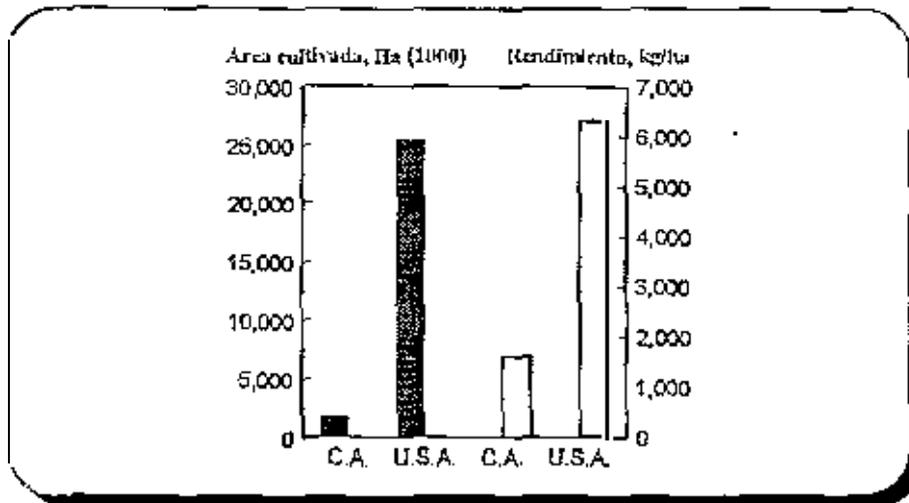
Nutriente	Cantidad	
	Maíz normal	Maíz alto en aceite
Materia seca (%)	88.00	89.14
Energía metabolizable (kcal/kg)	3,420	3,593
Proteína cruda (%)	8.5	9.33
Extracto etereo (%)	3.6	8.81
Fibra cruda (%)	2.3	1.85

Fuente: NRC, 1988.

Actualmente se cultivan grandes extensiones de maíz en Estados Unidos de la cuál gran parte se destina a la alimentación de cerdos y aves (Figura 1). Los países de Centroamérica en conjunto también cultivan el maíz pero fundamentalmente lo usan para la alimentación humana. Dado a que los rendimientos y superficie correspondiente son mucho menores a los de los Estados Unidos todos los países Centroamericanos deben realizar grandes importaciones de este

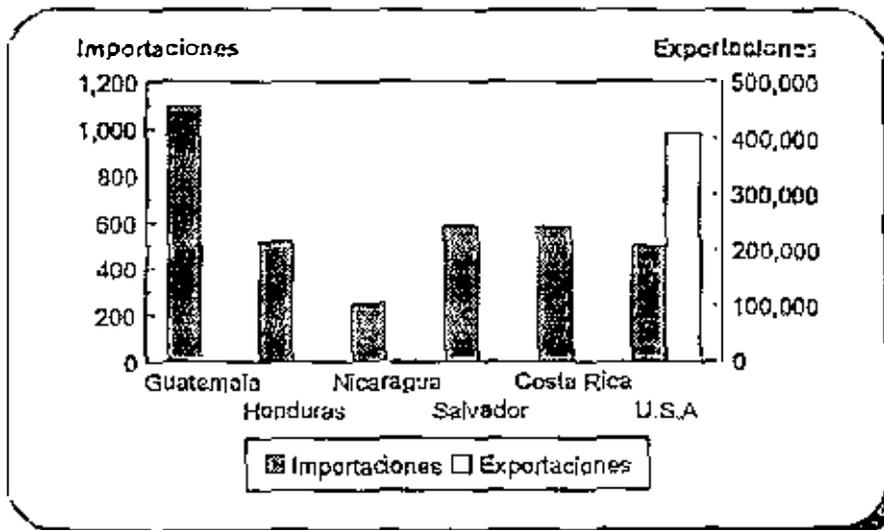
grano para poder suplir las necesidades de la población y de la alimentación animal (Figura 2). La producción de maíz de Estados Unidos es de 161,145 mil TM comparadas con las 3,076 mil TM de Centroamérica (FAO, 1993)

Figura 1. Rendimiento y área cultivada de maíz en Centroamérica y U.S.A.



Fuente: FAO, 1993.

Figura 2. Importaciones y exportaciones de maíz de Centroamérica y U.S.A.



Fuente: FAO, 1987.

1.2.-Historia del maíz alto en aceite

El mejoramiento genético del maíz alto en aceite fue iniciado en la Universidad de Illinois en 1896 por un señor de apellido Hopkins. Existe una amplia gama de líneas de maíces altos en grasa los cuales tienen un contenido de aceite que oscila normalmente entre 6-7%, aunque se han llegado a reportar algunos maíces que alcanzan hasta un 19%. Estas líneas han sido seleccionadas por el contenido de aceite por más de 82 generaciones, pero sus rendimientos agronómicos por hectárea solo alcanzan un 30% del rendimiento de los maíces híbridos normales. Por esta razón estas líneas a la fecha no han sido introducidas y no se cultivan comercialmente (Stein, 1994).

1.3.-Valor nutricional del maíz alto en aceite

Las variedades de maíz altos en aceite tienen un valor nutricional mayor que el maíz convencional. El incremento del contenido de aceite es causado por un aumento en el tamaño del germen del grano, lo que trae como consecuencia también un mayor contenido de proteína de estos maíces. Se ha determinado que por cada 1% de incremento en el contenido de aceite se aumenta en 0.38% el contenido de proteína en el grano de maíz (Petiggrew, 1995).

