

# PRUEBAS QUÍMICAS COMO ÍNDICE DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DE HARINAS DE ALGODÓN SOMETIDAS A DIFERENTES TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE COCCIÓN

Q.F.B., M. S IRMA TEJADA HERNÁNDEZ<sup>1</sup>

## Resumen

Se condujeron dos experimentos con objeto de encontrar pruebas químicas que puedan ser usadas como índice de calidad biológica de harinas de algodón y de determinar el efecto que la temperatura y el tiempo de calentamiento tienen sobre su valor biológico utilizando al pollito como indicador.

Los resultados de las pruebas químicas fueron relacionados estadísticamente con el peso de los pollitos, obteniéndose las siguientes observaciones y conclusiones:

La presión aplicada a la harina de algodón afectó negativamente el peso de los pollos a la 4a. semana, la cantidad de lisina, el nitrógeno soluble en NaOH 0.02 N y el gosipol libre. El tiempo de calentamiento afectó en forma significativa únicamente al triptófano. Se encontró una relación positiva entre el peso de los pollos, la lisina, el N soluble en NaOH 0.02N y el gosipol libre. El gosipol libre y el gosipol total se relacionaron positivamente. De los resultados obtenidos puede concluirse que lisina, N soluble en NaOH 0.02 N y gosipol libre, pueden ser usados como indicadores de la calidad biológica de harinas de algodón.

Se da el nombre de harinolina, pasta, torta o harina de algodón a un subproducto obtenido en la industria del algodón muy apreciado en alimentación humana y animal.

Después "del despepitado o desmotado", se someten las semillas a un tratamiento para separar la almendra de la cascarilla, esta separación es controlada para dar harinas de algodón (H.A.) con diferente contenido proteínico.

La almendra, con cierta cantidad de cascarilla, es luego triturada y cocida con agua. La pasta así obtenida, es posteriormente deshidratada para ser sometida a alguno de los procedimientos para extracción del aceite.

Los procesos para extracción del aceite más usuales son prensado hidráulico y de tornillo, prensa-disolvente y disolvente; estos procesos varían no sólo de acuerdo con el equipo usado, sino también con la temperatura y tiempo de cocimiento, la presión aplicada para extracción del aceite y la humedad residual de la pasta antes de ser extraído el aceite.

Como puede suponerse, los diferentes métodos de extracción imparten características propias a las tortas residuales, ya que la tem-

peratura, humedad y presión aplicadas influyen sobre los compuestos químicos que forman la harinolina.

Con temperatura y presión elevadas, los almidones se dextrinizan parcialmente y las proteínas se desnaturalizan, lo cual provoca, cuando el procedimiento es muy drástico, que la disponibilidad biológica de la proteína se reduzca.

Tanksley (1970) y Altschul (1958) indican que la disponibilidad de la proteína de H.A. se reduce debido a la formación de complejos entre los carbohidratos y pigmentos de la semilla, que reciben el nombre genérico de gosipol, con el grupo epsilon-amino de la lisina, los cuales son resistentes a la digestión y/o absorción (gosipol ligado). Es factible que estos compuestos no se formen únicamente con lisina sino que otros aminoácidos reaccionen en la misma forma.

La cantidad de gosipol residual en la H. A. también le imparte características propias, ya que su presencia en dosis elevadas la hace indeseable como alimento para animales monogástricos, debido a la toxicidad de este producto; los límites de seguridad en raciones para pollos se establecen en no más de 50 p.p.m., si se adiciona fierro a la ración (Tanksley, 1970); raciones con más de 20 mg de gosipol libre/100 g reducen ya el aumento diario de peso en cerdos (Bressani, 1972).

Recibido para su publicación el 14 de junio de 1973.

<sup>1</sup> Depto. de Nutrición Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. S.A.G. Carr. México-Toluca. Km15.5, México, D. F.

En México, el método de extracción del aceite más usual es el de prensa-disolvente, el cual, si se lleva a cabo bajo condiciones controladas, puede producir harinas de alta calidad proteínica (Urbiola, 1970).

