

ESTUDIO COMPARATIVO DEL MAIZ OPACO-2 Y MAIZ NORMAL Y EL EFECTO DE LA SUPLEMENTACION DE LISINA EN DIETAS PARA POLLOS EN INICIACION

Ing. Agr. ARTURO PRÓ M.¹
OSCAR NERI F.²
Ing. Agr. Ph. D. MANUEL CUCA G.¹

Resumen

Tres experimentos fueron realizados con pollos de engorda sin sexar, de una semana de edad, para estudiar el efecto de la suplementación de lisina a niveles subóptimos de proteína en dietas de 18, 12 y 9.5% de proteína a base de maíz opaco-ajonjolí, maíz común-ajonjolí o únicamente maíz opaco o maíz común. Los resultados obtenidos en estos tres experimentos indicaron que el maíz opaco es superior al maíz normal, debido a su mayor contenido de lisina y al aprovechamiento de este aminoácido por los pollos. Ambos maíces respondieron favorablemente a las suplementaciones de lisina, lo que indica que el maíz opaco, a pesar de haber sido mejorado en su contenido de lisina, no alcanza a cubrir el requerimiento de este aminoácido, para pollos en iniciación. Las suplementaciones de lisina en dietas de 18 y 12% de proteína tuvieron el mismo efecto en ambos maíces, ya que el maíz normal fue igual al maíz opaco, cuando se suplementaban hasta alcanzar cantidades iguales de lisina. A 9.5% de proteína las suplementaciones con este aminoácido fueron mejores para maíz opaco que para el maíz normal.

En México, el maíz es uno de los ingredientes básicos en la alimentación de la población humana, lo que trae consigo un limitado consumo de proteína de alto valor biológico, sobre todo en las zonas rurales, ya que la calidad de la proteína de este ingrediente se ve afectada grandemente por su deficiencia en lisina y triptofano. Recientemente, gracias a los avances logrados en fitomejoramiento, ha sido posible alterar la calidad de la proteína de este cereal, aumentando el contenido de los aminoácidos esenciales, lisina y triptofano, en este grano.

El primer resultado significativo con respecto a los cambios en la composición de la proteína de maíz fue el descubrimiento del gene mutante recesivo *opaco-2*, descrito originalmente por Singlenton y Jones (1930), y que comunica al maíz un fenotipo blando harinoso en lugar de aquel comúnmente observado de aspecto vidrioso y duro. Posteriormente se observó que este gene está localizado en el séptimo cromosoma del maíz (Nelson *et al.*, 1965) y que es el responsable de una marcada alteración en el contenido de aminoácidos de

la proteína del maíz (Mertz, 1963; Mertz *et al.*, 1964; Nelson *et al.*, 1965; Jiménez, 1966).

Estudios nutricionales en ratas (Mertz *et al.*, 1965), en cerdos (Beeson *et al.*, 1966), en aves (Rogler, 1966; Fonseca *et al.*, 1969; Pró *et al.*, 1970) y en humanos (Pradilla, 1969), han demostrado que el maíz opaco es superior al maíz normal. Cromwell *et al.* (1967a) indicaron que el maíz *opaco-2* fue superior al maíz normal en pollos en crecimiento, una vez que la deficiencia de metionina del primer aminoácido limitante fue corregida. Cromwell *et al.* (1967b), en experimentos llevados a cabo en cerdos, encontraron que los efectos benéficos del maíz *opaco-2* son debidos a su alto contenido de lisina y triptofano.

Con el objeto de estudiar el efecto de la suplementación de lisina a niveles subóptimos de proteína en dietas de 18, 12 y 9.5% de proteína a base de maíz opaco-ajonjolí, maíz común-ajonjolí o únicamente de maíz opaco o común, se realizaron tres experimentos, los que a continuación se describen:

Material y métodos

Se emplearon pollos de engorda Vantress-Cross sin sexar de una semana de edad, los que se alimentaron con una dieta común durante la primera semana de edad. Las aves se

Recibido para su publicación el 10 de noviembre de 1970.