Muy poca es la información experimental del valor nutricional de este tipo de maíces para cerdos. Stein, (1994) comenta acerca de un estudio a principios de 1970 en el cual al someter cerdos desde 45 libras a 240 libras de peso a dos dietas, una con maíz normal y una con maíz alto en aceite no se pudo detectar diferencias significativas en cuanto a la velocidad de crecimiento pero se logró un incremento en la conversión alimenticia lo cual indica un mayor contenido de energía en el maíz alto en aceite. En adición a estos resultados el autor menciona que se encontró una mayor deposición de ácido linoléico en la canal de los cerdos alimentados con el maíz alto en aceite y que la grasa era mas suave.

En estudios realizados en la Universidad de Illinois se encontró que el valor de energía metabolizable (EM) del maíz normal era de 3269 kcal/kg, los maíces altos en aceite TC2, X122, TC1 (desarrollados por DuPont) tenían valores de EM 105.6, 101.7 y 103.8% comparados con el maíz normal (Carr y col., 1992). Esto significa que los cerdos pueden utilizar eficientemente el contenido extra de aceite en los maíces altos en aceite.

En contraste con esto en estudios realizados por Jensen (1980) citado por Stein (1994), encontró que al evaluar la porción aceitosa de los maíces había una mayor digestibilidad de la grasa de los maíces normales comparada con la de los maíces altos en aceite (75% vrs. 90%). Esto se concluyó que se debía a que las grasas en los maíces normales están libres y son fácilmente digeridas; mientras tanto las grasas de los maíces altos en aceite puede que estén unidas a estructuras de fibra, lo cual hace mas difícil el trabajo de las enzimas para poder alcanzarlas y digerirlas. A pesar de esto el investigador encontró que el valor de energía del maíz alto en aceite era mayor que el del maíz normal.

1.4.- Maíces mutantes

1.4.1.- Opaco-2

Este tipo de maíz es un mutante el cual es probablemente el de mayor significancia potencial en la nutrición humana (Cheeke, 1991). Sin embargo no es sino hasta 1963 que los doctores Mertz y Nelson determinaron que este mutante contenía mucha mas lisina que los maíces normales (Mertz, 1963; Mertz, 1968 citado por Pond y Maner, 1984). Estudios subsecuentes demostraron que el endospermo del Opaco-2 contenía el doble de lisina y triptófano, 50% mas arginina, ácido aspártico y glicina y 30% menos alanina y leucina que las otras líneas isogénicas que no contenían el gene mutante Opaco-2 (Lloyd y Mertz, 1958 citado por Pond y Maner, 1984). El valor del Opaco-2 para los cerdos depende de la suplementación adecuada de amino ácidos para cubrir los requerimientos de animales de diferentes edades y cumpliendo diferentes funciones. En estudios realizados con cerdos en las etapas de inicio en la Universidad de Purdue se encontró que los cerdos alimentados con una dieta la cual solo contenía maíz Opaco-2 y aditivos versus una que solo contenía maíz normal y aditivos en su formulación crecían 3.6 veces mas rápido (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comportamiento de lechones destetados alimentados con Opaco-2 o maíz normal sin suplemento protéico.

Críterio	Maíz normal	Opaco-2
Proteína cruda	8.6	11.6
Peso inicial	14	13.8
Ganancia diaria de peso, g	120	430
Consumo diario de alimento, kg	0.82	1.41
Conversión alimenticia	6.88	3.32

Fuente: Adaptado de Beeson y col., 1966 citado por Pond y Maner, 1984.

En estudios realizados en la universidad de South Dakota utilizando diferentes fuentes de maíces como el Opaco-2, ceros y maíz normal no se encontraron diferencias significativas en ganancias diaria de peso cuando se utilizaron dietas con 18% de proteína en dietas de cerdos de 9.2 kg. de peso inicial (Robbins y col., 1976).

1.4.2.- Harinoso-2

Un segundo gene mutante que afecta el patrón de amino ácidos de el endospermo se encuentra en el maíz Harinoso-2 (Nelson y col., 1965 citado por Pond y Maner, 1984). El mismo autor menciona que este gene incrementa la lisina, triptófano, arginina y ácido aspártico así como también hay un incremento en el contenido de metionina (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de amino ácidos en la proteína del grano del maíz normal y el Harinoso-2.

Amino ácido	Endospermo	
	Normal	Harinoso-2
Lisina	1.6	3.3
Leucina	18.8	13.3
Metionina	2	3.2
Arginina	3.4	4.5
Acido aspártico	7	9

Fuente: Pond y Maner, 1984.

En estudios realizados con cerdos, pollos y ratas se ha encontrado que en dietas formuladas con maíz Harinoso-2 los animales tienen mejor comportamiento que con el maíz normal pero la respuesta no supera la del maíz Opaco-2 (Maner y col., 1971), (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comportamiento de cerdos en crecimiento alimentados con maíz Harinoso-2

Criterio	Maíz normal	Opaco-2	Harinoso-2
Porcentaje de proteína	9.6	9.4	9.9
Ganancia diaria de peso, g	91	310	91
Conversión alimenticia	8.94	3.32	6.63

Fuente: Adaptado de Maner y col., 1971.

También se han probado cruces híbridos entre el maíz Harinoso-2 y el Opaco-2 obteniéndose respuestas que se encuentran en la mitad de lo observado con puro Opaco-2 o con puro Harinoso-2 (Pond y Maner, 1984).

1.4.3. - Maíces cerosos

Este tipo de maíz tiene un endospermo ceroso el cual su fracción almidonosa consiste en 98.2% amilopectina en comparación con el maíz normal el cual tiene un contenido de amilopectina que es de 75% (Bates y col., 1943 citado por Pond y Maner, 1984). Este tipo de maíz ha sido probado por varios investigadores no encontrándose diferencias en cuanto a respuesta por parte de los cerdos comparada con la respuesta obtenida con el maíz normal (Pond y Maner, 1984). En experimentos realizados con cerdos destetados utilizando este tipo de maíz comparado con el maíz normal en dietas con 18% de proteína no se encontró diferencia en cuanto a ganancia diaria de peso así como tampoco se encontró diferencia en la eficiencia de conversión alimenticia (Robbins y col., 1976).