El hecho de que las H.A. que van a ser usadas en alimentación de monogástricos (cerdos y aves) deban de tener un contenido de gosipol reducido, ha originado que se aplique mayor temperatura de la necesaria durante la extracción del aceite, ya que como se apuntó antes, de esta manera se reduce el gosipol residual aun cuando desafortunadamente, también la calidad proteínica de la harina se vea afectada.

Como solución para el problema de la toxicidad debida al gosipol, se han desarrollado variedades de algodón con bajo contenido de este pigmento; estas variedades se usan en forma más o menos amplia en E.U., sin embargo, en México, su uso no se ha extendido todavía. Recientemente se aplican procedimientos como el llamado Liquid Cyclone, el cual mediante disolventes, elimina gran parte de el gosipol libre, no ligado a ningún otro compuesto, pero su aplicación requiere instalaciones costosas y su uso no se ha extendido tampoco (Bressani, 1972).

En 1917, Withers y Carruth apuntaron el efecto beneficioso que la adición de fierro tenía para contrarrestar la toxicidad del gosipol, desde entonces mucho se ha trabajado en ese sentido, Bressani *et al.* (1964), han estudiado *in vitro* que la adición de sulfato ferroso a la dieta reducía el gosipol libre. Estos mismos autores encontraron un efecto sinérgico entre sulfato ferroso y el hidróxido de calcio, el cual redujo el contenido de gosipol a casi 0. La adición de sulfato ferroso e hidróxido de calcio a raciones para cerdo conteniendo gosipol, eliminó la despigmentación del pelo comúnmente observada en intoxicaciones con este pigmento, concluyendo que existía protección total al adicionar los dos minerales (Braham *et al.*, 1967).

El precio que la H.A. alcance está condicionado a su contenido de proteína total, aun cuando en ocasiones no tenga un alto grado de disponibilidad para el animal; es por esto que las investigaciones actuales se han encaminado a establecer métodos químicos que indiquen en una forma indirecta la calidad biológica de concentrados destinados a ali-

mentación animal. Así Akeson y Stahmann (1964) encontraron una buena relación entre el índice digestivo *in vitro* con pepsina y pancreatina y la calidad proteínica de concentrados. Lyman, Chang y Couch (1953) encuentran una buena correlación entre el porcentaje de proteína soluble en NaOH 0.02 N y el peso de pollitos alimentados con diferentes H.A. Urbiola (1970) observa que en 60 muestras de H.A., el porcentaje de proteína soluble en NaOH 0.02 N estuvo entre 44.7 y 88.2%; el gosipol total entre 0.39 y 1.57 y la relación gosipol total-gosipol libre entre 0.021 y 0.141%.

El trabajo que aquí se describe, tuvo por objeto determinar el efecto que la temperatura y el tiempo de calentamiento tienen sobre el valor biológico de H.A. utilizando como indicador el peso de los pollitos alimentados con ella. Se hicieron asimismo 5 determinaciones químicas a las harinas: lisina, triptófano, gosipol libre y total y proteína soluble en NaOH 0.02 N; los resultados fueron relacionados estadísticamente con el peso de los pollitos, para conocer si existe alguna correlación entre estas variables y utilizar dichas pruebas químicas como indicadores de la calidad biológica de las H.A.

## Material y métodos

Se utilizó harina de algodón extraída con disolventes.<sup>2</sup> Se obtuvieron 8 lotes subdivididos en tres sublotos de 1 kg cada uno. En cada lote se aplicó el tratamiento térmico por triplicado.

Después de cada tratamiento la harina se dejó al aire durante 24 horas para estabilizar su contenido de humedad.

Se adicionó sulfato ferroso a las raciones en cantidad equivalente a dos partes de fierro por una de gosipol proveniente de la H. A. empleada.