¹ Técnico del Departamento de Avicultura del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, S.A.G., Km. 15½ de la carretera México-Toluca, México 10, D. F.

² Estudiante de la Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Edo. de México.

alojaron en criadoras eléctricas de batería, distribuidas en grupos de 5 aves cada uno, procurando que cada lote fuera igual en peso promedio. Cada tratamiento se dio por triplicado a lotes de 5 aves cada uno. El agua y el alimento se ofrecieron a libertad durante todo el período experimental. En los tres experimentos se empleó un diseño completamente al azar. Al final de cada semana se tomaron datos de peso de las aves y consumo de alimento.

La composición de las dietas base empleadas en estos trabajos se presentan en el cuadro 1, a partir de las cuales se realizaron sustituciones de L-monoclorhidrato de lisina (80% de pureza) por arena, con el fin de no alterar el total de la dieta.

Con objeto de hacer más crítica la deficiencia de lisina en las dietas de 18 y 12% de proteína y prevenir una posible deficiencia de metionina, se incluyó en estas dietas pasta de ajonjolí por su alto contenido de metionina y su baja cantidad de lisina.

En el primer experimento un total de 60 pollos fueron alimentados con dietas de 18% de proteína a base de maíz opaco-ajonjolí o maíz común-ajonjolí durante tres semanas. Cuatro niveles de lisina fueron estudiados en este trabajo, dos de los cuales 0.52 y 0.44% correspondieron a las dietas base (véase cua-

dro 1). A partir de estos niveles de lisina, la dieta de maíz opaco-ajonjolí fue suplementada con 0.576% de este aminoácido para alcanzar 1.1% de lisina total en la dieta. Asimismo, la dieta de maíz normal-ajonjolí se suplementó con 0.65% de lisina, para alcanzar la misma cantidad de lisina total.

En el segundo experimento, 120 pollos fueron alimentados con dietas de 12% de proteína a base de maíz opaco-ajonjolí o maíz común-ajonjolí por un período de dos semanas. Los niveles de lisina estudiados fueron 0.40 y 0.31%, que correspondieron a las dietas a base de maíz opaco y común respectivamente. A partir de estos niveles cada dieta base se suplementó con niveles graduados de lisina hasta alcanzar los niveles de 0.66, 1.1 y 1.37% de lisina total en ambos maíces. Un total de ocho dietas diferentes fueron estudiadas en este trabajo.

En el tercer experimento, las sustituciones de L-monoclorhidrato de lisina se realizaron en dietas de 9.5% de proteína a base de maíz común u opaco, las que se ofrecieron a 120 pollos durante dos semanas. Los niveles de lisina estudiados en este trabajo fueron 0.36%, cantidad que aportó la dieta base de maíz opaco, y de 0.26%, lo que aportó la dieta base de maíz común. A partir de estos niveles se hicieron suplementaciones con lisina en

CUADRO 1
Composición de las dietas base

	EXPERIMENTO					
	1		2		3	
Maíz opaco ^a (10.3%)	67.765	...	84.301	...	92.234	...
Maíz común (10.4%)	...	67.852	...	84.520	...	91.347
Pasta de ajonjolí ^b (42.4%)	24.650	24.500	7.825	7.566
Minerales ^c	5.524	5.524	5.524	5.524	5.524	5.524
Vitaminas ^c	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Arena	1.061	1.124	1.350	1.390	1.242	2.129
ANÁLISIS CALCULADO						
Proteína	18.05	18.06	12.0	12.0	9.50	9.50
Lisina	0.52	0.448	0.407	0.313	0.368	0.264
Metionina + cistina	0.510	0.570	0.268	0.343	0.176	0.259
Triptofano	0.117	0.091	0.096	0.068	0.090	0.059
Treonina	0.613	0.708	0.414	0.407	0.342	0.330

^a Indica el contenido de proteína de estos ingredientes.

^b En las dietas de 18% de proteína se empleó una pasta de ajonjolí de 44.9% de proteína.

^c Mezcla de vitaminas y minerales usada por Mendoza y Agullera (1964).

ambas dietas hasta obtener los niveles de 0.52, 1.1 y 1.37% de lisina total; de esta forma se obtuvieron ocho diferentes dietas.

