

ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO Y DE LA CALIDAD DE LA FIBRA DE 12 GENOTIPOS DE ALGODON*

YIELD STABILITY AND FIBER QUALITY IN COTTON

Arturo Palomo Gil¹
Jesús Santamaría César²
Salvador Godoy Avila¹

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue conocer la estabilidad del rendimiento y de la calidad de la fibra (longitud, resistencia y finura) de 12 genotipos de algodón evaluados en seis ambientes (durante 1989 a 1994) de la Comarca Lagunera, México. En la estimación de los parámetros de estabilidad se utilizó el modelo de Eberhart y Russell (1996).

Se encontraron diferencias significativas entre los genotipos evaluados para el rendimiento de algodón pluma y la calidad de la fibra. Sólo la longitud de la fibra presentó interacción G x A lineal. Seis genotipos mostraron rendimientos altos y estables a través de ambientes; uno de ellos, la línea EX77-384-27, se comportó mejor en aquéllos favorables y EX77-384-32 no respondió a los cambios ambientales anuales. En calidad de fibra la característica más estable fue la longitud y la más inestable la resistencia. No se encontró un solo genotipo que mostrara estabilidad en las tres características. La alta calidad de fibra de los genotipos evaluados permite que aún en condiciones adversas se conserven valores por arriba de los requerimientos mínimos de la industria textil.

Palabras clave: *Gossypium hirsutum*, longitud, resistencia, finura.

SUMMARY

The objective of this study was to determine the yield and fiber quality (length, strength and fineness) stability of 12 cotton genotypes in six environments (years, from 1989 to 1994) of the Comarca Lagunera, Mexico. Stability parameters were estimated with the Eberhart and Russell model(1966).

* Artículo enviado al Comité Editorial, Area Agricola, el 11 de enero de 1999.

¹ Ph.D. Investigadores del Programa de Algodón en el Campo Experimental de la Laguna. CIRNOC-INIFAP-SAGAR.celala@halcon.laguna.ual.mx.

² M.C. Investigador en Matemáticas Aplicadas en el Campo Experimental de La Laguna. CIRNOC-INIFAP-SAGAR.celala@halcon.laguna.ual.mx

Significant differences in lint cotton yield and fiber quality of the genotypes were found. Only the fiber length showed linear G x E interaction. Six genotypes showed high lint yield potential, wide adaptability and stability. The line EX77-384-27 was well adapted to favorable environments and, EX77-384-32 did not respond to environmental changes. The fiber length was the more stable fiber quality characteristic, the fiber strength was the more unstable. None of the genotypes showed stability for the three fiber quality characteristics. Because of the high fiber quality of these genotypes, even in unfavorable environments they maintain fiber quality values above of the minimum requirements of the textil industry.

Key words: *Gossypium hirsutum*, length, strength, fineness.

INTRODUCCION

La interacción genético-ambiental juega un papel importante en el comportamiento de las plantas cultivadas. La presencia de esta interacción coloca al fitomejorador ante dos disyuntivas: decidir si desarrolla variedades que se adapten y rindan bien en un amplio rango de ambientes, o materiales con adaptación restringida a un ambiente específico. La diversidad tanto ambiental como en sistemas de producción obliga a la formación de variedades que en ambientes adversos rindan igual que las locales o criollas y que, en sistemas de producción donde se utiliza alta tecnología sean las más productivas.

Actualmente existen técnicas estadísticas que permiten conocer la magnitud de la interacción genotipo-ambiente, y que facilitan la clasificación de las variedades con base en su comportamiento en una amplia gama de condiciones ambientales. Yates y Cochran (1938) fueron los primeros en proponer el coeficiente de regresión como una medida de la estabilidad de un cultivar, mismo al que se le denominó "índice de estabilidad". Sin embargo, la propuesta quedó en el olvido hasta que Finlay y Wilkinson (1963) la utilizan, con algunas

modificaciones, para conocer la adaptación de un grupo de cultivares de cebada, definiendo como variedades estables a las menos afectadas por las variaciones ambientales. Bajo los mismos principios, Eberhart y Rusell (1966) proponen un método más elaborado y calculan un "índice ambiental" a partir del rendimiento promedio de las variedades en un ambiente, menos la media general de los ambientes. Esta técnica ha sido una de las más utilizadas aunque existen otras alternativas para lograr un mejor ajuste del modelo, Cruz y Salazar (1992).

