




MAIZ OPACO-2

en

NUTRICION de CERDOS



O=10 %



C=10 %



JEROME H. MANER

CIAT
SB
191
M2
M31

0310

MAIZ OPACO-2 EN NUTRICION DE CERDOS

CIAT

J. H. Maner, Coordinador del Programa de Porcinos, CIAT

Cali, Colombia

COLECCION HISTORICA

Por mucho tiempo se ha reconocido que los componentes de la proteína, más que la misma proteína, tienen una importancia decisiva en la nutrición de cerdos. En realidad, los cerdos no requieren proteína en la dieta. Aunque se han identificado unos veintidós amino ácidos en la alimentación animal, sólo diez se consideran esenciales para la nutrición porcina. En presencia de una fuente de nitrógeno, los tejidos del cuerpo pueden sintetizar los amino ácidos no esenciales y, por consiguiente, no se necesita añadirlos a la dieta. Aunque los amino ácidos no esenciales no tienen que añadirse a la dieta, dos de éstos --la cistina y la tirosina-- pueden satisfacer en parte los requerimientos de los amino ácidos esenciales, metionina y fenilalanina, respectivamente. Los amino ácidos esenciales y no esenciales del cerdo son los siguientes:

Esenciales

Arginina
Histidina
Isoleucina
Leucina
Lisina
Metionina
Fenilalanina
Treonina
Triptófano
Valina

5593

No esenciales

Alanina
Acido aspártico
Citrulina
Cistina
Acido glutámico
Glicina
Acido hidroxiglutámico
Hidroxiprolina
Norleucina
Prolina
Serina
Tirosina

Por consiguiente, el valor de cualquier proteína es determinado por su capacidad para suministrar amino ácidos en las proporciones y a los niveles requeridos por el animal que se está alimentando. Puesto que los procesos de mantenimiento, crecimiento, gestación y lactancia requieren diferentes cantidades de amino ácidos, el valor de un ingrediente o alimento específico que suministre el nivel y la proporción necesarios de amino ácidos también varía. Se sabe que los lechones y los cerdos en crecimiento requieren niveles más altos de amino ácidos que los cerdos adultos en período de acabado para el mercado y que las cerdas lactantes, además de energía, deben recibir una cantidad adecuada de proteína de calidad para que tengan un buen comportamiento durante la lactancia.

El cuadro 1 presenta un ejemplo de la diferencia en requerimientos según la edad y el tamaño de los cerdos. Cada aumento en edad y tamaño se refleja en una reducción en el nivel de amino ácidos requerido para un comportamiento normal durante esta fase del ciclo de vida.

Cuadro 1. Requerimientos de amino ácidos del cerdo en diferentes fases de desarrollo^{a/}

Amino ácido	Fase de desarrollo:	Lechón	Desteto	Acabado
	Peso del cerdo, kg	4.5	13.6	45
	Nivel de proteína en la dieta, %	22	16	12
Arginina		0.37	0.25	0.15
Histidina		0.34	0.23	0.14
Isoleucina		0.76	0.52	0.35
Leucina		0.98	0.67	0.40
Lisina		1.20	0.74	0.50
Methionina ^{b/}		0.73	0.50	0.30
Fenilalanina ^{b/}		0.79	0.54	0.32
Treonina		0.66	0.45	0.27
Triptófano		0.18	0.12	0.07
Valina		0.67	0.46	0.28

a/ Becker, Jensen and Harmon, 1963.

b/ La cistina puede satisfacer 40 por ciento del requerimiento total de metionina y la tirosina puede satisfacer 30 por ciento del requerimiento total de fenilalanina.

La figura 1 da una explicación gráfica de algunas de las diferencias en requerimientos desde el destete hasta el mercado. Cada aumento de peso corporal del cerdo está acompañado por un aumento correspondiente en grasa y una reducción en la cantidad total de proteína. Durante el período de acabado, el cerdo acumula más grasa que proteína y, por consiguiente, requiere una menor cantidad total de proteína en la dieta.

En la práctica, los cerdos son alimentados con un grano básico y un nivel adecuado de suplemento protéico con el fin de suministrar el nivel y el balance de amino ácidos requeridos. En general, los lechones (5-18 kg) reciben una dieta de 20-22 por ciento de proteína de alta calidad; los cerdos en crecimiento (18-50 kg) una dieta con 16 por ciento de proteína y los cerdos en acabado (50-90 kg) una dieta de 12-13 por ciento de proteína. Aunque las cerdas gestantes tienen requerimientos menores, las cerdas lactantes que producen grandes cantidades de leche requieren también una dieta de 15-16 por ciento de proteína para satisfacer sus requerimientos diarios de nutrientes. Estos requerimientos pueden satisfacerse adecuadamente con maíz común suplementado con torta de soya, con harina de pescado o con combinaciones de éstos con otros suplementos altos en proteína. Por consiguiente, el valor del maíz opaco-2 está asociado con la capacidad de este grano para sustituir una porción de proteína suplementaria o, en otras palabras, para que se requiera menos proteína suplementaria para producir resultados iguales a los obtenidos con maíz común adecuadamente suplementado.

Durante varias décadas, el maíz ha sido utilizado como el grano básico en la nutrición humana, y en la alimentación de cerdos. Sin embargo, ya en 1914 los nutriólogos estaban conscientes de la mala calidad de la proteína del maíz cuando Osborne y Mendel demostraron que la zeína, la proteína presente en el maíz en mayor cantidad, carecía casi por completo de lisina y triptófano y que las dietas que contenían zeína como la única fuente de proteína no podían mantener el crecimiento de ratas jóvenes. Al añadir lisina y triptófano conjuntamente a la zeína, la dieta produjo un buen crecimiento. Esos estudios demostraron claramente por primera vez que estos amino ácidos son componentes esenciales de la dieta.

Sabiendo que la fracción de zeína del maíz era baja en lisina y triptófano, que el valor biológico de esta proteína era muy bajo y que la fracción de glutelina era una proteína más completa y de mejor calidad, el Dr. Edwin Mertz de la Universidad de Purdue comenzó a seleccionar variedades de maíz que tuvieran un bajo nivel de zeína en el endospermo. En 1963, Lynn Bates, una estudiante del Dr. Mertz, identificó una variedad que tenía un alto nivel de lisina poco común y que más tarde se identificó como mutante con el nombre de opaco-2. Aunque Emerson *et al.* (1935) de la Universidad de Cornell habían identificado y estudiado esta mutante treinta años atrás, su potencial biológico no fué descubierto hasta 1963.

La re-evaluación de los genes mutantes opaco-2 del maíz y el descubrimiento de patrones mejorados de amino ácidos de la proteína

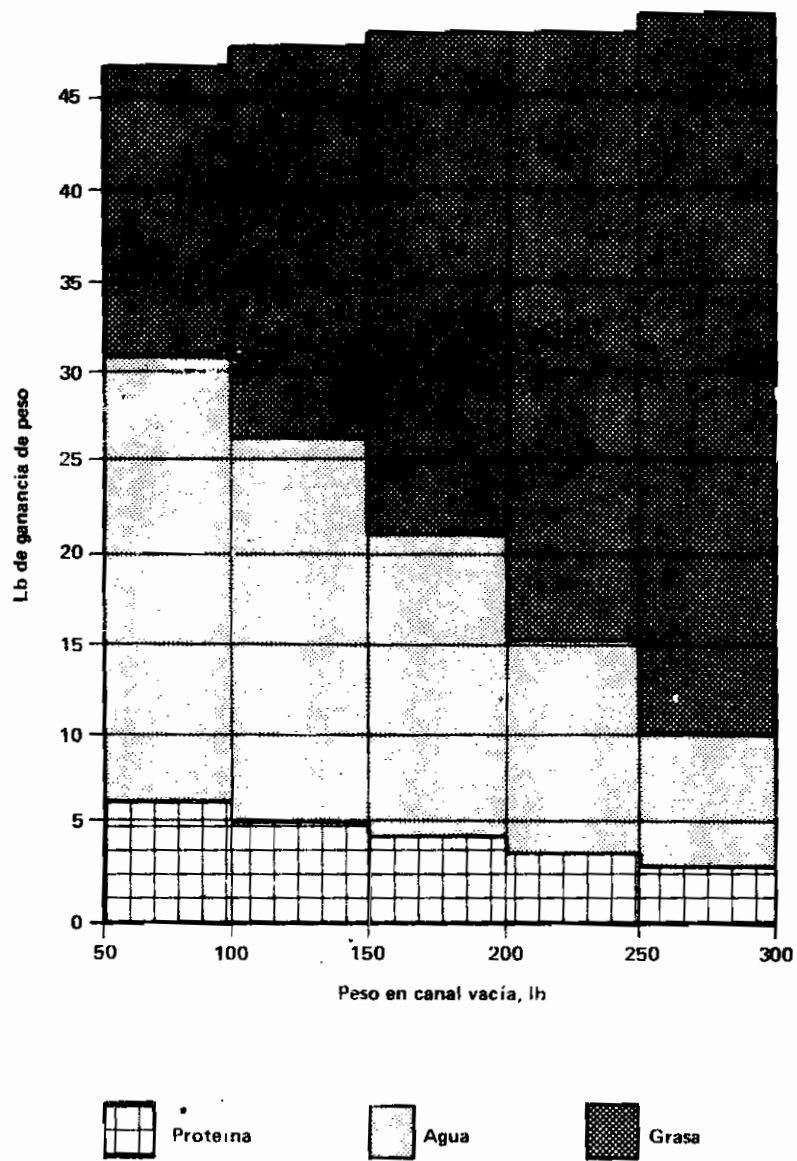


Figura 1. Cantidades de grasa, proteína, y agua en la ganancia de peso de cerdos a diferentes etapas de desarrollo

del endospermo (Mertz et al., 1964) han hecho necesaria la re-evaluación del maíz como alimento para animales.

