

DETERMINACION DE GOSIPOL EN LAS VARIEDADES DE ALGODÓN COMERCIALES Y PROMISORIAS DE COLOMBIA*

Jesús Arias F. **
Francisco J. Hernández

1. INTRODUCCION

La planta de algodón tiene unas glándulas que aparecen como punticos negros, las cuales contienen gopipol y se encuentran en hojas y semillas.

De la semilla se obtiene aceites y harinas. El gopipol es una sustancia tóxica que limita el uso de tales harinas en la alimentación de animales monogástricos y reduce su valor nutritivo al combinarse con la lisina. También hace aparecer una coloración amarilla en el aceite. Es importante conocer el porcentaje de gopipol que existe en la semilla de cada variedad porque este contenido afecta su procesamiento industrial.

Es posible sembrar variedades que no contengan gopipol y facilitar en esta forma el uso de los productos industria-

les de la semilla; pero parece que el gopipol es una defensa de la planta contra las plagas.

En el presente trabajo se analizó el contenido de gopipol de las variedades de algodón que se siembran comercialmente en Colombia y de otras promisorias obtenidas por el Programa de Algodón del ICA.

2. REVISION DE LITERATURA

La primera publicación que registró la química de los pigmentos en la semilla de algodón, fue hecha por Kulman en 1961. Longmore en 1886 hizo el aislamiento de un pigmento amarillo y en 1889 Mar Ghleswski publicó el método

* Contribución del Programa de Algodón (División de Agronomía) del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA.

** Ingeniero Agrónomo, Ph.D., Cultivos Asociados, Centro Experimental Tibaitatá, Apartado Aéreo 151123, Bogotá; e Ingeniero Agrónomo, M.S., Programa de Algodón, Centro Experimental Nataima, Apartado Aéreo 40, Espinal, Tolima.

de su purificación. Este método consistía en aislar el pigmento llamado gossypol a partir del complejo que éste formaba con el ácido acético (Edwards, 1959).

Durante 1927-29 E.P. Clark estableció la fórmula molecular del gossypol. La estructura postulada fue 2,2 - bi 8 formil - 1,6,7 trihidroxi - 5 isoprofanil - 3 metilnaptil (Edwards, 1959).

Según Berardi y Martínez (1966), la fórmula condensada del gossypol cristalino es $C_{30} H_{30} O_8$. Withers y Garrut, citados por Brown (1938), determinaron los compuestos orgánicos de las plantas de algodón, entre ellos el gossypol. Se le definió como una sustancia tóxica que está presente en la secreción interna de las glándulas que están ampliamente distribuidas en la planta de algodón.

Aunque la semilla de algodón podría consumirse como un buen alimento, desde el punto de vista químico, no se puede usar indiscriminadamente en esta forma. Contiene un ingrediente tóxico llamado gossypol que tiene influencia venenosa (Collings *et al.*, 1926). Los efectos de la toxicidad son similares en todos los animales no rumiantes (Danke, 1965).

Cuando ha sido convenientemente purificado y extraído todo el aceite, la harina de algodón es perfectamente adecuada para la alimentación humana y contiene cuatro veces más proteína que los huevos y tres veces más que la carne de buey (Lagiere, 1968).

El uso de algunas harinas de semilla de algodón como concentrado proteínico ha sido limitado en dietas de cerdos por su alta sensibilidad al gossypol (Smith, 1965).

El gossypol causa la muerte de los animales reduciendo la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre (Lyman y Carl, 1966). Dietas que contengan 0,02 a 0,03% de gossypol libre causan alta mortalidad en cerdos que están en crecimiento; sin embargo dietas que contengan niveles de 0,01% parecen ser no tóxicas (Smith, 1965).

Los hechos ocurridos últimamente en la investigación genética sobre el contenido de gossypol en la semilla de algodón, muestran la posibilidad de un mejoramiento económico en el procesamiento de la misma, así como también en la calidad y utilidad de los alimentos para los no rumiantes; al mismo tiempo se reduce o elimina el color y la reversión del color del aceite de semilla de algodón (Hooper, 1959).

La producción de harina de semilla de algodón libre del pigmento gossypol se logra por dos medios: usando variedades libres de glándulas que contengan gossypol; y usando solventes que solubilicen y remuevan el gossypol (Phelps, 1966).