La composición de aminoácidos de la proteína de los ingredientes que fueron utilizados en este trabajo se presentan en el cuadro 2. Puede apreciarse la notable diferencia en el contenido de lisina y triptofano entre los dos maíces; el maíz opaco es 28% más rico en lisina y 34% más rico en triptofano, pero 52% más bajo en metionina que el maíz normal. Esto sugiere que, desde el punto de vista químico, el maíz opaco es superior al maíz normal.

Resultados y discusión

Experimento 1

Los resultados del primer experimento se presentan en el cuadro 3 e indican que existen diferencias altamente significativas entre tra-

tamientos en las variables estudiadas ($P < 0.01$). Se puede notar que entre los tratamientos de maíz normal y opaco que no fueron suplementados con lisina (dietas base) se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) a favor del maíz opaco en peso final, consumo de alimento y conversión alimenticia, lo que demuestra que el maíz opaco es superior al maíz normal, debido a su mayor contenido de lisina. Cuando las dietas base de ambos maíces se suplementaron con lisina para alcanzar el nivel 1.1%, los dos maíces respondieron favorablemente a la adición de este aminoácido, ya que los pesos que alcanzaron los pollos que consumieron estas dietas fueron superiores a los pesos de los pollos que recibieron las dietas base. Entre los tratamientos suplementados no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.01$) Estos datos demuestran que los dos maíces responden favorablemente a las suplementaciones de lisina y que el maíz opaco, a pesar de contener una mayor cantidad, no alcanza a

CUADRO 2

Composición de aminoácidos de la proteína de los ingredientes empleados¹

Aminoácidos	Maíz normal a	Maíz opaco b	Pasta de ajonjolí c
Lisina	2.78	3.88	2.16
Histidina	2.69	2.91	1.86
Arginina	5.14	6.20	11.10
Acido aspártico	7.56	9.46	7.81
Treonina *	3.51	3.60	3.08
Serina	4.81	4.67	4.28
Acido glutámico	24.71	18.44	18.50
Prolina	6.90	6.40	3.42
Glicina	3.84	4.36	4.50
Alanina	7.85	6.07	4.24
Cistina *	1.18	1.11	1.30
Valina	5.11	4.51	3.22
Metionina *	1.55	0.75	1.93
Isoleucina	4.32	3.10	2.50
Leucina	12.50	9.28	5.46
Tirosina	4.04	3.83	3.15
Fenilalanina	5.29	4.78	4.14
Triptofano **	0.63	0.95	0.43

¹ Análisis realizado en el Laboratorio de Calidad de Proteínas del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Chapingo, Edo. de México.

a 10.4% de proteína.

b 10.3% de proteína.

c 42.4% de proteína.

* Considerable destrucción durante la hidrólisis ácida.

** Hidrólisis enzimática.

cubrir el requerimiento de este aminoácido para pollos en iniciación. Datos similares con cerdos han sido informados por Cromwell *et al.* (1967), quienes encontraron que el efecto benéfico del maíz opaco es debido a su mayor contenido de aminoácidos esenciales lisina y triptofano.

Experimento 2

Los resultados de este experimento con dietas de 12% de proteína se presentan en el cuadro 4, donde se puede notar que hubo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($P < 0.05$) en las variables consideradas. Se puede observar que los pollos que recibieron los tratamientos sin suplementación de lisina, alcanzaron los pesos más bajos en ambos maíces. En el experimento anterior el maíz opaco fue superior al maíz común, y los pollos que consumieron el maíz opaco fueron más pesados. Cuando las dietas

base fueron suplementadas con lisina los dos maíces respondieron favorablemente a la adición de este aminoácido, ya que el peso de las aves que recibieron estos tratamientos fue superior al de los pollos que consumieron las dietas no suplementadas. A partir del nivel de 0.66% de lisina total no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en peso final, consumo de alimento y conversión alimenticia y el resto de las suplementaciones. Lo que demuestra que un nivel de lisina proporcional al porcentaje de proteína es lo más recomendable desde el punto de vista nutricional, ya que se ahorra lisina y/o se evita un desbalance de aminoácidos.