El cuadro 2 presenta la composición de proteína y amino ácidos del maíz opaco-2 y harinoso-2 y el cuadro 3 compara los amino ácidos suministrados por cada uno de estos tipos en una dieta completamente a base de maíz (95.8% de maíz y 4.2% de vitaminas y minerales) con los requerimientos del lechón, del cerdo en crecimiento y del cerdo en acabado. Del estudio de estos cuadros es obvio que el maíz común es deficiente en lisina y triptófano para los grupos de todas las edades y en treonina e isoleucina tanto para el lechón como para el cerdo en crecimiento. La deficiencia de isoleucina puede complicarse cuando hay una cantidad excesiva de leucina. El maíz opaco-2 es deficiente en lisina para grupos de todas las edades pero contiene cantidades adecuadas de triptófano, treonina e isoleucina para satisfacer los requerimientos de los cerdos en acabado solamente. El maíz harinoso-2 Colombiano contiene un nivel de amino ácidos similar al del maíz común.

Maíz opaco-2

Beeson et al. (1966) y Pickett (1966) de la Universidad de Purdue informaron sobre el trabajo inicial hecho en cerdos con maíz opaco-2. Se demostró que los cerdos en crecimiento entre 13.8 y 25.7 kg crecieron 3.6 veces más rápidamente con maíz opaco-2 que con maíz común. Los que recibieron maíz opaco-2 crecieron a una tasa igual a la de los cerdos alimentados con maíz común y torta de soya balanceados para suministrar la misma cantidad de proteína cruda (cuadro 4). Los cerdos en acabado con un peso corporal inicial de 59 kg ganaron peso 50 por ciento más rápidamente con maíz opaco-2 que con maíz común y de una manera similar a los cerdos que recibieron dietas de maíz común y torta de soya con 13.0 por ciento de proteína.

En estudios posteriores hechos en Purdue (Cromwell et al., 1967) cerdos de 10 a 13 kg fueron alimentados con maíz opaco-2 que contenía 104 por ciento más de lisina y 67 por ciento más de triptófano que el maíz común. Al hacer la comparación de estos dos tipos de maíz, los cerdos que consumieron maíz opaco-2 como única fuente de proteína y energía ganaron 4.3 veces más rápidamente (0.26 vs. 0.06 kg por día) que los cerdos que recibieron maíz común. Puesto que el maíz opaco-2 contenía más cantidad total de proteína (11.6% vs. 9.1%) que el maíz común se añadió nitrógeno no esencial en forma de citrato diamónico, ácido glutámico y glicina a la dieta de maíz común para hacerla isonitrogenada con la dieta de maíz opaco-2. El nitrógeno no esencial no tuvo ningún efecto en el comportamiento de los cerdos alimentados con maíz común. La suplementación con lisina y triptófano tampoco afectó significativamente el comportamiento de los cerdos alimentados con maíz común. Sin embargo, tanto la combinación de los dos amino ácidos añadida a las dietas de maíz común a niveles calculados para suministrar una cantidad total de lisina y de triptófano igual a la que se encuentra presente en las dietas de maíz opaco-2 como la adición de torta de soya a un nivel que suminis-

Cuadro 2. Composición de amino ácidos del maíz colombiano opaco-2 y común y comportamiento de los cerdos en crecimiento alimentados con cada uno de estos dos tipos de maíz^{a/}

	Común	Opaco-2	Harinoso-2
	g/100 g prot.	g/100 g prot.	g/100 g prot.
<u>Esenciales</u>			
Arginina	4.6	6.2	4.3
Histidina	2.9	2.7	1.1
Isoleucina	5.0	3.6	3.1
Leucina	16.1	8.0	10.5
Lisina	2.8	4.0	2.3
Metionina	3.0	4.5	0.8
1/2 Cistina	1.9	1.8	2.7
Fenilalanina	5.4	3.8	4.0
Treonina	3.5	3.3	3.0
Triptófano	0.6	1.0	0.7
Valina	7.2	5.6	4.4
<u>No esenciales</u>			
Alanina	9.4	5.9	6.8
Acido aspártico	6.7	8.6	6.6
Acido glutámico	20.6	15.2	15.7
Glicina	4.1	5.3	2.9
Prolina	8.9	7.2	7.5
Serina	4.6	3.9	4.0
Tirosina	4.9	3.5	3.1
Amoniaco	2.9	2.0	0.5
<u>Proteína</u>	10.0	10.3	9.8

^{a/} Maner, et al., 1971.

Cuadro 3. Cantidad de amino ácidos suministrada por una dieta completamente a base de maíz comparada con el requerimiento de un cerdo de 13.6 kg.

Amino ácido	Requerimiento total			En 95.8 kg de maíz		
	% de dieta			Común kg	Opaco-2 kg	Harin.-2 kg
	4.5 kg	13.5 kg	45 kg			
Arginina	0.37	0.25	0.15	0.44	0.61	0.40
Histidina	0.34	0.23	0.14	0.28	0.27	0.10
Isoleucina	0.76	0.52	0.35	0.48	0.35	0.29
Leucina	0.98	0.67	0.40	1.54	0.79	0.99
Lisina	1.20	0.74	0.50	0.27	0.39	0.22
Metionina	0.44	0.30	0.18	0.29	0.44	0.08
Cistina	0.29	0.20	0.12	0.18	0.18	0.25
Treonina	0.66	0.45	0.27	0.33	0.33	0.28
Triptófano	0.18	0.12	0.07	0.06	0.10	0.07
Valina	0.67	0.46	0.28	0.69	0.55	0.41
Fenilalanina	0.55	0.38	0.22	0.52	0.37	0.38
Tirosina	0.24	0.16	0.10	0.47	0.35	0.29

Cuadro 4. Valor nutritivo del maíz opaco-2 para cerdos en crecimiento y acabado^{1/}

	Tratamientos			
	1	2	3	4
	Maíz común	Maíz opaco-2	Maíz común + torta de soya	
<u>Cerdos destetos</u>				
Nivel protéico, %	8.6	11.6	11.6	-
Peso inic. prom., kg	14.0	13.8	13.7	-
Peso final prom., kg	17.3	25.8	25.6	-
Ganan. diar. prom., kg	0.12	0.43	0.42	-
Alim. diar. prom., kg	0.82	1.41	1.37	-
Proporción alim./gan.	6.88	3.32	3.23	-
<u>Cerdos en acabado</u>				
Nivel protéico, %	8.9	11.2	11.2	13.0
Peso inic. prom., kg	59.5	59.4	59.0	60.4
Peso final prom., kg	73.8	81.0	64.3	83.2
Ganan. diar. prom., kg	0.68	1.03	0.88	1.09
Alim. diar. prom., kg	3.21	3.70	3.29	3.97
Proporción alim./gan.	4.71	3.59	3.74	3.65

^{1/} Adaptado de Beeson et al., 1966.

trara cantidades totales de proteína iguales a las de la dieta de maíz opaco-2 mejoraron el comportamiento de los cerdos a un nivel similar al del maíz opaco-2. Estos estudios demostraron que los altos niveles de lisina y de triptófano presentes en el maíz opaco-2 son la causa de la calidad protéica mejorada.

Desde que se hicieron estos ensayos iniciales en cerdos, se han llevado a cabo muchos estudios en diferentes países para demostrar el valor del maíz opaco-2 en las dietas de cerdos (Drews et al., 1967; Pick and Meade, 1970; Klein et al., 1971; Gipp and Cline, 1972; Thomas and Kornegay, 1972; Ocio and Trevino, 1968; Hesby et al., 1970; Maner et al., 1971; Baker et al., 1970; Gallo et al., 1968a, 1968b, 1970; Maner et al., 1969; Roberts et al., 1969; Mahan et al., 1971a, 1971b, 1971c; Maner et al., 1971; Mosovic et al., 1969).

Aunque un resumen completo de todos los trabajos publicados es algo que está fuera del alcance de este trabajo, se citará la información que se considere adecuada para demostrar el valor del maíz opaco-2 en la nutrición de cerdos durante todas las fases de su ciclo de vida.

Lechones

El lechón proporcionó la prueba más sensible y decisiva para estimar el valor de la proteína del maíz opaco-2 debido a que requiere niveles más altos y mejor calidad de proteína (cuadro 1). Lechones de 35 días con un peso corporal promedio de 8.9 kg fueron alimentados con dietas en las cuales toda la proteína fue suministrada por maíz común o por maíz opaco-2 (Maner et al., 1969). Estos grupos alimentados solo con maíz se compararon con dietas estándar de control que contenían una proporción constante de maíz y torta de soya pero que se suministraron con diferentes niveles de proteína (cuadro 5). Esta variación en el nivel de proteína se llevó a cabo diluyendo la proteína con sucrosa.