En estudios realizados con 6 tipos de maíces diferentes incluyendo el maíz ceroso no se encontraron diferencias en cuanto a ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia

de conversión cuando estos eran suministrados a cerdos de 12 kg. de peso inicial (Rosa y col., 1977), (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comportamiento de cerdos (12 kg. peso inicial) alimentados con diferentes tipos de maíz.

Tipo de maíz	Ganancia diaria de peso, g	Consumo de alimento, kg	Conversión
Normal	526	1.27	2.46
Ceroso	529	1.23	2.33
Azucarado-2	531	1.22	2.27

Fuente: Adaptado de Rosa y col., 1977

2.- Melaza

La melaza es una fuente energética alternativa cuyo uso en la alimentación de cerdos en las regiones tropicales y subtropicales puede ser económica y factible (Pond y Maner, 1984). La melaza tiene un contenido de agua que es de aproximadamente 20% lo cual favorece su almacenaje por largos tiempos para alimentación animal (Figueroa y Ly, 1990), (Cuadro 6). Las azúcares presentes en la melaza son de alta digestibilidad para los cerdos excepto en los primeros 21-30 días de edad en los cuales la enzima sacarasa no está presente en el cerdo. La melaza tienen un contenido de nitrógeno bajo (0.50-0.56%), del cual solamente 38-50% son amino ácidos y el resto son compuestos nitrogenados tales como amonio, ácido nítrico, amidas y albuminoides (Obando y col., 1969; Le Dividich y col., 1978 citados por Pond y Maner, 1984). De los amino ácidos presentes en la melaza la mayoría son amino ácidos no esenciales tales como el aspartato y el ácido glutámico (Pond y Maner, 1984).

Cuadro 6. Composición química de la melaza en cañas cubanas.

Característica (%)	Valor mínimo	Valor máximo	Valor promedio
Materia seca	70.05	91.3	84.1
Nitrógeno	0.22	0.98	0.51
Cenizas	6.1	15	9.57
Azúcares totales	48	70.8	60.4
Sacarosa	24.3	42.3	35.5

Fuente: Figueroa y Ly, 1990.

En dietas convencionales la melaza puede ser utilizada a niveles tan altos como 20-25% a pesar de su efecto laxativo en los cerdos, sin embargo normalmente no se usan niveles por arriba de 10% de melaza en la ración por los problemas de mezclado y dificultad de administración cuando se usan comederos automáticos (Pond y Maner, 1984). La baja concentración energética de la melaza en comparación con la de los cereales hace que los cerdos aumenten el consumo voluntario de la dieta con una influencia adversa en la conversión alimenticia (Figueroa y Ly, 1990). El uso de melaza en las dietas para cerdos reduce el contenido de energía y proteína a menos que se hagan algunos ajustes a la formulación (Patience y Thacker, 1989). Se ha señalado que cuando se sobrepasa de 20-30% la inclusión de melaza en la materia seca de las raciones sustituyendo a los cereales, se produce una alteración negativa en el comportamiento animal en términos de ganancia diaria y conversión alimenticia de la materia seca, originándose diarreas fisiológicas (Figueroa y Ly, 1990).

En el Cuadro 7 se muestra los resultados obtenidos al proporcionar diferentes niveles de miel rica (miel con contenido alto de azúcares) a cerdos en la etapa de inicio, en los cuales no se notó diferencia al ir incrementando los niveles de sustitución de maíz por miel rica.

Cuadro 7. Comportamiento de cerdos destetados alimentados con miel rica.

	Niveles de sustitución de maíz por miel rica		
	0	33	66
Ganancia diaria de peso, g	396	393	385
Consumo (kg MS)	0.93	0.92	0.93
Conversión	2.38	2.38	2.44

Fuente: Adaptado de Figueroa y Ly, 1990.

En experimentos realizados por Babatunde y col., (1975) bajo condiciones tropicales con una dieta basal de maíz y 5 niveles de melaza (0, 10, 20, 30, 40%) se encontró que los cerdos con 10 y 20% de melaza ganaban peso mas rápido que los cerdos con 0% de melaza, mientras que los cerdos con 30 y 40% de melaza ganaban significativamente menos peso que los de la dieta de 10% de melaza. El consumo de alimento, en base a materia seca, no fue afectado por el nivel de melaza mientras que la eficiencia de conversión alimenticia si fue afectada por el nivel de melaza en la dieta (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comportamiento de cerdos en crecimiento alimentados con diferentes niveles de melaza.

Característica	Tratamientos				
	0%	10%	20%	30%	40%
Peso inicial, kg	16.7	17.1	17.3	17.3	17.3
Peso final, kg	63.2	65	65.6	64.6	65.1
Ganancia diaria de peso, g	620 ^A	710 ^B	690 ^B	660 ^{AB}	660 ^{AB}
Consumo diario, kg	2.1	2.21	2.22	2.16	2.28
Materia seca consumida/kg de peso ganado	2.80 ^{AB}	2.63 ^A	2.64 ^A	2.58 ^A	2.95 ^B

*Valores con la misma letra no difieren estadísticamente

Fuente: Babatunde y col., 1975.

En estudios realizados en el Zamorano con cerdas gestantes alimentadas con niveles de hasta 69% de melaza, no se encontraron diferencias significativas en cuanto al número de lechones nacidos vivos, muertos y el total de lechones por camada (Checo, 1992), (Cuadro 9).