Los resultados de este experimento ponen en evidencia nuevamente que el maíz opaco es superior al maíz normal, debido a la mejor calidad de su proteína, ya que ambos maíces responden a las suplementaciones de lisina, resultados que concuerdan con los obtenidos en el experimento anterior. Los resultados de estos dos experimentos están en des-

CUADRO 3

Variables consideradas para estudiar el efecto de la suplementación de lisina en dietas de 18% de proteína

Tratamientos	Lisina total en la dieta %	Peso promedio a la cuarta semana g	Consumo de alimento g	Conversión consumo/ganancia
Maíz normal + ajonjolí	0.44	192 ^{a 1}	498.2 ^a	4.44 ^a
Maíz normal + ajonjolí	1.10	436 ^c	784.4 ^c	2.21 ^c
Maíz opaco + ajonjolí	0.52	253 ^b	564.4 ^b	3.20 ^b
Maíz opaco + ajonjolí	1.10	399 ^c	773.4 ^c	2.43 ^c

¹ Cantidades con la misma letra no son diferentes estadísticamente ($P > 0.01$)

CUADRO 4

Resultados de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia a los 14 días de experimentación

	DIETAS CON 12% DE PROTEINA			
	% de lisina en la dieta	Peso promedio g	Consumo de alimento g	Conversión alimenticia
Maíz opaco	0.405	173.2 ^b	264.7 ^b	2.99 ^a
	0.660	208.1 ^a	335.8 ^a	2.73 ^a
	1.100	226.9 ^a	342.4 ^a	2.46 ^a
	1.370	215.4 ^a	337.5 ^a	2.61 ^a
Maíz normal	0.313	131.7 ^c	219.9 ^c	4.73 ^b
	0.660	208.1 ^a	341.8 ^a	2.78 ^a
	1.100	206.7 ^a	344.4 ^a	2.83 ^a
	1.370	205.5 ^a	341.3 ^a	2.84 ^a

¹ Cantidades con la misma letra no son diferentes estadísticamente ($P > 0.05$)

acuerdo con los informados por Cromwell *et al.* (1968), quienes han indicado que el maíz normal es superior al maíz opaco en dietas con soya a 20, 16 y 15% de proteína y que solamente cuando se cubre la deficiencia de metionina, el maíz opaco es superior al maíz normal. Mientras que en estos dos experimentos se ha encontrado que el maíz opaco en dietas con ajonjolí es superior al maíz normal, y cuando se suplementa al normal con la misma cantidad de lisina del opaco, ambos maíces tienen el mismo valor nutritivo.

Experimento 3

Los resultados de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de este experimento con dietas de 9.5% se presentan en el cuadro 5, donde se puede notar que los pollos que consumieron las dietas que no fueron suplementadas con lisina, son las que alcanzaron los pesos más bajos de todos los tratamientos en ambos maíces. Como en los dos experimentos anteriores, entre los dos tratamientos se observaron diferencias estadísticamente significativas al 5% a favor del maíz opaco. Respecto a las dietas que fueron suplementadas con este aminoácido a partir de 0.52% no se observaron diferencias estadísticamente significativas al 5% en las variables estudiadas. Se puede observar, en el mismo cuadro 5, que a pesar de que el maíz opaco y normal contenían iguales cantidades de lisina, los pesos de los pollos que consumieron maíz opaco fueron superiores a los de maíz normal. Es-

tas diferencias hacen pensar que se deben al contenido de triptofano entre los dos maíces y que a pesar de que también hay diferencias en el contenido de metionina entre los dos granos, es más crítica la deficiencia de triptofano en maíz normal que la deficiencia de metionina en maíz opaco. Neri (1970) observó una marcada respuesta a la suplementación de triptofano en dietas de maíz normal a 9.5% de proteína, lo que parece confirmar nuestras observaciones, a pesar de que Cromwell *et al.* (1968) han señalado que el maíz *opaco-2* es inferior al maíz normal por su bajo contenido de metionina.