La diferencia de respuesta del cerdo a cada dieta fué sorprendente (cuadro 6 y figura 2). Cada disminución en el nivel de proteína de 16 a 10 a 7 por ciento en la dieta control de maíz-soya estuvo acompañada por una disminución correspondiente en el consumo diario de alimento y en la ganancia diaria promedio y por un aumento en la cantidad de alimento requerida para producir un kilo de ganancia.

Los lechones alimentados con maíz común como única fuente protéica mostraron un comportamiento bajo, ganaron un promedio de 21 gramos diarios durante el período experimental de 130 días y requirieron 35.19 kg. de alimento para producir un kilo de ganancia. La falta de palatabilidad nutricional causada por el balance deficiente de los amino ácidos esenciales del maíz común se hizo evidente por el bajo nivel de alimento consumido (0.74 kg diarios). A medida que progresó el experimento, los cerdos alimentados sólo con maíz común demostraron los síntomas clásicos de deficiencia protéica

Cuadro 5. Comparación de dietas de maíz común-torta de soya, de maíz común y de maíz opaco-2 suministradas a diferentes niveles proteicos a cerdos desde 35 hasta 165 días de edad.

Ingredientes	Dietas						
	1	2	3	4	5	6	7
Maíz opaco-2	-	-	-	-	91.00	64.00	-
Maíz común	72.70	45.45	31.43	91.00	-	-	91.00
Torta de soya	16.00	10.00	7.00	-	-	-	-
Sucrosa	6.65	39.90	56.92	4.35	4.35	31.35	4.35
Harina de huesos	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Carbonato de calcio	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Premezcla de vitaminas	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Premezcla de minerales	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
L-lisina HCl	-	-	-	-	-	-	0.28
L-triptófano	-	-	-	-	-	-	0.04
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Análisis calculado:							
Proteína, %	16	10	7	10	10	7	10
Calcio, %	0.87	0.85	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83
Fósforo, %	0.65	0.54	0.48	0.60	0.60	0.53	0.60

Cuadro 6. Comportamiento de los cerdos alimentados con dietas de maíz opaco-2, de maíz común y de maíz común-torta de soya a diferentes niveles protéicos desde los 35 hasta los 165 días de edad^{1/}

Tratamiento	Gan.diaria prom.kg.	Eficiencia alim.	Alim.diario consum., kg.
1. Maíz común-soya, 16%	.722 ^a	3.27 ^e	2.36
2. Maíz común-soya, 10%	.506 ^b	3.64 ^e	1.84
3. Maíz común-soya, 7%	.158 ^d	5.85 ^c	0.92
4. Maíz común, 10%	.021 ^e	35.19 ^a	0.74
5. Maíz opaco-2, 10%	.254 ^c	4.43 ^d	1.13
6. Maíz opaco-2, 7%	.076 ^{de}	8.80 ^b	0.67
7. Maíz común + Lis + Tpp, 10%	.143 ^d	5.29 ^c	0.76

^{1/} Maner et al., 1969.



Figura 2. Efecto del nivel de proteína en el comportamiento de cerdos de los 35 a los 165 días de edad.

C = maíz común; S = torta de soya

16, 10, 7 % proteína cruda

y algunos murieron pocos días después de terminado el experimento (Roberts *et al.*, 1969). A todos los animales se les hizo autopsia y se practicó un examen histológico de los tejidos por medio de una microscopia electrónica y de luz. Los cambios en el estómago, duodeno y yeyuno se caracterizaron por detención del crecimiento y atrofia del epitelio que los cubre y por detención del desarrollo de organelas esenciales para la función celular normal. El estudio de las costillas y de los huesos largos indicó que hubo una notable detención en el desarrollo del sistema óseo. El hígado de todos los cerdos de este grupo era grasoso y desmenuzable y se observaron al microscopio acumulaciones de grasa en los lóbulos.

En contraste, los cerdos alimentados con una dieta a base de maíz opaco-2 híbrido se comportaron mucho mejor que los cerdos alimentados con maíz común (figura 3). Su índice de crecimiento aumentó a 254 g diarios que fue un aumento doce veces mayor comparado con el de los cerdos alimentados con maíz común. Estos cerdos consumieron 53 por ciento más de alimento pero requirieron solo 4.43 kg por kilo de ganancia de peso corporal. El comportamiento de estos cerdos alimentados con maíz opaco-2 fué, sin embargo, muy inferior al de los cerdos alimentados con un nivel igual de proteína suministrado por la mezcla de maíz y torta de soya. Este bajo comportamiento de los cerdos alimentados con opaco-2 indica que aunque el nivel y el balance de amino ácidos esenciales del maíz opaco-2 sean superiores cuando se comparan con el maíz común, la proporción y el nivel de estos amino ácidos esenciales no son adecuados para mantener el nivel de crecimiento producido por la dieta de control a base de maíz y soya con un nivel igual de proteína pero un balance superior de amino ácidos esenciales.

Aunque ni la tasa de crecimiento ni la proporción de conversión alimenticia fueron iguales a las de la dieta de control con igual cantidad de proteína, los cerdos alimentados con maíz opaco-2 demostraron, en general, buenas condiciones histopatológicas y una ausencia general de síntomas de deficiencia protéica. El nivel de amino ácidos y el nitrógeno suministrado por este híbrido permitieron el mantenimiento de estructuras celulares de organelas pero la estructura epitelial total no igualó la cantidad observada en animales normales que recibieron una cantidad adecuada de proteína ni tampoco el maíz opaco-2 evitó completamente los cambios de grasa en el hígado.

Aunque la suplementación de la dieta de maíz común con 0.28% de L-lisina HCl y 0.04% de L-triptófano mejoró las ganancias, la eficiencia de conversión alimenticia y la salud general de los cerdos, el comportamiento de éstos fué inferior al de aquellos en las dietas de control y de maíz opaco-2.

Puesto que el maíz opaco-2 no suministró un nivel ni un balance de amino ácidos que pudiera mantener un nivel de comportamiento igual al de los cerdos en la dieta de control (maíz-soya) con igual cantidad de proteína y puesto que la suplementación del maíz común con lisina y triptófano no mejoró la calidad del maíz común hasta



Figura 3. Comparación de cerdos alimentados con maíz opaco-2 o común desde los 35 a los 165 días de edad.

C = común; O = opaco

el nivel observado en el maíz opaco-2, se estudió una respuesta comparativa de estos dos tipos de maíz a la suplementación con amino ácidos. (Gallo *et al.*, 1970). Todos los tratamientos consistieron en dietas basales de opaco-2 y de maíz común (cuadro 7) a las cuales se añadió 0.28% de L-lisina HCl. Se añadieron L-triptófano (0.04%), L-treonina (0.08%) y DL-metionina (0.10%) a cada fuente de maíz en un arreglo factorial de tratamientos de 2x2x2 para que cada amino ácido apareciera solo y en todas las combinaciones posibles con los otros amino ácidos. Una dieta de control de maíz común y torta de soya que contenía un nivel igual de proteína se incluyó como control positivo.

Ciento treinta y seis cerdos con un peso promedio de 9 kg se alimentaron con los 17 tratamientos durante 21 días. Los datos del comportamiento de los cerdos en estos tratamientos aparecen en el cuadro 8. Los cerdos alimentados con maíz común más lisina respondieron solamente a la suplementación con triptófano. No se observó una respuesta individual ni adicional cuando la dieta se suplementó con treonina o metionina.

Cuando se utilizó maíz opaco-2, en presencia de lisina, se observó un mejoramiento significativo en el crecimiento y la eficiencia alimenticia al añadir triptófano y treonina. Ninguno de los amino ácidos suplementarios solo produjo respuesta alguna, ni la adición de metionina mejoró el crecimiento más de lo observado al añadir triptófano y treonina a la dieta basal (maíz + lisina).

El maíz común en presencia de lisina y triptófano mantuvo un comportamiento similar al de la dieta control (maíz-soya, 9.9%) lo mismo que el maíz opaco-2 suplementado con lisina. La suplementación del maíz opaco-2 con lisina, triptófano y treonina (Dieta 13) en este estudio produjo resultados superiores a los de la dieta de control maíz-soya suministrada al mismo nivel protéico (Dieta 17).

Drews *et al.* (1969) suministraron niveles crecientes de torta de soya con maíz común y opaco-2 a 120 cerdos de 25 días de edad promedio con un peso de 5.18 kg e informaron que hasta un nivel de 28.7 por ciento de torta de soya en la dieta (19.5 y 20.5% de proteína para el maíz común y opaco-2, respectivamente), los cerdos que recibieron maíz opaco-2 tuvieron mayores ganancias promedio y requirieron menos alimento por unidad de ganancia que los cerdos alimentados con maíz común. Sin embargo, a niveles más altos de suplementación con torta de soya se observó el caso contrario. A niveles protéicos sub-óptimos, los cerdos destetados a temprana edad ganaron mucho más con proporciones bajas de alimento/ganancia cuando el maíz opaco-2 reemplazó en cantidades iguales al maíz común en la dieta (cuadro 9).