McMichael (1960), fue el primero en demostrar que se podía producir semilla de algodón sin glándulas y de esta manera reducir a cantidades despreciables el contenido de gossypol. El indicó que dos genes recesivos gl_2 y gl_3 son los responsables de la condición sin glándulas en plantas y semillas de algodón.

Los fitomejoradores que trabajan en la incorporación del carácter "sin glándulas" a las variedades comerciales de algodón, deben conocer el concepto de los entomólogos, quienes piensan que tal carácter puede crear mayor problema entomológico que el existente con las variedades con glándulas de gossypol (Maxwell *et al.*, 1965).

La concentración de gopipol en las yemas florales de *G. barbadense* es mayor que en *G. hirsutum* en los estados de pre y pos metafase de la microsporogenesis. Este nivel alto de gopipol libre es quizás la explicación de la resistencia de *G. barbadense* a los gusanos de la cápsula (Rhyne y Frank, 1965).

Marwell *et al.*, (1965) registraron un aumento en susceptibilidad de los algodones sin glándulas de gopipol a los insectos comedores de hoja. La resistencia a *Tetranychus urticae* Kack es mayor en *G. barbadense* que en *G. australe* y *G. lobatum* (Mac Michael, 15).

Jenkins *et al.*, (1966) mostraron aumento de susceptibilidad de varias líneas de algodón sin glándulas de gopipol al gusano de la bellota *Heliothis zea* y al gusano de la hoja *Alabama argillacea*.

La presencia de nectarios extraflorales está directamente relacionada con la población de *Alabama argillacea* (Hubn) y *Trichoplusia ni*; pero a su vez tiene poco efecto sobre la población de *Pectinophora gossypiella*. Saund. (Lukefahar, 1960).

El crecimiento larval del gusano de la bellota, *Heliothis zea* y del gusano de la yema del tabaco, *H. virescens*, es mayor en las plantas sin glándulas de gopipol que en las plantas con glándulas (Lukefahar *et al.*, 1966).

Jenkins (1967), encontró gran susceptibilidad a *Spodoptera exigua* (Nuner), *Heliothis zea* (Boddie), *Spanogonicus aldofasciatus* (Reuther) y *Maccolaspis flavida* (Say), en algodón sin glándulas de gopipol.

El carácter sin glándulas no causa mayor susceptibilidad al cucarrón de la bellota, en las líneas Acala 4-42-77 y Rex Smooth Leaf (Bottger, *et al.*, 1964).

El *Anthonomus grandis* pone más huevos en las plantas sin glándulas de gopipol que en las plantas con glándulas. Pero no hay diferencia en el período de desarrollo del cucarrón en las plantas con o sin glándulas (Maxwell *et al.*, 1966).

Hopper (1959), refiriéndose al gopipol en las plantas hace las siguientes preguntas: cuánto sería el costo para la industria de la cocina al tratar de reducir el gopipol libre? cuánto ha contribuido el gopipol en la reducción del valor comercial del aceite crudo? y cuánto valor nutritivo se ha disminuido por la reducción en la acequibilidad de la lisina por su reacción con el gopipol? .

Se ha sembrado variedades de algodón sin glándulas en la faja algodонера, en forma experimental, pero no en forma comercial; el aumento de susceptibilidad a ciertos insectos, se ha manifestado en algunas líneas sin glándulas y es un argumento fuerte para no sembrarlas, aunque no se ha comprobado este concepto por no ser las siembras comerciales (Phelps, 1966).

La semilla proveniente de estas variedades ha sido procesada para producir harinas con excelente resultado en la alimentación de cerdos y gallinas (Phelps, 1966).

3. MATERIALES Y METODOS

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó:

— Acetona acuosa al 80%.

- Anilina P.184. La anilina grado reactivo se destiló en presencia de grana-llas de zinc. El producto destilado debe ser bastante cristalino, el cual se guarda en un Erlenmeyer forrado en papel metálico para evitar la acción de la luz sobre la anilina.
- Curva de calibración preparada con una solución estándar de gosipol (ya existente en el laboratorio de Nutri-ción ICA, no se preparó una por nueva carencia de gosipol puro).
- Alcohol isopropílico al 70%.
- Spectronico 20 (ajustado a una longitud de onda de 440 mm).
- Diseño bloques completamente al azar. Además la cristalería de labora-torio, necesaria para estos casos.