Palomo (1992) indica que en la Comarca Lagunera (intrarregionalmente) es más importante la interacción genotipo x año que la interacción genotipo x localidad; sucediendo lo contrario cuando se consideran regiones diferentes. Para los productores de algodón de la Comarca Lagunera es deseable contar con variedades que mantengan buen comportamiento, tanto en años con condiciones ambientales desfavorables como favorables para el crecimiento y producción de la planta de algodón. Una variedad con estas características será aquella que muestre un coeficiente de regresión igual a uno y desviaciones

de regresión igual a cero. En el presente estudio se usó el modelo de Eberhart y Russell para determinar los parámetros de estabilidad para rendimiento y calidad de fibra de 12 genotipos de algodón, y con base en ello seleccionar los más deseables.

Lerner (1954) utiliza el término "homeostasis" para referirse al mecanismo de autorregulación del organismo, que le permite estabilizar su respuesta ante fluctuaciones ambientales. Allard y Bradshaw (1964) denominan con el nombre de "amortiguamiento" o "flexibilidad" de una variedad, a la capacidad que tiene el genotipo para ajustar su proceso de vida y mantener siempre un nivel productivo alto, en respuesta a fluctuaciones transitorias del medio ambiente. Comstock y Moll (1963) señalaron que la respuesta fenotípica a un cambio ambiental no es la misma para todos los genotipos, de modo que la expresión de un genotipo dado depende del ambiente. Este interjuego entre los efectos genéticos y los no genéticos es lo que se conoce comúnmente como interacción genotipo-ambiente.

Oka (1967) clasifica la adaptabilidad de los genotipos en general y específica. La primera implica la habilidad de las plantas para mantener su potencial productivo bajo condiciones ambientales diferentes, y la segunda se refiere a la habilidad genotípica para reaccionar y resistir una condición particular como un período de bajas temperaturas o sequía, presencia de plagas, entre otras.

Kohel (1969) no encontró diferencias en la estabilidad de nueve genotipos de algodón y sus 36 cruza F_1 posibles, por lo que dedujo que en esta especie no existe la homeostasis del desarrollo como lo hay en animales y plantas de polinización libre. Quisenberry y Kohel (1971) llegan a la misma conclusión al encontrar que ni el nivel de ploidía ni la heterocigosidad afectaban la estabilidad fenotípica del algodón.

Gómez (1977) reporta que los híbridos de sorgo más productivos se adaptan mejor a ambientes favorables, que los híbridos menos productivos, los cuales se adaptaban mejor a ambientes desfavorables, y que los híbridos con mejor adaptación a una amplia gama de ambientes eran los que mostraban rendimientos intermedios.

Geng *et al.* (1987) indican una correlación positiva entre el rendimiento y el coeficiente de estabilidad para rendimiento, lo cual implica que los genotipos más productivos son, en lo general, de baja estabilidad. En virtud de que algunos cultivares no se ajustaron a esta inferencia, los investigadores señalan que la selección para adaptación específica no necesariamente conduce a una adaptabilidad general menor.

Hernández *et al.* (1990) encuentran que la variedad de algodón más productiva presentaba un coeficiente de regresión superior a la unidad y desviaciones de regresión altas, y que la menos productiva mostraba un coeficiente de regresión inferior a la unidad y bajas desviaciones de regresión, lo que coincide con lo encontrado por Smith *et al.* (1967) en soya.

Leal en 1991 evaluó la estabilidad del rendimiento de ocho genotipos de algodón tanto en presencia como en ausencia del hongo *Verticillium dahliae* K. En ambas condiciones el genotipo más productivo y estable ($b=1$) fue la línea experimental 5-3 VW, pero su consistencia estuvo en función del ambiente de prueba. En aquellos libres de *Verticillium* mostró alta consistencia, lo que cambió a inconsistencia en ambientes con presencia de la enfermedad.

MATERIALES Y METODOS

El estudio incluyó 12 genotipos de algodón, 10 líneas avanzadas precoces del programa de mejoramiento genético de algodón del CIRNOC-INIFAP, y las variedades Laguna 89 (ciclo intermedio) y Deltapine 80 (tardía). Las líneas experimentales proceden de un material genético segregante introducido de los Estados Unidos. De este material genético se seleccionaron los genotipos más precoces, de ramas fructíferas cortas, estatura baja, hoja pequeña, rendimiento (con base en sus componentes) y buena calidad de fibra. A fin de elegir el mejor genotipo para su liberación como nueva variedad, las líneas avanzadas pasaron a la fase de selección por rendimiento y calidad de fibra, para lo cual se evaluaron por un término de seis años (1989 a 1994) en el Campo Experimental de la Laguna en Matamoros, Coah. A lo largo de la investigación se utilizó el mismo diseño experimental, bloques completos al azar con tres repeticiones, se proporcionó el mismo manejo de cultivo, de tal manera que las condiciones climatológicas anuales constituyeron la principal fuente de variación. La parcela total consistió de cuatro surcos de seis metros de largo, y la útil para estimar rendimiento, de dos surcos de cinco metros de longitud. Se evaluó el rendimiento de algodón pluma y la calidad de la fibra (longitud, resistencia y finura). Para la medición de estas propiedades se tomó una muestra aleatoria de 20 capullos por parcela. La determinación de calidad se realizó en el Laboratorio de Fibras del CIRNOC-INIFAP.