Cuadro 9. Promedio de lechones nacidos vivos, muertos y total en cerdas gestantes alimentadas con 0, 38 y 69% de melaza.

Parámetro	Tratamientos (nivel de melaza)		
	0%	38%	69%
Promedio total de lechones nacidos.	11.7	11.2	12.6
Promedio de lechones nacidos vivos por camada.	10.9	10.4	11.6
Promedio de lechones nacidos muertos por camada.	0.8	0.8	0.89

Fuente: Checo, 1992.

Diferencias no significativas ($P > 0.05$)

3.- Salvado de Trigo

El salvado de trigo es un ingrediente utilizado en la alimentación porcina, que tiene una alta palatabilidad al mismo tiempo de tener un efecto laxativo. Su balance de amino ácidos es superior que el del trigo entero (Nehring y col., 1970 citado por Pond y Maner, 1984). Tiene un contenido relativamente alto en fósforo (0.89%) pero bajo en calcio (0.13%), (NRC, 1988). Su contenido de fibra no sobrepasa el 9.5% (Erickson y col., 1985). La mayoría de los nutrientes y una gran parte de la energía metabolizable potencial se encuentra en la capa de aleurona. El cerdo es capaz de romper completamente esta capa de aleurona incluyendo las paredes celulares y así hacer uso de los nutrientes aunque una porción de los carbohidratos y aproximadamente un 10% de la proteína no son absorbidos y aparecen en las heces (Saunders y col., 1974). Cuando existen problemas de constipación se puede agregar entre un 5-15% de salvado de trigo a la dieta para evitar este tipo de problemas (Patience y Thacker, 1989).

En estudios realizados con cerdos en las etapas de inicio, crecimiento y engorde con niveles de 0, 10, 20 y 30% de reemplazo de maíz por salvado de trigo se pudo observar en la fase de inicio que se disminuían las ganancias de peso conforme incrementaban los niveles de salvado en la dieta,

con lo cual se tuvo un descenso en la conversión alimenticia. Contrario a esto los cerdos en la fase de crecimiento que recibieron los tratamientos con 10 y 30% de sustitución de maíz por salvado de trigo tendieron a ganar peso más rápido que los alimentados con la dieta control. En los cerdos en la fase de engorde se requirió más alimento para producir una unidad de incremento en ganancia de peso (Erickson y col., 1985), (Cuadro 10).

Cuadro 10. Efecto de la sustitución del maíz por salvado de trigo en dietas para cerdos en las fases de inicio, crecimiento y engorde.

Parámetro	Porcentaje de sustitución del maíz por salvado de trigo			
	0	10	20	30
Ganancia diaria de peso, g				
Inicio ^a	470	450	440	440
Crecimiento	590	660	700	650
Engorde	830	800	810	820
Consumo diario de alimento, kg				
Inicio ^a	0.86	0.96	0.93	0.97
Crecimiento ^a	1.82	1.82	1.85	1.89
Engorde ^a	2.45	2.54	2.52	2.8
Conversión alimenticia				
Inicio ^a	1.83	2.02	2.11	2.21
Crecimiento	3.1	2.78	2.66	2.96
Engorde ^a	2.96	3.2	3.12	3.43

^a Efecto lineal del nivel de salvado de trigo
Fuente: Adaptado de Erickson y col., 1985.

4.- Sulfato de cobre

El sulfato de cobre es un desinfectante popular utilizado para el tratamiento de animales con problemas de infecciones en las patas los cuales son pasados por una solución de agua con sulfato de cobre (Patience y Thacker, 1989). Los requerimientos de cobre por parte de los cerdos son bajos (5-10 ppm) por lo que es muy raro encontrarse con una

dieta deficiente en este elemento. El cobre tiene varias funciones entre las cuales se puede mencionar la de hematopoyesis, forma parte de varias enzimas, formación de huesos entre otras (Braude, 1965). La investigación con cobre se comenzó a raíz de una observación de el Doctor Braude el cual pudo detectar un comportamiento peculiar de los cerdos en una nueva chanchera (Braude, 1965). Estos cerdos comenzaban a chupar unas bases de cobre que habían quedado salidas en las instalaciones. A raíz de esto se inicio un experimento en el cual se les puso diferentes metales a los cerdos para ver cual de los metales optaban por chupar y se observó que los cerdos tendían a consumir el metal que contenía cobre (Braude, 1965).

Desde entonces se ha investigado mucho sobre el efecto que tiene este elemento en las dietas de cerdos de engorde (Crowwell, 1991; Yen y Pond, 1993; Yen y Nienaber, 1993; Dove y Haydon., 1992). Braude y col., (1972) alimentando cerdos con 250 ppm de cobre encontró que se incrementaban las ganancias diarias de peso así como también se mejoraba la conversión alimenticia (Cuadro 11).

Cuadro 11. Comportamiento de cerdos alimentados con 250 ppm de cobre.

Parámetro	sin cobre	250 ppm de cobre
Ganancia diaria de peso, g	703	730
Conversión alimenticia	3.2	3.07

Fuente: Adaptado de Braude y col., 1972

Yen y Nienaber, (1993) usaron sulfato de cobre a razón de 250 ppm en dietas de cerdos en inicio y no encontraron diferencias significativas en cuanto a ganancia diaria de peso. En contraste con esto Yen y Pond, (1993) encontraron diferencias significativas durante los primeros 28 días de experimento a favor del tratamiento que contenía sulfato de cobre, pero al analizar el período experimental completo no se encontraron diferencias significativas; tampoco se encontraron diferencias en cuanto a consumo de alimento y conversión alimenticia.