Se hicieron las siguientes determinaciones a las harinas de algodón de cada tratamiento: Lisina (Block, 1956)<sup>3</sup> Triptófano (Millar, 1967),<sup>3</sup> nitrógeno soluble en NaOH 0.02 N (Lyman, Chang y Couch, 1953), gosipol libre y total (A.O.C.S., 1964).

<sup>2</sup> Proporcionada por el Dr. Luis A. Montoya, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

<sup>3</sup> El análisis fue realizado en los laboratorios de Alimentos Balanceados de México, S. A. (ALBA-MEX).

Se utilizaron 96 pollos Vantress <sup>4</sup> de un día de edad, los cuales fueron mantenidos con una dieta de iniciación (Cuadro 1) por una semana, con objeto de hacer una selección más homogénea de acuerdo al peso de los pollos al inicio de los experimentos.

**CUADRO 1**  
**Composición de la dieta de iniciación.**  
**Experimentos 1 y 2**

Ingredientes	%
Pasta de soya	47.00
Maíz amarillo	41.77
Aceite de maíz	6.00
DL-Metionina	0.25
Harina de hueso	2.10
Carbonato de calcio	0.80
Cloruro de sodio iodatado	0.50
Sulfato de magnesio H <sub>2</sub> O	0.03
Carbonato de zinc	0.05
Mezcla de vitaminas 1/	1.50
Proteína (calculada)	24.0

<sup>1</sup> Mezcla de vitamina/kg ración: Vitamina A, 22,000 UI, clorhidrato de tiamina, 12.1 mg., riboflavina, 12.1 mg., clorhidrato de piridoxina, 24.0 mg., vitamina B12, 53.9 mg., vitamina D3, 5600 mg., niacina, 132.0 mg., pantotenato de calcio, 50.0 mg., cloruro de colina, 2000 mg., bacitracina cinc, 20 mg., bht, 208 mg.

Los pollitos fueron distribuidos al azar y alojados en una criadora de batería provista de calefacción eléctrica con regulación termostática. Agua y alimento se proporcionaron a libre acceso.

Se llevó registro semanal de peso corporal y consumo de alimento por grupo.

### Experimento 1

En el primer experimento se siguió un diseño completamente aleatorio con 8 tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Se probaron 3 presiones (5, 10, 15 lbs/pulg<sup>2</sup>) y 5 tiempos (12, 24, 26, 48 y 60 min.), utilizando como testigo a la H.A. de algodón sin tratamiento térmico posterior.

<sup>4</sup> Obsequio de Western Hatcheries, S. A.

Se inició el experimento con pollos de una semana, los que fueron distribuidos de acuerdo a sus pesos (3 pollitos por jaula), con una duración de 4 semanas al cabo de las cuales se registró el peso de los pollitos para su análisis estadístico.

En las raciones experimentales el 80% de proteína fue proporcionada por la H.A. (Cuadro 2).

**CUADRO 2**

**Composición de las dietas experimentales.**  
**Experimento 1**

Ingredientes	%
Harina de algodón I/	47.00
Harina de pescado	5.00
Maíz amarillo	17.63
Azúcar	21.64
Aceite de maíz	4.00
DL-Metionina	0.25
Harina de hueso	1.00
Carbonato de calcio	1.00
Cloruro de sodio iodatado	0.50
Sulfato ferroso 7 H <sub>2</sub> O	0.40
Sulfato de magnesio H <sub>2</sub> O	0.03
Carbonato de zinc	0.05
Mezcla de vitaminas 2/	1.50
Proteína calculada	22.0

1/ La harina de algodón de cada tratamiento.

2/ La misma que la usada en la dieta de Iniciación.

Los resultados se muestran en los cuadros 3 y 4; de estos datos puede verse que la presión aplicada afectó negativamente al peso de los pollos, la cantidad de lisina, el nitrógeno soluble y el gosipol libre. Únicamente el triptófano se vio afectado por el tiempo. El peso de los pollos, la lisina, el nitrógeno soluble y el gosipol libre estuvieron relacionados en forma positiva como era de esperarse. Se encontró una relación positiva entre la lisina, el nitrógeno soluble y el gosipol libre. El nitrógeno soluble afectó positivamente al gosipol libre. El gosipol total y el gosipol libre se relacionaron positivamente.