Cerdos en crecimiento

Aunque el nivel de proteína y de amino ácidos del maíz opaco-2 no es adecuado para mantener un crecimiento satisfactorio de los cerdos que pesan solo 9 kg al principio, el maíz opaco-2 es una fuente protéica más adecuada para los cerdos de mayor tamaño debido a sus menores requerimientos totales de proteína y de amino ácidos. Los



Cuadro 7. Composición de las dietas utilizadas para comparar la respuesta de cerdos de 9 kg a la suplementación del maíz opaco-2 o del maíz común con amino ácidos.

Dietas	1	2
Nivel protéico	Maíz-soya	Dieta de maíz
	9.9%	
Maíz	45.45	91.00
Torta de soya	10.00	-
Sucrosa	39.90	4.32
Harina de huesos	3.00	3.00
Premezcla de vitaminas	1.00	1.00
Premezcla de minerales	0.40	0.40
L-lisina HCl	-	0.28
Amino ácidos	-	+++

Cuadro 8. Respuesta comparativa de los cerdos alimentados con maíz común o con maíz opaco-2 suplementado con lisina, triptófano, treonina y metionina por separado o en combinaciones.

Tratamientos	Ganancia diaria promedio, kg	Alimento/ganancia, g
1. Maíz común (MC) + 0.28% Lis.	0.02	16.02
2. MC + Lis. + Trp.	0.15	4.08
3. MC + Lis. + Tre.	0.02	18.63
4. MC + Lis. + Met.	0.03	12.68
5. MC + Lis. + Trp. + Tre.	0.16	3.66
6. MC + Lis. + Trp. + Met.	0.18	3.65
7. MC + Lis. + Tre. + Met.	0.03	13.32
8. MC + Lis. + Trp. + Tre. + Met.	0.16	3.75
9. Maíz opaco-2 (MO) + 0.28% Lis.	0.22	3.72
10. MO + Lis. + Trp.	0.20	3.80
11. MO + Lis. + Tre.	0.18	3.64
12. MO + Lis. + Met.	0.19	3.62
13. MO + Lis. + Trp. + Tre.	0.32	2.89
14. MO + Lis. + Trp. + Met.	0.21	3.55
15. MO + Lis. + Tre. + Met.	0.17	3.52
16. MO + Lis. + Trp. + Tre. + Met.	0.28	2.93
17. Maíz-Soya (9.9% prot.)	0.19	3.45

1/ Los aminoácidos fueron añadidos en los siguientes niveles:
 L-lisina (Lis), 0.28%; L-triptófano (Trp), 0.04%; L-treonina (Tre), 0.08% y DL-metionina (Met), 0.10%.

Cuadro 9. Comportamiento de los lechones alimentados con diferentes niveles de torta de soya con maíz común o con maíz opaco-2^{1/}

Nivel de total de soya, %	Maíz común			Maíz opaco-2		
	Nivel prot. %	Ganan. total, kg	Alim./ ganan.	Nivel prot. %	Ganan. total, kg	Alimento/ ganancia, g
18.7	15.5	9.07	2.03	16.5	10.76	1.87
23.7	17.5	9.74	1.90	18.5	9.67	1.66
28.7	19.5	10.88	1.77	20.5	11.28	1.68
33.7	21.5	10.18	1.74	22.5	8.99	1.62
38.7	23.5	11.24	1.66	24.5	7.06	1.80

^{1/} Drews et al., 1969.

estudios hechos (Maner y Gallo, 1969) demuestran que cuando el maíz opaco-2 se suministra como única fuente de proteína y energía (cuadro 10) a los cerdos entre 18 y 50 kg, mantiene un crecimiento igual a 75 por ciento (.455 vs. .610 kg) del obtenido con la dieta control (maíz-soya) de 16% de proteína y 364 por ciento del obtenido con animales similares alimentados con maíz común (.455 vs. .125 kg) como única fuente proteica (cuadro 11). Se observó que aunque el maíz opaco-2 era inferior a la dieta adecuada de maíz y soya en cuanto se refiere a la conversión alimenticia y a la ganancia y solo requirió 41 por ciento más de tiempo para alcanzar los 50 kg de peso corporal, cuando se suministra como única fuente proteica es casi cuatro veces mejor que el maíz común.

Puesto que no puede utilizarse opaco-2 como la única fuente proteica durante el período de crecimiento, se condujeron estudios para determinar el nivel de sustitución en el cual puede utilizarse el maíz opaco-2 para reducir el nivel total de proteína de la dieta. Se compararon las dietas (cuadro 10) que contenían 16, 12 y 9.7% de proteína basadas en maíz común o en opaco-2 suplementado con torta de soya cuando fué necesario para suministrar el nivel proteico requerido.

Los resultados obtenidos (cuadro 12) al suministrar estas dietas demuestran claramente que para los cerdos en crecimiento no hubo ventajas al utilizar maíz opaco-2 para sustituir el maíz común en las dietas que contienen niveles adecuados de proteína (16%). Sin embargo, cuando se utilizó el maíz opaco-2 en una dieta con 12% de proteína, se obtuvo un crecimiento igual al obtenido con las dietas óptimas (16%) aunque la proteína suplementaria (torta de soya) se redujo en un 66 por ciento. A este nivel de sustitución se requirió un poco más de alimento para producir un kilo de ganancia pero el crecimiento no fué muy diferente. El mismo caso se observó en una dieta de maíz común y soya con 12% de proteína que mantuvo tasas de crecimiento y de eficiencia de conversión alimenticia inferiores a las obtenidas con raciones de control (16%) y con opaco-2-torta de soya con 12%.

Cuando se utilizó maíz opaco-2 como la única fuente proteica, el comportamiento fue similar al obtenido con la dieta de maíz común y la torta de soya con 12% de proteína pero muy inferior tanto al obtenido con la dieta de control de 16% de proteína (maíz común-soya) como con la dieta de 12% basada en opaco-2. Por otra parte, el maíz opaco-2 solo mantuvo tasas de crecimiento que fueron el doble de las producidas con las dietas de maíz común sin suplementación. El maíz común a diferencia del maíz opaco-2, mejoró significativamente con la adición de 0.28% de L-lisina y 0.04% de L-triptófano.

Un resumen de otros trabajos publicados sobre el valor del maíz opaco-2 en los cerdos en crecimiento aparece en el cuadro 13. En cada caso se demuestra la superioridad del maíz opaco-2 sobre el maíz común. En general, al utilizar maíz opaco-2 se requiere un nivel más bajo de suplemento proteico para producir ganancias iguales a las obtenidas con maíz común suplementado con cantidades mayores de proteína adicional y la lisina parece ser el primer amino ácido limitante del maíz opaco-2.

Cuadro 10. Composición de las dietas basales usadas en estudios de maíz opaco-2.

Ingredientes	Proteína, %		
	16	12	9.7
Maíz común	80.75	90.42	96.25
Torta de soya	15.75	5.88	-
Harina de huesos	2.00	2.50	2.50
Carbonato de calcio	0.50	0.20	0.25
Premezcla de vitaminas	0.60	0.60	0.60
Premezcla de minerales	0.40	0.40	0.40
Amino ácidos	--	--	++

Cuadro II. Comportamiento de los cerdos en crecimiento (18-50 kg) alimentados con maíz común, o con maíz opaco-2 o con una mezcla de maíz-torta de soya

Dieta	1	2	3
Nivel proteico	Maíz-soya 16%	Opaco-2 9.7%	Maíz común 9.7%
Ganancia diaria prom., kg	.610	.455	.125
Alimento/ganancia	2.69	3.46	7.26
Días hasta 50 kg	56	79	112 ^{1/}

1/ Al terminar el estudio los cerdos pesaron solamente 31.7 kg en promedio.

Cuadro 12. Comportamiento de los cerdos alimentados con maíz opaco-2 y maíz común durante el periodo de crecimiento.

Tratamiento	Ganancia diaria promedio, kg ^{1/}	Alimento/ganancia, g ^{1/}
1. Maíz común-soya, 16%	0.88 ^a	2.40 ^w
2. Maíz opaco-2-soya, 16%	0.79 ^{abc}	2.43 ^w
3. Maíz común-soya, 12%	0.69 ^{cd}	3.02 ^y
4. Maíz opaco-2-soya, 12%	0.80 ^{ab}	2.66 ^{wx}
5. Maíz común, 10%	0.36 ^e	4.08 ^z
6. Maíz opaco-2, 10%	0.64 ^d	2.94 ^{xy}
7. Maíz común + Lis + Trp, 10%	0.66 ^d	3.09 ^y
8. Maíz opaco-2 + Lis + Trp, 10%	0.73 ^{bcd}	2.80 ^{xy}
9. Maíz común + Lis + D-Trp, 10%	0.64 ^d	3.13 ^y

1/ Los valores en la misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes a un nivel de probabilidad de 0.05.

Cuadro 13. Valor comparativo del maíz opaco-2 y del maíz común para el cerdo en crecimiento.