El modo de acción de el cobre en los cerdos no está muy bien identificado, pero se cree que puede deberse a un efecto bactericida a nivel del intestino (Miller, 1991 citado por Yen y Nienaber, 1993).

III.- MATERIALES Y METODOS

1.- Localización del estudio.

El experimento fue llevado a cabo en la Unidad de Producción Porcina del Departamento de Zootecnia de El Zamorano, ubicado a 37 km. de Tegucigalpa, Honduras. La temperatura promedio de la zona oscila entre 23 y 24°C, con una precipitación anual promedio de 1375 mm, distribuidos en los meses de Junio a Diciembre y con una altitud de 800 msnm.

2.- Animales

Se utilizaron 64 cerdos híbridos comerciales de la raza Duroc x Landrace x Yorkshire y cruces con verracos PIC, con un peso inicial promedio de 27 kg. Los cerdos fueron distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos de 16 cerdos cada uno. Cada grupo fue dividido en 4 lotes homogéneos de 4 animales cada uno de acuerdo al peso y sexo (2 hembras y 2 machos).

3.- Alojamiento

Los animales fueron repartidos en corrales de piso con un área de 12 m², los cuales estaban provistos de comederos de tolva y bebederos automáticos de tipo tazón.

4.- Tratamientos experimentales

Se utilizaron 4 dietas experimentales, las cuales consistían en el uso de maíz alto en aceite en diferentes proporciones y un tratamiento control con el maíz convencional.

Tratamiento I	Dieta control con maíz convencional y harina de soya
Tratamiento II	Dieta con maíz alto en aceite y harina de soya
Tratamiento III	Dieta con maíz alto en aceite, harina de soya y sulfato de cobre (250 ppm).
Tratamiento IV	Dieta con maíz alto en aceite, melaza, salvado de trigo y harina de soya

Las dietas fueron formuladas isoprotéicas con 15 % de proteína cruda para la fase de crecimiento y 13% para la fase de engorde. La composición de las dietas utilizadas y sus valores nutricionales se presentan en el Anexo 1 y 2. Las dietas fueron formuladas en base a los requerimientos del NRC(1988) para cerdos en crecimiento y engorde.

5.- Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) el cuál estaba compuesto por cuatro tratamientos. Se utilizaron 64 animales los cuales fueron distribuidos al azar en 16 corrales experimentales(4 animales por corral). Se realizaron cuatro repeticiones para cada tratamiento cada una con cuatro animales por tratamiento, los cuales eran 2 hembras y 2 machos castrados. Los datos fueron analizados con el programa de análisis estadísticos MSTAT por medio de análisis de varianza y covarianza.

6.- Controles experimentales

6.1.- Consumo de alimento

El alimento fue ofrecido diariamente Ad-libitum, pesándose las cantidades suministradas. El consumo de alimento por cerdo fue obtenido de la diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado al final de cada período experimental de 14 días.

6.2.- Ganancia diaria de peso

Todos los animales de cada corral fueron pesados individualmente cada catorce días por las mañanas.

6.3.- Conversión alimenticia

Esta fue calculada en base a las ganancias de peso obtenidas para las fases de crecimiento, engorde y total con respecto a la cantidad de alimento consumido durante ese mismo período.

6.4.- Características de canal

Los animales fueron sacrificados con un peso final promedio de 100 kg., y las canales fueron evaluadas para las siguientes características lineales:

1.- Grasa dorsal: tomada como promedio de tres mediciones: última vértebra lumbar, primera costilla y última costilla.

2.- Área de lomo: tomada a la altura de la décima costilla.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

1.- Parámetros de comportamiento

Los resultados fueron evaluados en tres fases para cada tratamiento las cuales son: fase de crecimiento(25 a 50 kg.), fase de engorde(50 a 100 kg.) y fase total(25 a 100 kg.).

1.1- Ganancias diarias de peso.

Se observo que las ganancias diarias de peso para la fase de crecimiento y engorde no fueron diferentes, lo cual se pudo deber a que los cerdos no pueden utilizar el aceite extra de este maíz ya que segun Carr, (1992) este aceite podría estar encapsulado en estructuras que impiden su aprovechamiento. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Gipp y col., (1973) en los cuales no se encontraron diferencias en ganancia diaria de peso cuando se les agregaba cobre a dietas de cerdos de 25-55 kg.

Cuadro 12. Ganancias diarias de peso en gramos por día para las fases de crecimiento, engorde y total.

Fase	Tratamiento				P	C.V.%
	Maíz normal	MAA	MAA+ Cobre 250 ppm	MAA+ Salvado de trigo + melaza		
Crecimiento	631	651	686	584	0.09	17.75
Engorde	732	740	754	687	0.29	14.12
Total	688	697	728	654	0.06	11.06
Ganancia relativa †	100	101.3	105.8	95.1		

C.V.= Coeficiente de variación
MAA= maíz alto en aceite.

El tratamiento que presentó las menores ganancias de peso en la fase de engorde (654 g/d) fue el tratamiento 4 lo cual puede indicar un efecto negativo de la adición de melaza y salvado de trigo debido a su efecto laxativo de estos dos ingredientes.

Para la fase total tampoco se observaron diferencias significativas. Estos resultados con respecto al maíz alto en aceite concuerdan con los reportados por Orban y Adeola, (1994), en los cuales se obtuvieron solamente mejoras numéricas (3 a 9%), cuando se les proporcionaba a cerdos de 19 kg. de peso vivo inicial una dieta con maíz alto en aceite versus un tratamiento control. El tratamiento que presentó las mejores ganancias de peso fue el 3 (728 g/d) lo que puede indicar que hubo una tendencia del sulfato de cobre a mejorar la ganancia diaria de peso ($P=0.06$). Estos resultados concuerdan con los de Yen y Pond, (1993) en los cuales no se pudieron detectar diferencias significativas en ganancias de peso cuando se les agregaba cobre a las dietas de cerdos destetados. En contraste Dove y Haydon, (1992) encontraron una interacción entre la fuente de grasa y la adición de cobre cuando se les proporcionaba a cerdos de 6.8 kg. de peso inicial.