Los resultados obtenidos, concuerdan con lo descrito por Altschul (1958) y Tanksley (1970) en el sentido de que temperaturas elevadas tienden a reducir el valor biológico

de las H.A. y con Lyman, Chang y Couch (1953), en que la proteína soluble en NaOH 0.02 N puede ser usada como indicador de calidad proteínica de H.A.

En este caso, se encontró que la cantidad de lisina, determinada por métodos microbiológicos, la proteína soluble y el gossipol libre pueden ser usados como índices químicos de la calidad biológica de H.A.

Los valores obtenidos para nitrógeno soluble en NaOH 0.02 N son inferiores a lo indicado por Lyman, Chang y Couch (1953) y por Urbiola (1970) para H.A. extraída con disolventes, sin embargo, el contenido de Lisina y Triptófano sí estuvieron dentro de los límites sugeridos por el NRC, 1969.

A pesar de que nuestros resultados muestran que el gossipol libre puede ser usado como indicador de la calidad biológica de H.A., su presencia en mayor o menor cantidad, no estará indicando que dichos pigmentos sean benéficos para animales monogástricos y sólo señalará la severidad del calentamiento térmico a que fue sometida la harina, ya que en la cantidad residual de gossipol libre de una harina van a intervenir factores como son: la variedad de algodón empleada y el proceso de obtención de la H.A.

El contenido de lisina ya ha sido usado como índice de calidad nutritiva de la proteína, ya que este aminoácido es el más limitante en H.A. (Bressani, 1972).

CUADRO 3  
Resultados del experimento 1

Tratamiento	Peso promedio pollos (a las 5 sem.) g	Triptófano <sup>1</sup>	Lisina <sup>1</sup>	Nitrógeno <sup>2</sup> soluble en NaOH 0.02N	Gossipol libre	Gossipol total
1 (Testigo)	317.3	1.35	4.67	35.85	0.041	0.944
2 ( 5#/24 min)	287.7	1.10	4.60	26.55	0.0237	0.744
3 ( 5#/48 min)	284.3	1.18	4.50	26.83	0.0239	0.680
4 (10#/12 min)	280.7	1.30	3.86	25.05	0.0214	0.725
5 (10#/36 min)	268.7	1.20	3.82	23.82	0.0191	0.808
6 (10#/60 min)	266.3	1.12	3.75	22.51	0.0187	0.595
7 (15#/24 min)	255.3	1.26	3.73	21.58	0.0180	0.657
8 (15#/48 min)	244.0	1.23	3.71	18.47	0.0175	0.757

1/ Como porciento de proteína.

2/ Como porciento de nitrógeno total

CUADRO 4  
Correlaciones entre las variables, exp. 1

	Tiempo	Peso	Triptófano <sup>1</sup>	Lisina	N Soluble NaOH 0.02N	Gossipol libre	Gossipol total
Presión	- 0.43	- .96**	- .09	- .92**	- .94**	- .87**	- .54
Tiempo		- .64	- .70*	- .41	- .66	- .66	- .67
Peso			0.29	0.85**	0.98**	0.99**	0.60
Triptófano				0.002	0.66	0.50	0.59
Lisina					0.83**	0.78*	0.48
N Soluble						0.96**	0.67
Gossipol libre							0.76*

\* P<0.05.

\*\* P<0.1.

Bressani (1972) revisa las semejanzas que existen en la sintomatología observada en animales que sufren deficiencias de lisina e intoxicaciones por gosipol y sugiere que quizá la llamada toxicidad del gosipol es debida, al menos en parte, a una acentuada deficiencia de lisina. En nuestro caso, observamos que aunque las raciones contenían sulfato ferroso, a medida que disminuyó el gosipol libre, también disminuyó la cantidad de lisina, lo cual se reflejó en menores pesos de los pollos.