3.1. Extracción del gosipol

La determinación de gosipol se hizo en siete variedades de algodón Upland (*G. hirsutum*), seis de las cuales se culti- van en forma comercial en diferentes zonas del país: Deltapine 16 (Costa, Tolima y Llanos), Acala 1517 BR₂ (Costa, Valle), Deltapine Smooth Leaf (Tolima, Llanos), Acala 1517-70 (Valle, Llanos), Deltapine 45A (Tolima), Coker 201 (Llanos) y Deltapine 6225 (no comercial, Costa). También se practicó este mismo análisis a materiales promiso- rios obtenidos por el Programa de Algo- dón del ICA:

Línea 92 (Tolima, Llanos) cuyos padres son Carolina Queen x Stonville 7 BR.

Línea 78 (Tolima) cuyos padres son los mismos de la anterior.

Las siguientes líneas obtenidas y cul- tivadas en el Valle del Cauca:

Línea 1. Progenitores Deltapine Smooth Leaf x Acala 1517 BR1.

Línea 2. Progenitores Deltapine 15 x Stardel

Línea 3. Progenitores x Stonville 7 BR

Línea 4. Progenitores Acala 1517 BR1 x Stonville 7 BR

Línea 5. Progenitores Acala 1517 BR1 x Stonville 7 BR.

Las muestras provenientes de la Costa fueron tomadas en la zona de Codazzi.

Para cada variedad se deslintó la semi- lla con ácido sulfúrico, se descascaró la semilla en forma manual y las almendras se trituraron en el mortero y de cada triturado se pesaron 0,25 gramos, por dos veces para tener duplicado de cada muestra por variedad.

Para determinar el gosipol de cada variedad se siguió el método AOAC. Cada muestra se coloca en un Erlen- meyer de 250 ml y se le agrega 50 cc de acetona al 80%; se agita durante una hora en el agitador mecánico, adicionán- dose perlas de vidrio. El producto así obtenido se filtra a través de papel de filtro. El filtrado debe ser de color ama- rillo, variando su intensidad, según su contenido de gosipol. De este filtrado se desecha la primera parte.

De cada uno de los 80 filtros se toma por duplicado de 5 ml en un balón de 25 ml y a la mitad de las muestras (80) se les agrega alcohol isopropílico hasta completar volumen a 25 ml y se les

identifica con la letra A. De esta manera se obtienen cuatro soluciones A por variedad.

La otra mitad de las muestras se identifica con la letra B y se le agrega 2 ml de anilina destilada. También se obtiene por duplicado cada solución. Estas muestras identificadas como B se calientan durante media hora con baño maría y luego se completa a volumen de 25 ml con alcohol isopropílico.

En el Spectronic 20 a 440 mm se lee la tramitancia de las soluciones A, usando alcohol isopropílico como blanco para calibrar el 100% de tramitancia.

Igualmente se lee la tramitancia de las soluciones B, pero en este caso para calibrar el 100% del Spectronic 20 se usa un blanco proveniente de una mezcla de 2 ml de anilina y un volumen de acetona igual que la alicuota (2 ml) tomada para la muestra. Esta solución se pasa por baño maría al mismo tiempo que las soluciones B.

3.2. Cálculos

La tramitancia obtenida se pasa a absorbancia por medio de una tabla de conversión. Para obtener la absorbancia de la muestra se resta de la absorbancia obtenida con A, la leída con B; con este resultado se lee en la curva patrón los miligramos de gosipol que existen en los 25 ml de la muestra.

$$\% \text{ de gosipol} = \frac{\text{Lectura} \times \text{volumen final} \times 100}{\text{Peso de la muestra} \times \text{aliquota}}$$

4. RESULTADOS

En la Tabla 1 se observa el porcentaje de gosipol que representaron las variedades analizadas en este estudio.

El rango de contenido de gosipol varió entre 1,89% y 0,72% y como se muestra en el análisis de varianza, al nivel del 5% existe diferencia entre tratamientos (Tabla 2).