1.2.- Consumo de alimento

Cuadro 13. Consumo de alimento en kilogramos por día para las fases de crecimiento, engorde y total.

Fase	Tratamiento				P	C.V.%
	Maíz normal	MAA	MAA+ Cobre 250 ppm	MAA+ Salvado de trigo + melaza		
Crecimiento	1.8	1.75	1.88	1.81	0.65	8.06
Engorde	2.72	2.72	2.72	2.65	0.97	9.01
Total	2.37	2.3	2.37	2.34	0.37	7.12

C.V.= Coeficiente de variación.

MAA= maíz alto en aceite.

No se pudieron detectar diferencias en ninguna de las tres fases, esto se pudo deber a que los cerdos al no poder utilizar el contenido extra de aceite éste salía por las heces y el cerdo consumía la misma cantidad de alimento para satisfacer sus necesidades de mantenimiento y producción. Estos resultados concuerdan con los reportados por Orban y Adeola, (1994) quienes obtuvieron consumos de 1.75 kg/d para el tratamiento con maíz normal y 1.74 kg/d para el tratamiento con maíz alto en aceite. Nordstrom y col., (1972) no encontró tampoco diferencias cuando se alimentaron cerdos en crecimiento y engorde con maíz alto en aceite versus el maíz normal obteniendo consumos de 2.27 kg/d para los cerdos alimentados con el maíz alto en aceite y 2.61 para los alimentados con maíz normal.

1.3.- Conversión alimenticia

No se detectaron diferencias significativas para ninguna de las tres fases, lo cual es producto de que el cerdo por no poder usar el contenido extra de aceite, no mejoró la utilización del alimento consumido para utilizarlo en crecer. Estos resultados no concuerdan con los de Nordstrom y col., (1972) en los cuales se encontró diferencias al proporcionar una dieta con maíz alto en aceite versus una con maíz normal.

Cuadro 14. Conversión alimenticia para las fases de crecimiento, engorde y total

Fase	Tratamiento				P	C.V. %
	Maíz normal	MAA	MAA+ Cobre 250 ppm	MAA+ Salvado de trigo + melaza		
Crecimiento	2.86	2.73	2.91	3.1	0.48	11.05
Engorde	3.73	3.76	3.75	3.9	0.64	5.33
Total	3.46	3.34	3.4	3.61	0.32	5.89

C.V.=Coeficiente de variación.

MAA= maíz alto en aceite

2.- Características lineales de canal

Cuadro 15. Características lineales de canal.

	Tratamiento			Probab.	C.V. %	
	Maíz normal	MAA	MAA+ Cobre 250 ppm			MAA+ Salvado de trigo + melaza
Rendimiento (%)	73.14	74.61	73.36	73.51	0.13	2.52
Grasa dorsal (cm)	3.5	3.45	3.25	3.23	0.23	11.49
Area de Lomo (cm ²)	38.72	39.2	39.33	38.41	Fo<1	16.22

C.V. = Coeficiente de variación.

MAA = maíz alto en aceite.

No se encontraron diferencias significativas para las variables rendimiento de canal (canal caliente), grasa dorsal y area de lomo. Estos resultados concuerdan con los de Norsdtrom y col., (1972) en los cuales no se encontró diferencias en ancho de grasa dorsal y área de lomo cuando se comparó cerdos alimentados con maíz normal versus maíz alto en aceite.

3.- Análisis de costos de alimentación.

Se tomaron en cuenta dos escenarios para el análisis en los cuales se asumió que el precio del maíz alto en aceite era igual y 10% mas caro que el maíz normal. El análisis se presenta en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Análisis diferencial de costos.

Parámetro	Maíz normal	MAA		MAA+ 250 ppm de cobre		MAA+ Salvado de trigo+ melaza	
Peso ganado, (kg)	72.07	73.31		71.34		73.35	
Precio del MAA	0%	0%	10%	0%	10%	0%	10%
Costo del concentrado de crecimiento (L/kg)	2.09	2.04	2.18	2.06	2.19	1.86	1.97
Costo del concentrado de engorde (L/kg)	2	1.95	2.09	1.95	2.09	1.81	1.93
Costo del alimento*	502.9	490.4	534.9	490.1	523.9	489.4	520.9
Costo alimento por kilo ganado*	6.98	6.8	7.3	6.87	7.34	6.67	7.1

*Costo dado en Lempiras
MAA= maíz alto en aceite.

El análisis de costos de alimentación nos indica que es más barato engordar cerdos con el maíz normal que incluir el maíz alto en aceite en dietas de cerdos en crecimiento y engorde para el caso de que el maíz alto en aceite costara 10% más. Contrario a esto sería más económico engordar cerdos con los tratamientos que tienen maíz alto en aceite, si el maíz alto en aceite costara igual que el maíz normal.

V.- CONCLUSIONES

La sustitución del maíz normal por el maíz alto en aceite en dietas para cerdos en crecimiento y engorde no tuvo efecto significativo ($P > 0.05$) en las ganancias diarias de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Esto puede indicar que los cerdos no son capaces de aprovechar eficientemente la fuente de energía extra proporcionada como grasa del maíz alto en aceite.

Las características lineales de canal no fueron afectadas por las diferentes dietas proporcionadas.