El análisis de varianza del peso de los pollos a las 5 semanas de edad demostró que existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos y que estas diferencias se deben únicamente al efecto de la pre-

## Experimento 2

Este segundo experimento fue diseñado para confirmar los resultados obtenidos en la prueba anterior. Para este fin se aplicaron 8 tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento en un diseño completamente aleatorio, en el que se probaron 5 presiones (4, 8, 12, 16 y 20 lbs/pulg.<sup>2</sup>) y 2 tiempos (5 y 65 min) utilizando como en el primero de los experimentos a la H.A. sin tratamiento térmico posterior como testigo.

Cada dieta experimental fue probada durante 3 semanas con grupos de 4 pollitos de una semana, 2 machos y 2 hembras. La proteína estuvo proporcionada en su totalidad

CUADRO 5  
Ecuación de predicción para las variables estudiadas. Experimento

	R <sup>2</sup>	Sy/x	C.V.
Peso de los pollos = $317.25 - 2.50P - 0.79T + 0.01T^2 - 0.03p^7$	0.998	1.31	0.48
Gosipol total = $0.94 - 0.03P - 0.001T^2 + 0.0009PT$	0.87	0.05	6.76
N Soluble en NaOH 0.02N = $34.58 - 0.79P - 0.08T$	0.96	1.25	5.00
Gosipol libre = $0.039 - 0.0035P + 0.00014p^2$	0.96	0.0019	8.17
Triptófano = No existe correlación con ninguna de las variables estudiadas			
Lisina = $4.74 - 0.76P$	0.84	0.18	4.52

P = Presión (lbs/pulg.<sup>2</sup>).  
T = Tiempo (min.).  
PT = Presión X Tiempo.

sión, ya que no se encontraron diferencias entre tiempo, ni debidas a la interacción Presión X Tiempo. El efecto que la presión tiene sobre el valor biológico de la H.A., bajo las condiciones del experimento y usando las 24 observaciones individuales, puede quedar definido con la siguiente ecuación de predicción:

$$\begin{aligned} \text{Peso} + 312.00 - 4.17 P \text{ (lbs/pulg}^2\text{)} \\ R^2 &= 0.67 \\ Sy/x &= 14.75 \\ C. V. &= 5.35\% \end{aligned}$$

Las ecuaciones de predicción para las variedades estudiadas analizando las medias de los valores obtenidos en las tres repeticiones, se observan en el Cuadro 5.

por H.A. (Cuadro 6). Con objeto de acentuar las diferencias entre tratamientos, el contenido de proteína (18%) fue subóptimo con relación al nivel de energía metabolizable 308 Kcal/g).

Los resultados obtenidos son descritos en los cuadros 7 y 8: Como en el experimento anterior, se observó que la presión afectó negativamente al peso de los pollos, lisina, N soluble y gosipol libre. El peso de los pollos, la lisina, el N soluble, el gosipol libre y gosipol total estuvieron relacionados positivamente. Lisina afectó positivamente al N soluble y al gosipol libre. Gosipol libre y gosipol total se encontraron relacionados positivamente. A diferencia del primer experimento el peso de los pollos se relacionó, además de con lisina, N soluble y gosipol libre, con el

CUADRO 6  
Composición de las dietas experimentales.  
Experimento 2

Ingredientes	%
Harina de algodón <sup>1</sup>	47.6
Azúcar	42.67
Aceite de maíz	4.00
DL-Metionina	0.25
Harina de hueso	2.00
Carbonato de calcio	1.00
Cloruro de sodio iodatado	0.50
Sulfato ferroso 7H <sub>2</sub> O	0.40
Sulfato de manganeso H <sub>2</sub> O	0.03
Carbonato de zinc	0.05
Mezcla vitamínica <sup>2</sup>	1.50
Proteína calculada	18.0

<sup>1</sup> La harina de algodón de cada tratamiento

<sup>2</sup> La misma que en el experimento 1

gospol total. El triptófano estuvo relacionado con el N soluble y góspol libre, y total. El N soluble se relacionó con el góspol libre y total.