País	Tratamiento (nivel prot.)	Peso inicial kg	Ganan. diaria prom.kg <u>1/</u>	Alim. diario prom.kg <u>1/</u>	Alimento/ ganancia <u>1/</u>	Referencia
USA-Purdue	MO (11.2)	10	0.26 ^a	0.91 ^a	3.46 ^a	Cromwell et al., 1967
"	MC (8.8)	10	0.06 ^b	0.64 ^b	9.88 ^b	
"	MC+N (11.2)	10	0.06 ^b	0.65 ^b	9.98 ^b	
"	MC+N+L (11.2)	10	0.06 ^b	0.54 ^b	8.52 ^b	
"	MC+N+L+T (11.2)	10	0.21 ^a	0.87 ^a	4.16 ^a	
"	MC+TS (11.2)	10	0.21 ^a	0.91 ^a	4.41 ^a	
USA-Purdue	MC+TS (16)	13	0.44 ^a	1.14 ^a	2.57 ^a	Cromwell et al., 1967
"	MO+TS (16)	13	0.58 ^b	1.39 ^b	2.40 ^a	
"	MC+TS (14)	13	0.42 ^a	1.11 ^a	2.67 ^a	
"	MO+TS (14)	13	0.40 ^a	1.08 ^a	2.67 ^a	
"	MC+TS (11.8)	13	0.31 ^a	1.08 ^a	3.49 ^b	
"	MO+TS (11.2)	13	0.33 ^a	1.14 ^a	3.41 ^b	
USA-Minn.	MC+TS (16)	13.5	0.66 ^f	1.38	2.09	Pick and Meade, 1970
"	MO+TS (15)	13.5	0.66 ^f	1.35	2.04	
"	MO+TS (13.5)	13.5	0.59 ^{ef}	1.31	2.22	
"	MO+TS (11.9)	13.5	0.57 ^{ef}	1.36	2.39	
"	MO+TS (10.3)	13.5	0.51 ^e	1.31	2.57	
"	MO (8.7)	13.5	0.38 ^e	1.23	3.23	
USA-Purdue	MC (8.3)	13	0.15	0.88	5.90	Klein et al., 1971
"	MO (11.3)	13	0.36	1.12	3.10	
"	MO (8.3)	13	0.22	1.06	4.80	
"	MC+AA (9.1)	13	0.31	1.02	3.30	

1/ Los valores en la misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes a un nivel de probabilidad de 0.05.

Cuadro 13. (continuación)

País	Tratamiento (nivel prot.)	Peso inicial kg	Ganan. diaria prom.kg	Alim. diario prom.kg.	Alimento/ ganancia	Referencia
USA-VPI	MC+TM (16)	24	0.26	1.30	5.00	Thomas and Kornegay, 1972
	MC+TM+L (16)	24	0.48	1.47	3.28	
	MC+TM (14)	24	0.24	1.32	5.50	
	MC+TM+L (14)	24	0.37	1.46	3.95	
	MO+TM (14)	24	0.36	1.51	4.20	
	MO+TM (16)	24	0.37	1.47	3.97	
USA-VPI	MC+TM (16)	18	0.25	1.18	4.81	Thomas and Kornegay, 1972
	MC+TM+L (16)	18	0.42	1.57	3.71	
	MO+TM (16)	18	0.35	1.36	3.90	
	MO+TM+L (16)	18	0.55	1.75	3.16	
USA-Purdue	MC+TS (16)	20	0.63	1.99	3.16	Gipp and Cline, 1972
	MC+TS (14)	20	0.60	2.08	3.46	
	MC+TS+L (14)	20	0.65	2.03	3.12	
	MO+TS (14)	20	0.64	1.91	2.98	
	MO+L (11)	20	0.57	1.88	3.29	

- 24 -

Los estudios hechos indican que aunque el maíz opaco-2 es superior al maíz común para los cerdos en crecimiento (18-50 kg), no suministra el nivel de amino ácidos requerido para mantener el mismo nivel de crecimiento de una dieta adecuada de control. Por consiguiente, se comparó el valor nutritivo del maíz opaco-2 y del maíz común con y sin suplementación con amino ácidos con el valor de una dieta basal adecuada de maíz y soya con 16% de proteína. El nivel de amino ácidos se ajustó para cada fuente de maíz con el fin de igualar el grado de suficiencia de amino ácido de cada tipo de maíz. Estudios previamente demostraron que la suplementación con lisina, triptófano y treonina puede mejorar el crecimiento. A estos tres se ha añadido la isoleucina.

Todos los amino ácidos se añadieron en el forma L y se calcularon para proporcionar niveles iguales totales de lisina, triptófano, treonina e isoleucina. La dieta de maíz común se suplementó con 0.56% de L-lisina, 0.08% de L-triptófano, 0.12% de L-treonina y 0.06% de L-isoleucina. La dieta de maíz opaco-2 fué suplementada con 0.28% de L-lisina, 0.04% de L-triptófano, 0.08% de L-treonina y 0.06% de L-isoleucina. Estas dietas se compararon con dietas de maíz-soya que contenían 16 y 9% de proteína y con las que contenían solamente maíz opaco-2 y maíz común.

El cuadro 14 presenta los datos de comportamiento obtenidos en este ensayo de 21 días. El maíz común suministrado como la única fuente protéica mantuvo un crecimiento bajo. La suplementación con los cuatro amino ácidos mejoró el crecimiento a un nivel obtenido tanto con maíz opaco-2 como con la dieta control de maíz y soya y 9% de proteína (Dieta 2); sin embargo, tanto el crecimiento como la conversión alimenticia de los animales alimentados con esta dieta suplementada con amino ácidos fueron inferiores a los obtenidos con la dieta adecuada de control de 16%.

El maíz opaco-2 sólo mantuvo un nivel de comportamiento similar y estadísticamente parecido al de la dieta de control a base de maíz y soya y 9% de proteína pero fué inferior a la dieta control de maíz y soya y 16%. Al suplementar la dieta de maíz opaco-2 con la mezcla de los cuatro amino ácidos mejoró el comportamiento general a un nivel estadísticamente similar al de la dieta de control de maíz y torta de soya con 16% de proteína. Estos datos indican que el nivel de proteína y de amino ácidos distintos de los cuatro añadidos es adecuado para un comportamiento óptimo de los cerdos y que la corrección de la deficiencia de estos cuatro hace que la proteína del maíz opaco-2 mantenga un nivel de crecimiento similar al de la dieta adecuada de control.

Cerdos en acabado

El cerdo en acabado (50-90 kg) requiere menos proteína y menos amino ácidos que el cerdo en crecimiento. El cuadro 15 (Gallo *et al.*, 1968) muestra que el maíz opaco-2 suministrado como única fuente protéica en la dieta es adecuado para mantener un crecimiento óptimo. Los cerdos alimentados con esta dieta crecieron tan rápida y eficien-

Cuadro 14. Comportamiento de los cerdos alimentados con el mismo nivel total de aminoácidos con opaco-2 o con maíz común.

Tratamiento ^{1/}	Ganan. diaria prom. kg	Alimento/ ganancia
1. Maíz común + soya, 18%	0.73	2.50
2. Maíz común + soya, 9%	0.47	3.33
3. Maíz común (MC), 9%	0.22	4.88
4. Maíz opaco-2, (MO), 9%	0.52	2.76
5. MC + 0.56% Lis + 0.08% Trp + 0.12% Tre + 0.06% Iso.	0.45	4.00
6. MO + 0.28% Lis + 0.04% Trp + 0.08% Tre + 0.06% Iso.	0.68	2.64

^{1/} Lisina (Lis), Triptófano (Trp), Treonina (Tre), Isoleucina (Iso).

Cuadro 15. Valor comparativo del maíz opaco-2 y del maíz común para los cerdos en acabado

País	Tratamiento (nivel prot.)	Peso del cerdo kg	Gan. diar. promedio ^{1/} kg	Alim. diar. promedio kg	Alimento/ ganancia ^{1/}	Referencia
Colombia	MC+TS (16)	50-90	0.79 ^a	2.65	3.35 ^y	Gallo <u>et al.</u> , 1968
	MC (10)	"	0.62 ^b	2.84	4.58 ^x	
	MO (10)	"	0.81 ^a	2.97	3.67 ^y	
	MC+L+T (10)	"	0.81 ^a	2.89	3.57 ^y	
Purdue-USA	MC+TS (13)	53-92	0.75 ^a	3.16	4.21 ^a	Gipp & Cline, 1972
	MO+TS (11)	"	0.73 ^a	3.16	4.33 ^a	
	MC+TS (11)	"	0.62 ^b	3.04	4.90 ^a	
	MO+L (11)	"	0.79 ^a	2.99	3.79 ^b	
	MC+TS+L (11)	"	0.69 ^{ab}	3.22	4.67 ^a	

^{1/} Los valores en la misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes a un nivel de probabilidad de 0.05.

temente como los que recibieron la dieta de control de maíz y soya con 16% de proteína. Sin embargo, los que fueron alimentados con maíz común como fuente protéica tuvieron ganancias más lentas y menos eficientes. Estas ganancias subieron a un nivel igual al de la dieta de control o de maíz opaco-2 cuando se utilizó 0.28% de lisina y 0.04% de triptófano para suplementar la dieta de maíz común. Por consiguiente, se demostró que el maíz opaco-2 solo puede servir como la única fuente de proteína y energía para el cerdo en acabado.