El uso de fuentes energéticas como los son la melaza y el salvado de trigo no afectaron las ganancias diarias de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, lo cual puede ser una opción para usar en dietas para cerdos en crecimiento y engorde, formuladas con maíz alto en aceite.

Asumiendo un 10% de incremento en el precio del maíz alto en aceite; es más económico engordar cerdos con dietas a base de maíz normal que con maíz alto en aceite debido a que los costos resultantes son más altos no solo por quintal de alimento sino que por kilo de cerdo ganado.

VI. BIBLIOGRAFIA

- BABATUNDE, G.M.; FETUGA, B.L.; OYENUGA, V.A. 1975. Effects of feeding graded levels of cane mollasses on the performance and carcass characteristics and organ weights of Yorkshire pigs in tropical environment. J.Anim.Sci. 40(4):632-639.
- BRAUDE, R. 1965. Copper as a growth stimulant in pigs (cuprum pro pecunia). National Institute for Research in Dairying, University of Reading. Inglaterra. 12 p.
- BRAUDE, R.; MITCHELL, K.G.; PITTMAN, R.J. 1972. Feed additive augments response to copper. National Institute for Research in dairying, Shinfield, Reading. Inglaterra. Paper No. 3733.
- CARR, S.N. 1992. Energy metabolism and amino acid digestion by growing-finishing pigs fed various high-oil corn lines. Thesis. Illinois University Urbana, Illinois. 62 p.
- CHECO, T.E. 1992. Utilización de altos niveles de melaza en forma de aguamiel en la alimentación de cerdas gestantes. Tesis Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 52 p.
- CHEEKE, P.R. 1991. Applied animal nutrition. Feeds and feeding. Macmillan Publishing Company. U.S.A. 504 p.
- CROMWELL, T.S.; STAHLY, T.S. Y MONEGUE, H.J. 1989. Effects of source and level of copper on performance and liver copper stores in weanling pigs. J.Anim.Sci. 67(11):2996-3002.
- DOVE, C.R.; HAYDON, K.D. 1992. The effect of copper and fat addition to the diets of weanling swine on growth performance and serum fatty acids. J.Anim.Sci. 70(3):805-810.
- ERICKSON, J.P.; MILLER, E.R.; KU, P.K.; COLLINGS, G.F.; BLACK, J.R. 1985. Wheat middlings as a source of energy, amino acids, phosphorus and pellet binding quality for swine diets. J.Anim.Sci. 60(4):1012-1020.

- FAO. 1987. Anuario de comercio. Roma, Italia. Vol.41. 380 p.
- FAO. 1993. Anuario de producción. Roma, Italia. Vol. 47. 244 p.
- FAO. 1988. Anuario de producción. Roma, Italia. Vol. 42. 350 p.
- FIGUEROA, V.; LY, J. 1990. Alimentación porcina no convencional. GEPLACEA. México, D.F. 215 p.
- GIPP, W.F.; POND, W.G.; WALKER, E.F. 1973. Influence of diet composition and mode of copper administration on the response of growing-finishing swine to supplemental copper. J.Anim.Sci. 36(1):91-99.
- MANER, J.H.; POND, W.G.; GALLO, J.T.; HENAO, A.; PORTELA, R. 1971. Performance of rats and swine fed colombian Floury-2, colombian Opaque-2 or normal corn. J.Anim.Sci. 33(4):791-796.
- NRC, 1988. Nutrient requirements of swine. Ninth Edition. National Academy Press. Washington, D.C. 93 p.
- NORSDESTROM, J.W.; BEHREND, B.R.; MEADE, R.J.; THOMPSON, E.H. 1972. Effects of feeding high oil corns to growing-finishing swine. J.Anim.Sci. 35(2):357-361.
- OREAN, J.I.; ADEOLA, O. 1994. Metabolizable energy in high oil corn and subsequent growth response when fed to growing pigs. J.Anim.Sci. (Suppl). 72:98.
- PATIENCE, J.F.; THACKER, P.A. 1989. Swine nutrition guide. Prairie Swine Centre. University of Saskatchewan, Canada. 260 p.
- PETTIGREW, J. 1995. Información de maíz alto en aceite. Comunicación Personal.
- POND, W.G.; MANER, J.H. 1984. Swine production and nutrition. The AVI publishing company. Westport, Connecticut. 731 p.
- ROBBINS, S.L.; LIBAL, G.W.; WAHLSTROM, R.C. 1976. Cereal grains in pig starter diets. J.Anim.Sci. 42(5):1353.
- ROSA, J.G.; FORSYTH, D.M.; GLOVER, D.V.; CLINE, T.R. 1977. Normal, Opaque-2, Waxy, Waxy Opaque-2, Sugary-2 and Sugary-2 Opaque-2 corn (*Zea mays* L.) endosperm types for rats and pigs. Studies on energy utilization. J.Anim.Sci. 44(6):1011-1020.

- SACHTLEBEN, S.S.; MILLER, E.R.; HENDERSON, H.E. 1975. Waxy, high lysine and normal corn for swine (Abstract). J.Anim.Sci. 41:328.
- SAUNDERS, R.M.; CONNOR, M.A.; KOHLER, O.G. 1974. Digestion of wheat bran by calves and pigs. J.Anim.Sci. 38(6):1272-1275.
- STEIN, .H. 1994. Nutritional value of high-oil corn. College of Agriculture, Illinois, U.S.A. No. 112.
- YEN, J.T.; NIENABER, J.A. 1993. Effects of high copper feeding on portal ammonia absorption and on oxygen consumption by portal vein-drained organs and by the whole animal in growing pigs. J.Anim.Sci. 71(8):2157-2163.
- YEN, J.T.; POND, W.G. 1993. Effects of carbadox, copper, or Yucca schidigera extract on growth performance and visceral weight of young pigs. J.Anim.Sci. 71(8):2140-2146.