Se puede observar que entre los resultados obtenidos en este experimento y los dos primeros existen diferencias, ya que en los dos primeros experimentos no se observaron diferencias cuando ambos maíces tenían la misma cantidad de lisina. Sin embargo, en este tercer experimento se obtuvieron mayores pesos en los pollos que consumieron maíz opaco, a pesar de contener la misma cantidad de lisina que el maíz común. Lo que significa que el ajonjolí en los dos primeros experimentos proporcionó el triptofano y la metionina en cantidades adecuadas para el maíz normal.

Los resultados en estos experimentos ponen de manifiesto claramente que el maíz opaco es superior al maíz normal; debido a que en este nuevo maíz se ha reducido la síntesis de zeína y se ha incrementado la cantidad de albúminas, globulinas y gluteínas por efecto del gene recesivo *opaco-2*, el que comunica una marcada alteración en el contenido de lisina,

CUADRO 5

Resultados de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia a los 14 días de experimentación

DIETAS CON 9.5% DE PROTEINA				
	% de lisina en la dieta	Peso promedio g	Consumo de alimento g	Conversión alimenticia
Maíz opaco	0.368	183.1 ^b	294.5 ^c	3.00 ^{ab}
	0.522	199.6 ^a	321.6 ^a	2.81 ^a
	1.100	194.2 ^a	315.1 ^{ab}	2.88 ^a
	1.370	195.8 ^a	316.0 ^{ab}	2.84 ^a
Maíz normal	0.264	131.9 ^d	230.4 ^d	4.91 ^e
	0.522	156.9 ^c	251.2 ^d	3.49 ^{bc}
	1.100	153.6 ^c	245.6 ^d	3.59 ^{cd}
	1.370	141.3 ^d	226.6 ^d	4.08 ^d

¹ Cantidades con la misma letra no son diferentes estadísticamente (P > 0.05)

triptofano, histidina, arginina, ácido aspártico y glicina en el maíz *opaco-2* (Mertz, 1963; Mertz *et al.*, 1964). El bajo valor biológico de la proteína del maíz normal es debido precisamente a un mayor contenido de zeína, la que es deficiente en lisina y triptofano (Mitchell *et al.*, 1952). Una correlación positiva muy alta entre el contenido de proteína del maíz y zeína fue informado por Showalter y Carr (1922) y Dobbins *et al.* (1950), lo que significa que el maíz normal mientras más alto sea su contenido en proteína, el valor biológico de ésta será menor y viceversa.

De los resultados obtenidos en estos tres trabajos podemos concluir que el maíz *opaco* es nutricionalmente superior al maíz normal a niveles de 18, 12 y 9.5% de proteína, y que las suplementaciones con lisina mejoran el valor biológico de la proteína de ambos maíces. Siendo más conveniente suplementar un nivel de lisina proporcional a la cantidad de proteína de la dieta, porque en esta forma se ahorra lisina y/o se evita un desbalance de aminoácidos.

Agradecimiento

Se agradece la cooperación del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

(CIMMYT) por la muestra de maíz *opaco* y aminoácidos proporcionados para estos trabajos. Asimismo, a la doctora Evangelina Villegas por la determinación de los aminogramas de los ingredientes empleados en estos experimentos.

Summary

Three experiments using 7-day-old broiler chicks were conducted to study the effect of L-lysine supplementation to diets with 18, 12 and 9.5% protein, using *opaque-2*-sesame meal, normal corn-sesame meal, *opaque-2* or normal corn. The results indicated that *opaque-2* is superior to normal corn, due to its higher lysine content. Both corn diets responded to L-lysine supplementation. This means that although *opaque-2* is higher in lysine, is not enough to meet the requirements for baby chicks. L-lysine supplementation to 18 and 12% protein diets gave similar results in both corns; normal corn was similar to *opaque-2* when supplemented with the same amount of L-lysine. With 9.5% protein diets. L-lysine supplementation was better in *opaque-2* than in normal corn.