Estudios similares (Gipp and Cline, 1972) muestran que una dieta de maíz opaco-2 y torta de soya con 11% de proteína produjo un crecimiento y una conversión alimenticia similares a los de la dieta de control de maíz común y torta de soya. Se obtuvieron resultados similares con dietas de maíz común que contenían 11% de proteína suplementadas con torta de soya y lisina. Sin embargo, el maíz común suplementado solamente con torta de soya para producir una dieta de 11% de proteína fué inferior en todas las otras dietas. Puesto que este estudio no incluyó maíz opaco-2 como la única fuente protéica, no pudo hacerse una comparación directa de los resultados con otros estudios.

Otros estudios hechos por Maner et al. (1971) confirman los resultados previos que demostraron claramente que el nivel de proteína y la calidad del opaco-2 (H-208 colombiano) fueron completamente adecuados para el cerdo en acabado.

Crecimiento-acabado

Si se suministran dietas similares (cuadro 10) a cerdos de 18-20 kg durante todo el período de crecimiento y acabado (18-90 kg), los resultados generales son similares a los obtenidos a los 50 kilos (kg) (cuadro 16, Gallo y Maner, 1969). Ni la suplementación con 0.28% de lisina a la dieta de maíz opaco-2, ni la suplementación con 0.28% de L-lisina más 0.04% de L-triptófano a una dieta cuya proteína sea completamente suministrada por el maíz son adecuadas para mantener niveles de comportamiento iguales a los obtenidos con una dieta control con 16% de proteína. La suplementación con lisina y triptófano de la dieta de maíz común, sin embargo, mejoró significativamente tanto el crecimiento como la eficiencia de conversión alimenticia.

Estudios similares hechos en el Brasil (Kronka et al., 1968) muestran resultados similares a los obtenidos en Colombia con la excepción de que los resultados del maíz común como única fuente protéica fueron mejores debido a que los cerdos empezaron con un peso mayor (30 vs. 18 kg). Estos estudios indican que el maíz opaco-2 suministrado a cerdos en crecimiento y acabado es inferior a la dieta adecuada de 16% de proteína pero muy superior al maíz común como única fuente protéica.

Según los estudios hechos en Purdue (Gipp and Cline, 1972), parece que el maíz opaco-2 solo puede servir de sustituto en las dietas de maíz y torta de soya con 16-13% de proteína para los cerdos en crecimiento y acabado si se suplementa adecuadamente con lisina o con una pequeña cantidad de torta de soya.

Cuadro 16. Valor comparativo del maíz opaco-2 y del maíz común para los cerdos en crecimiento y acabado

País	Tratamiento	Peso del cerdo kg	Gan. diar. promedio ^{1/} kg	Alim. diar. promedio kg	Alimento/ganancia ^{1/}	Referencia
Brasil	MC (10.5%)	30- 20	0.358 ^a	1.78	4.98 ^a	Kronka <u>et al.</u> , 1968
	MO (10.7%)	30-100	0.628 ^b	2.46	3.91 ^b	
	MC+TS (15.3%)	30-110	0.712 ^b	2.55	3.58 ^b	
	MO+TS (16.1%)	30-109	0.705 ^b	2.62	3.71 ^b	
USA-Purdue	MC+TS (16-13)	20- 90	0.69	2.33	3.37	Gipp & Cline, 1972
	MO+TS (14-11)	20- 90	0.69	2.55	3.69	
	MC+TS (14-11)	20- 90	0.61	2.57	4.22	
	MO+L (11-11)	20- 90	0.68	2.43	3.58	
	MC+TS+L (14-11)	20- 90	0.67	2.63	3.92	
Colombia	MC+TS (16)	18- 90	0.66 ^a	2.13	3.22 ^a	Gallo & Maner, 1969
	MC (10)	18- 32	0.12 ^b	0.87	7.26 ^b	
	MO (10)	18- 90	0.47 ^c	1.65	3.52 ^a	
	MC+L+T (10)	18- 90	0.40 ^c	1.48	3.69 ^a	
	MO+L (10)	18- 90	0.53 ^c	1.78	3.36 ^a	
Colombia	MC+TS (16-16)	20- 90	0.78	2.37	3.04	Maner <u>et al.</u> , 1971
	MC+TS (16-12)	20- 90	0.79	2.49	3.15	
	MO+TS (16-10)	20- 90	0.76	2.46	3.24	

^{1/} Los valores en la misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes a un nivel de probabilidad de 0.05.

Gestación

Se ha demostrado que el tamaño de la camada y el peso del cerdo al nacimiento y al destete a diferentes edades no son factores que responden a diferentes niveles de proteína suministrada durante el periodo completo de gestación (Lenkeit, 1957; Livingston *et al.*, 1966; Holder *et al.*, 1968; Hesby *et al.*, 1970). Las cerdas gestantes mostraron una gran capacidad para suministrar alimento a los fetos en desarrollo durante periodos de severa restricción protéica. No se observaron efectos perjudiciales en los cerdos al nacimiento por haber alimentado a la cerda con dietas de 5% de proteína durante la gestación (Clawson *et al.*, 1963; Rippel *et al.*, 1965). Aún una dieta esencialmente carente de proteína desde el vigésimo cuarto día de gestación hasta el parto produjo números y pesos normales al nacimiento (Strachen *et al.*, 1968; Pond *et al.*, 1968).

El maíz opaco-2 ha sido suministrado como la única fuente de proteína y energía a las cerdas gestantes sin alterar la reproducción normal (Hesby *et al.*, 1970a; Baker *et al.*, 1970; Hesby 1970b). Cuando se compararon las cerdas de control alimentadas solo con dietas de maíz común y de maíz y soya que contenían entre 11.2 y 20 por ciento de proteína cruda con las cerdas alimentadas con maíz opaco-2 durante la gestación, se observó que el maíz opaco-2 no tuvo ningún efecto en el número o en el peso de los lechones paridos. Sin embargo, el número de cerdos destetos por camada, la ganancia de la camada y el peso total de la camada al destete fueron superiores en las cerdas alimentadas con dietas de maíz opaco-2 comparadas con las alimentadas con la dieta de maíz común (Baker *et al.*, 1970).

Lactancia

Mahan y sus cooperadores (1971) en la Universidad de Illinois suministraron maíz opaco-2 suplementado solamente con vitaminas y minerales a cerdas de primera y segunda parición y compararon su comportamiento con el de otras cerdas alimentadas con dietas de maíz y torta de soya que contenían niveles de 10 a 18 por ciento de proteína. Las ganancias de las camadas de las cerdas alimentadas con maíz opaco-2 fueron similares a las de las cerdas alimentadas con dietas con 10, 12 y 14 por ciento de proteína a base de maíz común y soya (cuadro 17). Cuando el tamaño de la camada de las cerdas de primera y segunda parición se mantuvo constante a 8 y 10 lechones por camada, respectivamente, y se controló el nivel de alimentación para asegurarse de que las cerdas consumieran cantidades iguales, las ganancias de las camadas de las cerdas alimentadas con maíz opaco-2 fueron inferiores a las ganancias máximas por camada obtenidas cuando se suministraron niveles protéicos de 16 y 18 por ciento. Las cerdas alimentadas con dietas de maíz opaco-2 tuvieron un balance negativo de nitrógeno durante la lactancia lo mismo que las cerdas alimentadas con una dieta de 10 por ciento de proteína a base de maíz y torta de soya (Mahan *et al.*, 1971b). Hubo una marcada disminución en la producción de leche cuando se suministraron a las cerdas dietas de maíz opaco-2 o de maíz-torta de soya que contenían 10 por ciento de proteína (Mahan *et al.*, 1971c).

Cuadro 17. Efecto del nivel protéico y del maíz opaco-2 en el comportamiento de la cerda y su camada^{1/}

Criterios	Proteína en la dieta					
	Dieta de maíz y torta de soya					Opaco-2 9.7%
	10%	12%	14%	16%	18%	
<u>Cerdas de primera parición</u>						
Peso de la cerda a la parición, kg	156.4	149.3	163.5	154.4	153.5	163.6
Pérdida de peso de la cerda, 0-28 días,kg.	-26.9	-15.3	-13.5	-12.8	-11.0	-25.3
Cons. de alim. de la cerda, 0-28 días,kg.	86.6	94.6	97.0	97.8	96.0	92.2
Peso de la camada, 28 días,kg.	45.9	49.2	51.4	54.6	53.0	49.8
Peso prom. del lechón, 28 días, kg.	5.7	6.2	6.4	6.8	6.6	6.2
<u>Cerdas de segunda parición</u>						
Peso de la cerda a la parición, kg.	188.4	195.0	187.9	197.9	186.4	184.8
Pérdida de peso de la cerda, kg.	-25.6	-20.8	-16.5	-15.6	-23.9	-22.0
Cons. de alim. de la cerda, kg.	109.0	111.8	107.1	114.7	116.0	114.1
Peso de la camada, 28 días, kg.	49.6	49.8	50.7	53.8	56.5	48.9
Peso prom. del lechón, 28 días	5.0	5.0	5.1	5.4	5.7	4.9

^{1/} Adaptado de Mahan, Baker y Jensen, 1971.