VII. - ANEXOS

ANEXO #1
Dietas experimentales para la fase
de crecimiento (25 a 50 kg.).

T R A T A M I E N T O S

	1	2	3	4
INGREDIENTES				
Maíz amarillo	77.35	--	--	--
Maíz alto en aceite	--	80.60	80.50	62.70
Salvado de trigo	--	--	--	14.90
Melaza	--	--	--	5.00
Harina de soya	19.00	15.70	15.60	13.90
Sal	0.50	0.50	0.50	0.50
Biofos	0.69	0.72	0.68	0.56
Carbonato de Ca	2.14	2.18	1.99	2.14
Vitamelk cerdos	0.28	0.28	0.28	0.28
Lisina HCl	--	0.04	0.04	0.03
Sulfato de cobre	--	--	0.10	--
COMPOSICION				
Proteína cruda	15	15	15	15
EM (Kcal/kg)	3282	3468	3468	3282
Calcio(%)	1	1	1	1
Fósforo disponible(%)	0.23	0.23	0.23	0.23
Lisina	0.79	0.75	0.75	0.75

ANEXO #2

Dietas experimentales para la fase
de engorde (50 a 100 kg.).

T R A T A M I E N T O S

	1	2	3	4
INGREDIENTES				
Maíz amarillo	83.19	--	--	--
Maíz alto en aceite	--	86.69	86.57	70.65
Salvado de trigo	--	--	--	5.67
Melaza	--	--	--	10.00
Harina de soya	13.88	10.27	10.3	10.91
Sal	0.5	0.5	0.5	0.50
Biofos	0.34	0.37	0.37	0.31
Carbonato de Ca	1.8	1.84	1.84	1.65
Vitamelk cerdos	0.28	0.28	0.28	0.28
Lisina HCl	--	0.05	0.05	0.02
Sulfato de cobre	--	--	0.1	--
COMPOSICION				
Proteína cruda	13	13	13	13
EM (Kcal/kg)	3307	3507	3505	3307
Calcio(%)	0.8	0.8	0.8	0.8
Fóforo disponible (%)	0.15	0.15	0.15	0.15
Lisina	0.64	0.6	0.6	0.6

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable ganancia diaria de peso en la fase de crecimiento.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Tratamiento	3	86594.36	28864.79	2.25	0.09
Repetición	15	242736.71	16182.45	1.26	0.27
Error	43	551945.19	12835.94		
Total	61	881276.26			

C.V.= 17.75%

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable ganancia diaria de peso en la fase de engorde.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Tratamiento	3	40229.49	13409.83	1.27	0.3
Repetición	15	337400.72	22493.38	2.12	0.03
Error	43	455199.17	10586.03		
Total	61	832829.37			

C.V.=14.12%

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable ganancia diaria de peso en la fase total.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Tratamiento	3	45597.12	15199.04	2.59	0.06
Repetición	15	327829.67	21855.31	3.73	0.0004
Error	43	251881.46	5857.71		
Total	61	625308.24			

C.V.=11.06%

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable consumo de alimento en la fase de crecimiento.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Tratamiento	3	35453.19	11817.73	0.56	0.66
Repetición	3	37797.69	12599.23	0.59	0.64
Error	9	191363.06	21262.56		
Total	15	264613.94			

C.V.=8.06%

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable consumo de alimento en la fase de engorde.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Tratamiento	3	12210.69	4070.23	0.07	0.98
Repetición	3	418553.19	139517.73	2.35	0.14
Error	9	533611.06	59290.12		
Total	15	964374.94			

C.V.=9.01%

Anexo 8. Análisis de varianza para la variable consumo de alimento en la fase total.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Tratamiento	3	12541.25	4180.42	0.15	0.93
Repetición	3	184857.25	61619.08	2.21	0.16
Error	9	251087.25	27898.58		
Total	15	448485.75			

C.V.=7.12%

Anexo 9. Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia en la fase de crecimiento.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Tratamiento	3	0.27	0.09	0.89	0.48
Repetición	3	0.13	0.04	0.42	0.75
Error	9	0.93	0.1		
Total	15	1.33			

C.V.=11.05%

Anexo 10. Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia en la fase de engorde.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Tratamiento	3	0.07	0.02	0.57	0.65
Repetición	3	0.42	0.14	3.41	0.07
Error	9	0.37	0.04		
Total	15	0.86			

C.V.=5.33%

Anexo 11. Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia en la fase total.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Tratamiento	3	0.16	0.06	1.33	0.33
Repetición	3	0.51	0.17	4.1	0.04
Error	9	0.37	0.04		
Total	15	1.05			

C.V.=5.89%

Anexo 12. Análisis de varianza para la variable rendimiento en canal.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Replicación	15	103.83	6.92	2	0.04
Factor A	3	20.44	6.82	1.97	0.13
Covariable	1	11.97	11.97	3.46	
Error	44	152.16	3.45		

C.V.=2.52%

Anexo 13. Análisis de varianza para la variable grasa dorsal.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Replicación	15	0.95	0.06	2.71	0.01
Factor A	3	0.1	0.04	1.48	0.23
Covariable	1	0.03	0.03	1.38	
Error	44	1.03	0.02		

C.V.=11.49%

Anexo 14. Análisis de varianza para la variable area de lomo.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Replicación	15	1227.02	81.8	2.05	0.03
Factor A	3	8.62	2.87	0.07	
Covariable	1	484.96	484.96	12.17	
Error	44	1753.94	39.86		

C.V.=16.22%