Al efectuar la prueba de Tukey se observó que en el rango de variedades y líneas comprendidas entre el contenido de gosipol de la Línea 3 (1,899%) y el de la variedad Acala 1517 BR₂ (1,090%) sembrada en el Valle del Cauca, no existió diferencia significativa al nivel del 5%. Igual situación se presentó para las líneas y variedades cuyo contenido de gosipol estaba comprendido entre 1,893% (Línea 2) y 0,989% (Deltapine 16 sembrada en los Llanos Orientales).

En la misma forma se presentaron dos grupos que aunque de menor contenido de gosipol, fueron estadísticamente iguales dentro de ellos al nivel del 5%. Tales grupos fueron: de la Línea 1 (1,757%) a la Línea 92 (0,870%) sembrada en el Tolima. De la Línea 5 (1,589%) a la Línea 92 (0,720%) sembrada en los Llanos.

La Línea 3 fue la de mayor contenido de gosipol y la Línea 92 al ser sembrada en los Llanos Orientales, fue la de menor contenido de gosipol y estadísticamente presentaron diferencia estadística significativa.

5. DISCUSION

Parece que no existe relación negativa entre el contenido de gosipol y la calidad de la fibra, pues en las líneas promisorias obtenidas en el Valle del Cauca su calidad de fibra es el hecho más sobresaliente; sin embargo presentaron el contenido de gosipol más alto para este ensayo.

TABLA 1. Contenido de Gosipol en porcentaje por variedad.

Variedad	Repeticiones				Total	X
	I	II	III	IV		
†						
D.P.16 (C)	1,033	1,127	1,133	1,171	4,410	1,103
D.P.225 (C)	1,172	1,281	1,317	1,268	5,038	1,260
A.1517 BR ₂ (C)	1,017	0,892	0,969	1,043	3,921	0,980
D.P.16 (T)	0,901	1,049	0,921	0,985	3,856	0,964
L.78 (T)	0,995	0,937	0,853	0,888	3,673	0,918
DPSL (T)	1,043	0,753	0,776	0,805	3,377	0,844
L.92 (T)	0,924	0,879	0,885	0,792	3,480	0,870
DP45A (T)	0,705	0,766	0,853	0,892	3,216	0,804
L.1 (V)	1,719	1,816	1,758	1,735	7,028	1,757
L.2 (V)	1,857	1,873	1,954	1,890	7,574	1,893
L.3 (V)	1,857	1,906	1,990	1,841	7,594	1,899
L.4 (V)	1,487	1,381	1,413	1,503	5,784	1,446
L.5 (V)	1,535	1,684	1,568	1,568	6,355	1,589
A.1517 BR2 (V)	1,065	1,098	1,049	1,149	4,361	1,090
A.1517-70 (V)	1,265	1,333	1,304	1,342	5,244	1,311
Cok 201 (V)	0,789	0,692	0,805	0,792	3,087	0,772
DPSL (LI)	1,519	1,391	1,288	1,346	5,550	1,388
A.1517-70 (LI)	0,808	0,782	0,750	0,740	3,080	0,770
L.92 (LI)	0,615	0,715	0,740	0,808	2,878	0,720
D.P.16 (LI)	0,937	0,921	1,101	0,998	3,957	0,980
				Total	93,443	

† C = Costa

V = Valle

T = Tolima

LI = Llanos

TABLA 2. Análisis de varianza.

	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%
Total	79	11.463.755			
Tratam	19	4.165.877	0,219257	1,8026	1,765
Error	60	7.297.878	0,121631		

Prueba de Tukey

$$S_x = \frac{CM \text{ error}}{4} = \frac{0,121631}{4} = 0,174$$

AES 5% = 5,20

ALS = 5,20 x 0,174 = 0,90480

Variedad	Promedio*
Línea 3 (V)	1,899 a
Línea 2 (V)	1,893 ab
Línea 1 (V)	1,757 abc
Línea 5 (V)	1,589 abcd
Línea 4 (V)	1,446 abcd
DPSL (LI)	1,388 abcd
A.1517-70 (V)	1,311 abcd
DP 6225 (C)	1,260 abcd
DP 16 (C)	1,103 abcd
A.1517 BR2 (V)	1,090 abcd
DP 16 (LI)	0,989 bcd
A.1517 BR2 (C)	0,980 cd
D.P. 16 (T)	0,964 cd
L.78 (T)	0,918 cd
L.92 (T)	0,870 cd
DPSL (T)	0,844 d
DP 45A (T)	0,804 d
Coker 201 (LI)	0,772 d
A.1517-70 (LI)	0,770 d
L.92 (LI)	0,720 d

Las variedades unidas con letra común son estadísticamente iguales.