Maner y sus colaboradores colombianos (1971) compararon las dietas de maíz opaco-2 que contenían niveles sub-óptimos de proteína (9.8 y 12%) con una dieta de control de maíz común y torta de soya que contenía 16 por ciento de proteína. La dieta de 9.8 por ciento de proteína contenía sólo maíz opaco-2, vitaminas y minerales. Además de estos ingredientes, la dieta de 12 por ciento contenía 5.64 por ciento de torta de soya. Después de alimentar a las cerdas lactantes con estas dietas durante 35 días, no se observaron diferencias en el tamaño o en el peso de la camada (cuadro 18). Las cerdas alimentadas con la dieta de maíz opaco-2 de 9.8 por ciento de proteína perdieron significativamente más peso que los otros dos grupos del tratamiento.

Resumen

En resumen (figura 4) puede concluirse que el maíz opaco-2 puede utilizarse como la única fuente protéica durante los periodos de acabado, pre-gestación y gestación del ciclo de vida de los cerdos sin reducir su comportamiento cuando se comparan con dietas basadas en los requerimientos del Consejo Nacional de Investigaciones (National Research Council, figura 5). El maíz opaco-2 solo no es adecuado para los lechones, para los cerdos en crecimiento, ni para las cerdas lactantes y debe suplementarse con proteína y/o amino ácidos para que produzca un comportamiento óptimo y máximo. La ventaja del maíz opaco-2 es que contiene un mejor balance de amino ácidos, especialmente de lisina y triptófano, que permite un comportamiento igual en el cerdo con menos proteína suplementaria que el maíz común. El sistema alimenticio recomendado para el ciclo de vida del cerdo basado en maíz opaco-2 aparece en la figura 5.

Cuadro 18. Producción de las cerdas lactantes alimentadas con dietas de maíz opaco-2 con niveles sub-óptimos de proteína^{1/}

Criterios	Proteína en la dieta		
	Maíz común Torta soya Nivel protéico, %	Opaco-2 Torta soya 12	Opaco-2 9.8
Número de cerdas	23	26	25
Peso prom., 24 hr. post-partum, kg.	175.6	184.6	174.2
Peso prom., 35 días post-partum, kg.	188.3	195.0	172.0
Ganancia o pérdida prom. de la cerda, kg.	+12.8 ^a	+10.4 ^a	-2.2 ^b
Alimento diario prom. 0-35 días, kg.	4.63	4.85	4.57
Lechones nacidos vivos, número promedio	9.9	9.6	10.0
Número promedio de lechones a los 35 días.	7.4	7.4	8.0
Peso prom. al nacer, kg.	1.3	1.3	1.3
Peso prom. al destete, kg.	6.1	6.1	6.1

^{1/} Adaptado de Maner et al. 1971.

SISTEMA DE ALIMENTACION BASADO EN MAIZ OPACO-2

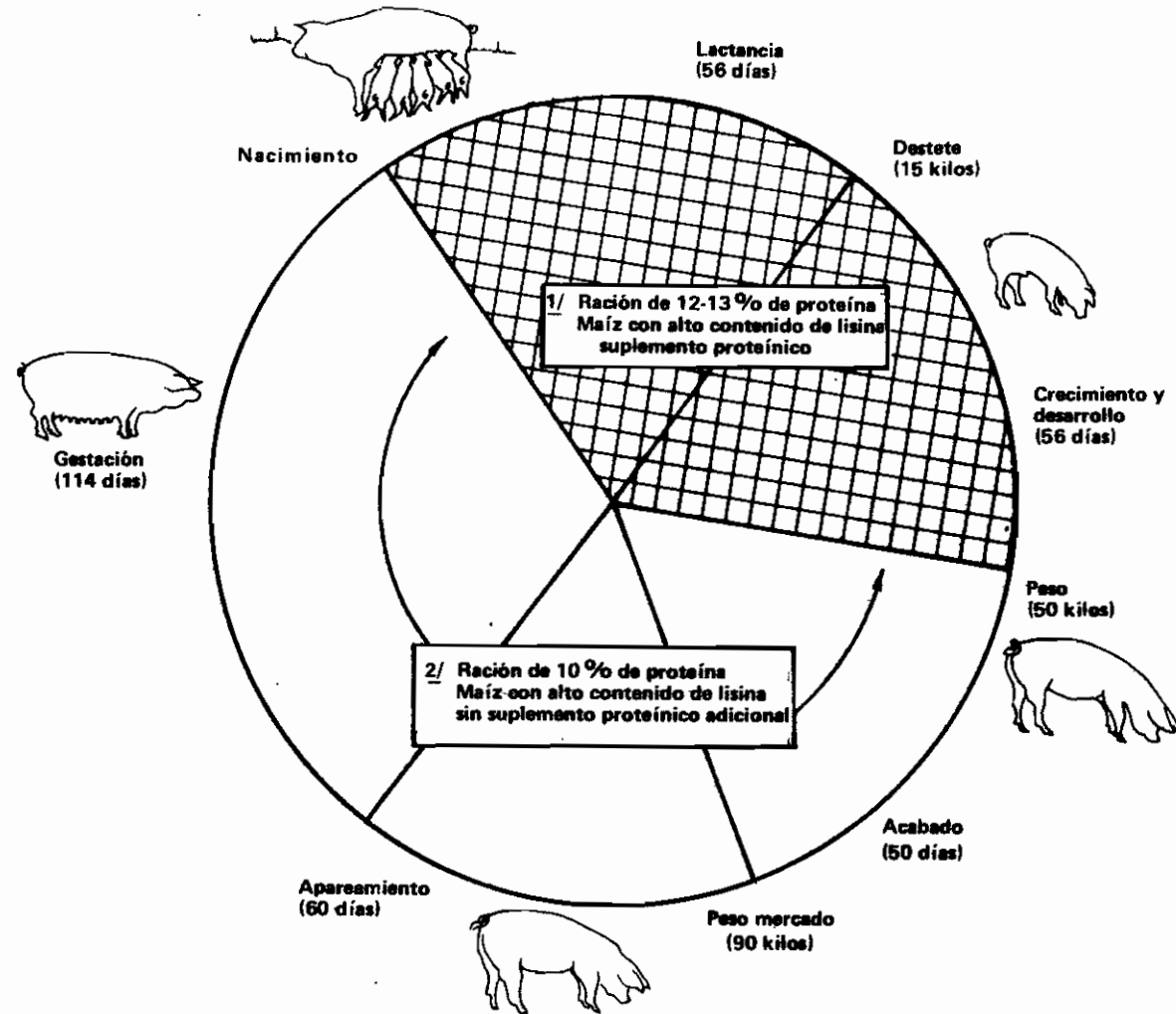


Figura 4. Sistema de alimentación recomendado basado en maíz opaco-2.