Siendo considerado el góspol total como la suma de el contenido de góspol libre y góspol ligado, cabría esperar que su presencia en una H.A. sometida a diferentes condiciones térmicas variara, de acuerdo a límites

muy reducidos o no variara en lo absoluto. En nuestro caso, observamos variaciones entre tratamientos que pudieran ser atribuidas a deficiencias en el método analítico o a las condiciones ambientales creadas en un momento de el tratamiento térmico.

La forma en la que se afectó el triptófano, con los tratamientos térmicos, difiere de la observada con lisina, ya que el primero, triptófano, se vio afectado en forma significativa por el tiempo (Cuadro 4) y no por la presión; en el segundo experimento (Cuadro 8) se observa la misma tendencia aun cuando el efecto no fue significativo. Estos resultados sugieren mecanismos diferentes de inactivación o una mayor resistencia, por parte del triptófano, a la formación de compuestos insolubles. Es, sin embargo, interesante el hecho de que el triptófano esté relacionado significativamente con el nitrógeno soluble y góspol libre a semejanza de lisina (Cuadro 8).

El cuadro 9 muestra las ecuaciones de predicción para las variables estudiadas, utilizando las medias de los valores obtenidos en las tres repeticiones.

### Conclusiones

De los resultados obtenidos se puede concluir que lisina, nitrógeno soluble en NaOH 0.02 N y góspol libre, pueden ser usados como indicadores de la disponibilidad, para el pollito, de las harinas de algodón.

CUADRO 7  
Resultados del experimento 2

Tratamiento	Peso promedio pollos (a las 4 sem.) g	Triptófano <sup>1</sup>	Lisina <sup>1</sup>	Nitrógeno <sup>2</sup> soluble en NaOH 0.02N	Góspol libre	Góspol total
1 (Testigo)	169.3	1.35	4.67	35.85	0.0410	0.944
2 (4#/ 5 min)	166.7	1.11	4.60	29.75	0.0320	0.863
3 (4#/65 min)	162.3	1.00	4.53	27.76	0.0296	0.678
4 (8#/ 5 min)	159.0	1.15	4.33	16.40	0.0288	0.739
5 (12#/5 min)	153.3	1.12	4.15	23.00	0.0257	0.670
6 (16#/5 min)	151.0	1.10	4.14	19.80	0.0227	0.742
7 (20#/5 min)	16.0	1.06	3.95	17.10	0.0304	0.758
8 (20#/65 min)	147.7	1.00	3.70	14.23	0.0193	0.647

1/ Como porcentaje de proteína.

2/ Como porcentaje de nitrógeno total.

CUADRO 8  
Correlaciones entre las variables. Exp. 2

	Tiempo	Peso	Triptófano	Lisina	N Soluble NaOH 0.02N	Gasipol libre	Gasipol total
Presión	0.15	-.78*	-.58	-.96**	-.98**	-.76*	-.61
Tiempo		-.34	-.66	-.29	-.32	-.44	-.60
Peso			0.56	0.84**	0.83*	0.95**	0.80*
Triptófano				0.56	0.72*	0.75*	0.81*
Lisina					0.96**	0.79*	0.67
N soluble						0.85**	0.73*
Gosipol libre							0.84**

\* 0.05

\*\* 0.01

### Agradecimientos

Se agradece al ingeniero Ramiro López Trujillo su colaboración con el análisis estadístico de los resultados, a la Q.F.B. Beatriz Murillo Sánchez su ayuda durante la realización de este trabajo y al doctor Luis A. Montoya el haber proporcionado tan amablemente la harina de algodón.

### Summary

Two experiments were conducted in order to find chemical tests that could be used as an index of the biological quality of cottonseed meals as well as to determine the effect that temperature and heat treatment have

upon their biological value using baby chicks as indicators.

The results obtained on the chemical tests were statistically compared to weight gain in chickens and the following observations were made.