Es posible que el ambiente tenga influencia en el contenido de gosisol, pues aunque para este caso no se pudo establecer esta relación debido a la falta de un mayor número de variedades comunes para los diferentes ambientes, se pudo observar que algunas variedades que fueron comunes, presentaron diferencias en su porcentaje de gosisol al sembrarse en diferente zona.

Referente al ambiente, algunos autores consideran que la humedad favorece la manifestación de este carácter; situación similar a la que se presenta en este caso, donde las variedades en el Valle del Cauca presentan el mayor contenido de gosisol y también un blance favorable al comparar las que fueron comunes entre el Valle y otra localidad.

Desde el punto de vista entomológico, Likefahar (1960) considera que un contenido de gosisol del 1,5% es favorable para el control de plagas sin deteriorar el rendimiento, ya que parece que entre estos dos caracteres hay relación inversa. Esta consideración podría explotarse en estudios posteriores, con las Líneas 4 y 5 en el Valle y la variedad DPSL en los Llanos, para el problema de belloteros.

Las líneas 1, 2 y 3 que presentan un alto contenido de gosisol, podrían ser base para un proyecto de mejoramiento dirigido hacia el aumento de resistencia a plagas. Las variedades que manifestaron un bajo contenido de gosisol, su torta de semilla quizás tenga un mejor futuro industrial, ya que podría ser incluida en mayor proporción en la fabricación de concentrados, debido al límite permisible que tiene el gosisol a causa de su toxicidad.

6. CONCLUSIONES

De todo el material analizado, el que presentó un mayor porcentaje de gosisol fue la línea 3 (1,899%).

Es de observar que las líneas obtenidas en el Valle del Cauca ocuparon los cinco primeros lugares por su mayor contenido de gosisol.

Aunque estadísticamente no presenta diferencia significativa a una misma variedad sembrada en diferente sitio, parece que existe influencia del medio ambiente en el contenido de gosisol; lo que se observa al comparar las variedades DPSL, Llanos vs. Tolima; Acala 1517-70, Valle del Cauca vs. Llanos; DP16, Costa vs. Tolima; Línea 92, Tolima vs. Llanos.

Exceptuando lo observado con la variedad DPSL, parece que existe tendencia a disminuir el contenido de gosisol en las variedades sembradas en los Llanos Orientales.

De acuerdo a la literatura, es posible aumentar el contenido de gosisol de nuestras variedades con cruzamientos hacia la Línea 3 y así obtener cierta resistencia a plagas.

Existen variedades tipo Glandless (sin gosisol, según análisis anterior), a partir de las cuales se podría obtener una disminución de costos en la elaboración de concentrados, pero posiblemente no se justifique la siembra de este tipo de variedades porque las pérdidas por incidencia de plagas pueden ser superiores a la ganancia que se logra en el procesamiento de la semilla.

Luego una solución podría ser orientar el mejoramiento de variedades hacia la obtención de variedades ausentes de gosisol pero con excelente capacidad de rendimiento y buenas características de fibra.

Se sugiere hacer estudios sobre porcentajes de gosisol que sean letales a las diferentes plagas.

7. RESUMEN

El gosisol es un compuesto fenólico que por su toxicidad limita el uso de las harinas y aceites que se obtienen de la semilla de algodón, en la alimentación de animales monogástricos.

Aunque se ha demostrado que se pueden sembrar variedades que no contengan gosisol, comercialmente no se han utilizado debido a que esta sustancia parece ser una defensa de la planta contra los comedores de hoja y belloteros.

En este trabajo la determinación de gossipol se hizo en seis variedades tipo *G. hirsutum* que se cultivan en forma comercial en Colombia en sus diferentes zonas algodoneras y una variedad no comercial, lo mismo que en seis materiales promisorios (uno de ellos es hoy la variedad Colombia 1), que se obtuvieron a partir de cruces entre variedades tipo *G. hirsutum*.