SISTEMA ALIMENTICIO BASADO EN MAIZ COMUN Y TORTA DE SOYA

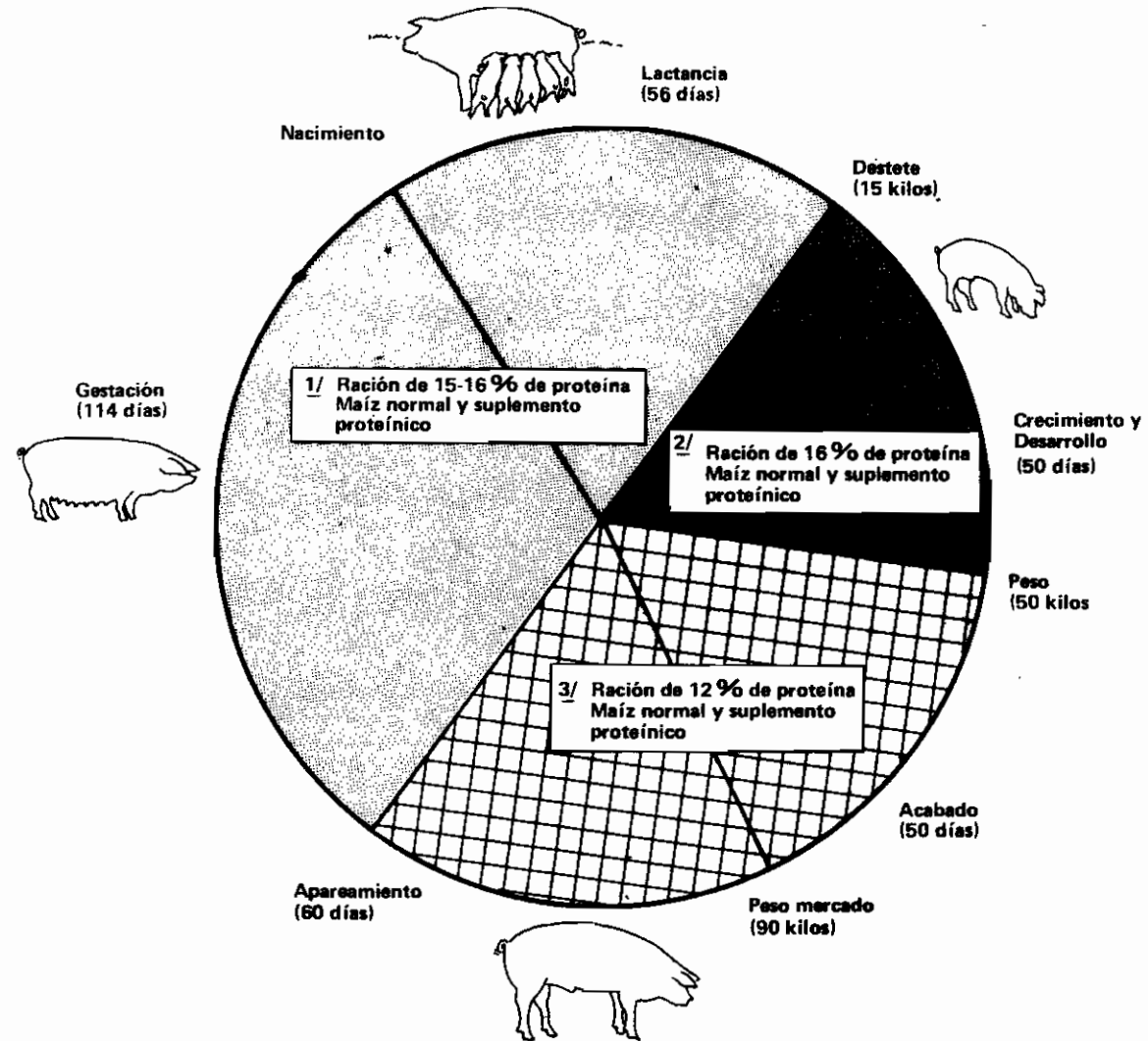


Figura 5. Sistema de alimentación recomendado basado en maíz común y torta de soya.

REFERENCIAS

- Baker, D. H., D. E. Becker, A. H. Jensen and B. G. Harmon. 1970. Protein source and level for pregnant gilts: a comparison of corn, opaque-2 corn and corn-soybean meal diets. *J. Animal Sci.* 30: 364.
- Becker, D. E., A. H. Jensen and B. G. Harmon. 1963. Balancing swine rations. Univ. of Illinois Circular 866. March, 1963.
- Beeson, W. M., R. A. Pickett, E. T. Mertz, G. L. Cromwell and O. E. Nelsen. 1966. Nutritional value of high-lysine corn. Proceedings 1966. Distillers Feed Research Council, Vol. 21: 70.
- Clawson, A. J., H. L. Richards, G. Matrone, and E. R. Barrick. 1963. Influence of level of total nutrient and protein intake on reproductive performance in swine. *J. Animal Sci.* 22: 662.
- Cromwell, G. L., R. A. Pickett and W. M. Beeson. 1967. Nutritional value of opaque-2 corn for swine. *J. Animal Sci.* 26: 1325.
- Drews, J. E., N. W. Moody, V. W. Hays, V. C. Speer and R. C. Ewan, 1969. Nutritional value of opaque-2 corn for young chicks and pigs. *J. Nutrition* 97: 537.
- Emerson, R. A., G. W. Beadle and A. C. Fraser. 1935. Summary of linkage in studies in maize. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Mem. No. 180.
- Gallo, J. T., J. H. Maner and I. Jiménez. 1968. Nutritive value of opaque-2 corn for growing pigs. *J. Animal Sci.* 28: 1152 (Abs.).
- Gallo, J. T., J. H. Maner, and M. Corzo. 1968. Feeding opaque-2 corn to finishing pigs. *J. Animal Sci.* 28: 1152.
- Gallo, J. T., J. H. Maner and M. Corzo. 1970. Opaque-2 vs. common corn with same total level of amino acids. *J. Animal Sci.* 31: 200 (Abs.).
- Gallo, J. T., J. H. Maner and I. Jiménez. 1970. Amino acid addition to Colombian opaque-2 and common corns. *J. Animal Sci.* 31: 200 (Abs.).
- Gipp, W. F. and T. R. Cline. 1972. Nutritional studies with opaque-2 and high protein opaque-2 corns. *J. Animal Sci.* 34: 963.
- Hesby, J. H., J. H. Conrad, M. P. Plumlee and T. G. Martin. 1970. Normal corn, opaque-2 corn and corn-soybean meal in swine reproduction. *J. Animal Sci.* 31: 56.
- Hesby, J. H., J. H. Conrad, M. P. Plumlee and R. B. Harrington. 1970. Nitrogen balance and serum protein response of gestating swine fed opaque-2 corn, normal corn and corn-soybean diets. *J. Animal Sci.* 31: 481.

- Holden, P. J., E. W. Lucas, V. C. Speer, and V. W. Hays. 1968. Effects of protein level during pregnancy and lactation on reproductive performance in swine. *J. Animal Sci.* 27: 1587.
- Klein, R. G., W. M. Beeson, T. R. Cline and E. T. Mertz. 1971. Opaque-2 and floury-2 corn studies with growing swine. *J. Animal Sci.* 32: 256.
- Kronka, R. N., L. Melotti, E. L. Caielli, A. J. Rodrigues, L. T. Miranda and P. Biondi. 1968. Utilizacao do milho opaco-2 no crescimento e engorda de suinos. *Bol. Indust. Anim.* 25: 197.
- Lenkeit, W. 1957. Effect of feeding on embryonic development. *Zuchtangskunde* 29: 397.
- Livingstone, R. M., R. M. MacPherson and F. W. H. Elsley. 1966. Note on the effect of protein concentration in the diets of pregnant sows on performance and carcass quality of their progeny. *Animal Prod.* 8: 337.
- Mahan, D.C., D. E. Becker and A. H. Jensen. 1971a. Effect of protein levels and opaque-2 corn on sow and litter performance during the first and second lactation periods. *J. Animal Sci.* 32: 470.
- Mahan, D. C., D.E. Becker, and A.H. Jensen. 1971b. Effect of protein level and opaque-2 corn on nitrogen metabolism in the sow and litter during the first and second lactation periods. *J. Animal Sci.* 32: 476.
- Mahan, D. C., D. E. Becker, B. G. Harmon and A. H. Jensen. 1971c. Effect of protein level and opaque-2 corn on sow milk composition. *J. Animal Sci.* 32: 482.
- Maner, J. H. and J. Gallo. 1969. Opaque-2 and common corn for growing-finishing pigs. Unpublished data.
- Maner, J. H., J. T. Gallo, H. Obando and J. Grant. 1969. Comparative responses of pigs fed common corn, opaque-2 corn, and corn-soybean meal diets at different levels of protein. *American Society of Agronomy. Detroit. 1969 (Abs.)*.
- Maner, J. H., W. G. Pond, R. Portela and J. Mesa. 1971. Maiz opaco-2 en dietas con niveles suboptimos de proteina para cerdos en lactancia. III Reunión Latinoamericana de Producción Animal. April 26-30, 1971. Bogotá, Colombia.
- Maner, J. H., W. G. Pond, J. T. Gallo, A. Henao, R. Portela and F. Linares. 1971. Performance of rats and swine fed Colombian Floury-2, Colombian Opaque-2 or normal corn. *J. Animal Sci.* 33: 791.

- Mertz, E. T., L. S. Bates and O. E. Nelson. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science* 145: 279.
- Misouic, M., V. Anastasijenic, N. Senkonic, I. Rajic, A. Dokin and M. Petronic. 1969. Studies of the nutritional value of corn with an improved protein composition (opaque-2) on the gain and feed conversion of early weaned pigs. *J. of Scientific Agricultural Research* 22: 71.
- Ocio, E. and J. Treviño. 1968. Valor biológico de la calidad de la proteína de maíz opaco-2 cultivado en España. *Actas de la VI Reunión Científica de la Sociedad Ibérica de Nutrición Animal*. Madrid, 1968.
- Osborn, T. B. and L. B. Mendel. 1914. Nutritive properties of proteins of the maize kernel. *J. Biol. Chem.* 18: 1.
- Pick, R. I. and R. J. Meade. 1970. Nutritive value of high lysine corn: deficiencies and availability of lysine and isoleucine for growing-swine. *J. Animal Sci.* 31: 509.
- Pickett, R. A. 1966. Opaque-2 corn in swine nutrition. *Proc. High-Lysine Corn Conf. Corn Industry-Research Foundation, Inc., 1001. Conn. Ave., Washington, D. C. pp. 19-22.*
- Pond, W. G., W. G. Wagner, J. A. Dunn and E. F. Walker, Jr. 1968. Reproduction and early postnatal growth of progeny in swine fed a protein-free diet during gestation. *J. Nutr.* 94: 309.
- Rippel, R. H., D. G. Rasmussen, A. H. Jensen, H. W. Norton and D. F. Becker. 1965. Effect of level and source of protein on reproductive performance of swine. *J. Animal Sci.* 24: 203.
- Roberts, E. D., J. Maner, J. Gallo and D. D. Harpstead. 1969. Comparison of the cellular influence of opaque-2 corn and common corn diets fed to swine. *American Society of Agronomy*. Detroit. 1969 (Abs.).
- Strachan, D. N., E. F. Walker, Jr., W. G. Pond, J. R. O'Connor, J. A. Dunn and R. H. Barnes. 1968. Reproduction in swine fed a protein-free diet at various stages of gestation. *J. Animal Sci.* 27: 1157 (Abs.).
- Thomas, H. R. and E. T. Kornegay. 1971. Lysine supplementation of high lysine corn and normal corn-peanut meal diets for growing swine. *J. Animal Sci.* 34: 587.