The pressure applied to the cottonseed meal had a negative effect upon the weight of the chickens at 4 weeks of age as well as the amount of lysine, soluble Nitrogen in 0.02 N NaOH and free gosipol. The time of heating had a significant effect only in triptophane. There was a positive relation between the weight of the chickens and lysine, soluble N in 0.02 NaOH and free gosipol. Free gosipol and total gosipol were positively related

CUADRO 9  
Ecuación' de predicción para las variables estudiadas. Exp. 2

Ecuación de predicción	R2	Sy/x	C.V
Peso de los pollos = $166.92 - 0.77P$	0.61	5.1	3.21
Gosipol total = $0.96 - 0.039P - 0.0015P^2 - 0.000033T^2$	0.95	0.032	4.17
N soluble en NaOH = $35.85 - 0.82P - 0.603T - 0.0081bT^2$	0.999	0.30	1.23
Gosipol libre	0.95	0.002	6.48
Triptófano = $1.35 - 0.052T + 0.00072 T^2$	0.95	0.029	2.63
Lisina = $4.69 - 0.037P - 0.00019PT$	0.98	0.06	1.47

P = Presión (lbs/pulg<sup>2</sup>).

T = Tiempo (min).

PT = Presión X Tiempo

From the results obtained we can conclude that lysine soluble Nitrogen in 0.02 N NaOH and free gossypol can be used as chemical indicators of the biological quality of cottonseed meals.

### Literatura citada

- AKERSON, W. R. and M. A. STAHMANN, 1964, A pepsin-pancreatin digest index of protein quality evaluation, *J. of Nutrition*, 83:257.
- ALTSCHUL, A. M., 1958, Processed Plant Protein Foodstuffs, *Academic Press, Inc.*, New York, U.S.A. Chapter 17.
- American Oil Chemists, 1964, Official and Tentative oil Chemists' Society, Ed. 2, Chicago, U.S.A.
- BLOCK, J. R., 1956, Amino Acid Handbook, *Charles Thomas Publisher*, Illinois, U.S.A., 18-50-70.
- BRAHAM, J. E., R. JARQUÍN, R. BRESSANI, J. M. GONZÁLEZ and L. G. ELÍAS, 1967, Effect of Gossypol on the Iron — binding capacity of Serum in Swine, *J. of Nutrition*, 93:241.
- BRESSANI, R., L. G. ELÍAS, R. JARQUÍN and J. E. BRAHAM, 1964, All vegetable protein mixtures for human feeding XIII. Effect of cooking mixture containing cottonseed, flour on fress gossypol content, *Food Technol*, 18:2, 1599.
- BRESSANI, S., 1972, Harina de torta de semilla de algodón en la alimentación de cerdos. Trabajo presentado en el Seminario sobre sistemas de producción de porcinos en América Latina, *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)* Cali, Colombia.
- LYMAN, M. C., W. Y. CHANG and J. R. COUCH, 1953, Evaluation of Protein Quality in cottonseed meals by chick growth by chemical index method, *J. of Nutrition*, 49:679.
- MILLER, E. L., 1967, Determination of the tryptophan content of Feedingstuffs, with particular reference to cereals, *J. Sci. Fd. Agr.*, 18:381.
- N. R. C., 1969, National Academy of Sciences, Publication 1584, United States — Canadian Tables of feed composition.
- TANKSLEY, T. D. JR., 1970, Use of Cottonseed meal in swine rations. *Feedstuffs.*, vol. 42, no. 16, 22 and 24. United State — Canadian — Tables of feed composition, 1959. Publication 1684. *National Academy of Sciences*, Washington, D. C.
- URBIOLA, J., 1970, Determinación de la solubilidad de proteína en NaOH 0.02 N de harinolas. Tesis profesional para obtener el título de Q.F.B., *Universidad de Querétaro*.
- WITHERS, W. A. and F. E. CARRUTH, 1917, Iron as an antidote to cottonseed meal injury, *J. Biol. Chem*, 32:245.