El mayor contenido de gossipol se encontró en uno de los materiales promisorios y según este estudio se detectó influencia del medio ambiente en el contenido de gossipol. Parece que existe tendencia a disminuir el contenido de gossipol cuando una variedad se siembra en la zona de los Llanos Orientales.

8. SUMMARY

Determination of gossypol content of commercial and promisory cotton lines in Colombia.

The use of cotton seed flour and oil in the alimentation of monogastric animals is limited by the presence of the toxic phenol, gossypol.

Varieties which do not contain gossypol exist but have not been utilized commercially because this substance appears to provide some defense for the plant against some leaf and boll feeding insects.

In this study gossypol content was determined for 13 lines of *Gossypium hirsutum* L. Six of these were commercially grown varieties of the cotton regions of Colombia; six consisted of promisory material, and one was a variety that was not then being grown commercially in Colombia.

The greatest gossypol content was found in one of the promisory lines. Environmental factors influenced the content. It appears that gossypol content is diminished when a line is grown on the Eastern plains of Colombia.

9. BIBLIOGRAFIA

1. BERARDI, L.C. and N.H. MARTINEZ. 1966. Gossypol source versus biological activity. Conference on inactivation of gossypol with mineral salts. New Orleans. The national cotton seed products association. p. 167.
2. BOTTGER, G.T.; E.T. SHECHAN and L.N. LUKEFAHAR. 1964. Relation of gossypol of cotton plants to insect resistance. Journal Economic Entomology. 57:283-285.
3. BROWN, H.B. 1938. Cotton. London. McGraw Hill. p. 227.
4. COLLINGS, G.H. 1926. The productions of cotton. London John Willey. p. 197.
5. DANKE, R.J. *et al.*, 1965. Gossypol toxicity studies with sheep. Journal of Animal. 24:426-428.

6. EDWARDS, J.D. 1959. Review of the structure of gossypol. The chemistry of gossypol. New Orleans. The national cotton seed products association. p. 30.
7. HOOPER, T. 1959. Economic importance of gossypol. The chemistry of gossypol. New Orleans. The national cotton seed products association. p. 12.
8. JENKINS, J.D.; F.G. MAXWELL and H.N. LAFEVER. 1966. The comparative preference of insects for glanded and glandless cottons. Journal Economic Entomology. 59:352-356.
9. ----- . 1967. Field evaluation of glanded and glandless cotton (*Gossypium hirsutum* L.) lines for wcevil (*Anthonomus grandis* Boh) susceptibiliti. Crop Science. 7:437-440.
10. LAGIERE, R. 1968. El algodón. Barcelona, Editorial Blume. p. 224.
11. LUKEFAHAR, L.W. 1960. Effects of nectariless cotton on population of three lepidopterous insects. Journal Economic Entomology. 53:242-244.
12. -----, L.W. NOBLE and J.E. HOUGHTAR LINC. 1966. Growth and infestation of and other insects of glanded and glandless of cotton. Journal Economic Entomology. 59:817-820.
13. LYMAN, C.M. and W. CARL. 1966. Mode of action sites of concentration and metabolic fave of gossypol and gossypol like compounds. Conference on inactivation of gossypol with mineral salts. New Orleans. The national cotton seed products.
14. McMICHAEL, S.C. 1960. Combined effects of glandless genes g_{12} and g_{13} on pigment glands in the cotton plant. Agronomic Journal. 52:385-387.
15. MAXWELL, F.G.; H.N. LAFEVER and J.N. JENKINS. 1965. Blister beetles and glandless cotton. Journal Economic Entomology. 58:792-793.
16. -----H.N. LAFEVER and J.N. JENKINS. 1966. Influence of the glandless genes in cotton feeding, oviposition and development of the bell weevil in laboratory. Journal Economic Entomology. 59:585-587.
17. PHELPS, R.A. 1966. Increasing the amount and performance of cotton inactivation of gossypol with mineral salts. New Orleans. The national cotton seed products association. pp.5-9.
18. RHYNE, C.L. and H.S. FRANK. 1965. Genetic aspects of gossypol content of leaves and flower of gossypol. Crop Science 5(5):419-421.
19. SMITH, F.G. 1965. Effect of diet on accumulation of gossypol in the organs of swine. The journal of Nutrition. 87:317-321.