Literatura citada

- BEESON, W. M., R. A. PICKETT, E. T. MERTZ, G. L. CROMWELL y O. E. NELSON. 1966. *Nutritional Value of High Lysine Corn*. Purdue Univ. Res. Progress. Rept. 227.
- CROMWELL, G. L., J. C. ROGLER, W. R. FEATHERSTON y R. A. PICKETT. 1967a. *Nutritional Value of Opaque-2 Corn for the Chick*. Poultry Sci. 46: 705-712.
- CROMWELL, G. L., R. A. PICKETT y W. M. BEESON. 1967b. *Nutritional Value of Opaque-2 Corn for Swine*. J. Animal Sci. 26: 1325-1331.
- CROMWELL, G. L., J. C. ROGLER, W. R. FEATHERSTON y T. R. CLINE. 1968. *A Comparison of the Nutritive Value of Opaque-2, Flourey-2 and Normal Corn for the Chicks*. Poultry Sci. 47: 840-847.
- DOBBINS, F. A., J. L. KRIDER, T. S. HAMILTON, E. B. EARLEY y S. W. TERRIL. 1950. *Comparison of High and Low Protein Corn for Growing-Fattening Pigs in Drylot*. J. Animal Sci. 9: 625-633.
- FONSECA, J. B., J. C. ROGLER, W. R. FEATHERSTON y T. R. CLINE. 1969. *Nutritional Evaluation of Opaque-2 Corn and Safflower Meal in Poultry Rations*. Poultry Sci. 48: 1807.
- JIMÉNEZ, J. R. 1966. *Protein Fractionation Studies of High Lysine Corn*. Proc. High-Lysine Corn Conf. Corn Industry Research Foundation. Washington, D.C. pp. 74-79.
- MENDOZA, F. C. y A. AGUILERA. 1964. *Eficacia de una dieta semipurificada a base de pasta de ajonjolí y almidón para producir deficiencia de vitamina A en pavos y pollos de iniciación*. Téc. Pec. en Méx. 3: 29-32.
- MERTZ, E. T. 1963. *Corn Proteins. A Chemical and Nutritional Prospective*. Proc. 18th Am. Hybrid Corn Industry-Research. Conf. (Publ. N° 18, American Seed Trade Assoc. Washington, D.C.), p. 7-12.
- MERTZ, E. T., L. S. BATES y O. E. NELSON. 1964. *Mutant Gene That Changes Protein Composition and Increase Lysine Content of Maize Endosperm*. Science 145: 279-280.
- MERTZ, E. T., O. A. VERON, L. S. BATES y O. E. NELSON. 1965. *Growth of Rats Fed on Opaque-2 Maize*. Science 148: 1741-1742.

- MITCHELL, H. H., T. S. HAMILTON y J. R. BEADLES. 1952. *The Relationship Between the Protein Content of Corn and the Nutritional Value of the Protein*. J. Nutr. 48: 461-476.
- NELSON, O. E., E. T. MERTZ y L. S. BATES. 1965. *Second Mutant Gene Affecting the Aminoacid Pattern of Maize Endosperm Proteins*. Science 150: 1469-1470.
- NERI, O. F. 1970. Comunicación personal.
- PRADILLA, A. 1969. Comunicación personal.
- PRO, M. A., O. NERI F., E. AVILA G. y M. CUCA G. 1970, etc. etc.
- PRÓ, M. A., O. NERI F., E. AVILA G. y M. CUCA G. 1970. *Comparación entre el maíz común y el opa-co-2, energía metabolizable y valor nutritivo para pollos en iniciación*. XIV Congreso Mundial de Avicultura. Madrid, España.
- ROGLER, J. C. 1966. *A Comparison of Opaque-2 and Normal Corn for the Chick*. Proc. High Lysine Corn. Conf. Corn Industry Research. Foundation. Inc. 1001. Conn Ave., Washington, D.C. pp.23-25.
- SHOLWALTER, M. F. y R. H. CARR. 1922. *Characteristic Proteins in High and Low Protein Corn*. J. Am. Chem. Soc. 44: 2019.
- SINGLETON, W. R., y D. F. JONES. 1930. *Heritable Characters of Maize XXXV Maile Sterile*. Jour. Heredity 21: 266-268.