En la determinación de los parámetros de estabilidad se utilizó el modelo de Eberhart y Russell (1966), donde el coeficiente de regresión mide la respuesta del genotipo a diferentes ambientes y las desviaciones de regresión miden la proporción en que la respuesta predicha difiere de la observada. Un genotipo estable es el que presenta un coeficiente de regresión igual a 1.0 y desviaciones de regresión iguales a cero. En la comparación de medias varietales se empleó la DMS al 0.05. Se usó también la prueba de t para probar la hipótesis de que el coeficiente de regresión no difiere de la unidad. Para la estimación de los

parámetros de estabilidad se utilizó un programa computacional en lenguaje BASIC desarrollado por Jesús Santamaría C. y Arturo Palomo G.

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento de Algodón Pluma

El análisis de varianza para rendimiento determinado por la interacción $V \times A$ (lineal) detectó diferencias entre genotipos pero no para los coeficientes de regresión sobre los índices ambientales, lo cual implica ausencia de interacción con el ambiente y por lo tanto, que los genotipos responden de manera similar a los cambios ambientales.

Las siete líneas avanzadas y las dos variedades mostraron rendimientos altos y estadísticamente iguales; sin embargo, CS8301-7, EX77-384-7 y CS8305-1, presentaron desviaciones de regresión estadísticamente diferentes de cero, lo que las clasifica como de comportamiento inestable e impredecible. La línea CS8301-7 registró el coeficiente de regresión más alto y estadísticamente diferente de la unidad, lo cual es indicativo de una respuesta alta al mejoramiento de las condiciones ambientales, pero su inestabilidad la descarta de una posible liberación (Cuadro 1). En contraste, EX77-384-22 mostró el coeficiente de regresión más bajo y diferente de uno, así como desviaciones de regresión iguales a cero, esto implica que se comporta mejor en ambientes desfavorables (años) sin responder a la mejora de las condiciones ambientales. Oka (1967) clasifica a este tipo de genotipos como de "adaptabilidad general". De las líneas restantes se propone la liberación como nuevas variedades a EX77-384-27 y EX77-384-37, por contar con alto potencial productivo y comportamiento estable. Estos resultados también confirman que las variedades Laguna 89 y Deltapine 80 son las adecuadas para siembras comerciales en la Comarca Lagunera.

Finlay y Wilkinson (1963) reportan que los genotipos precoces se adaptan mejor a ambientes "desfavorables" y que los tardíos a los "favorables".

Cuadro 1. Rendimiento de pluma y parámetros de estabilidad de 12 genotipos de algodón evaluados en seis ambientes (años) de la Comarca Lagunera.

Genotipo	Algodón Pluma (kg/ha)	Coefficiente de regresión (bi)	Desviación de regresión (S2di)
EX77-384-27	1673	1.66	-10.2
CS8301-7	1673	2.03*	31225.0*
EX77-384-7	1645	0.33	28311.0*
EX77-384-37	1641	0.79	-8322.0
Laguna 89	1632	0.94	-11323.0
CS8307-3	1619	1.04	-4533.0
Deltapine 80	1616	1.24	-2165.0
CS8305-1	1604	1.45	24058.0*
EX77-384-32	1597	0.03*	14787.0
CS8307-1	1572	0.83	16567.0
EX77-384-22	1545	0.42	-4751.0
CS8312-2	1538	1.22	8981.0

DMS 5 % = 76 kg de algodón pluma

* Significancia al 5 % de probabilidad

Los resultados del presente estudio señalan que no hay relación entre grado de precocidad y adaptación, ya que es posible encontrar genotipos precoces que se comportan mejor en ambientes favorables (EX77-384-27), y otros en desfavorables (EX77-384-32), ver Cuadro 1.

Calidad de fibra

Además de rendimientos altos y estabilidad productiva, una variedad de algodón debe contar con una calidad de fibra que cumpla con los requisitos mínimos de la industria textil, que son: longitud de 1 1/16 pulgadas, resistencia de 75,000 libras por pulgada cuadrada y finura de fibra de 3.5 micronaires. Dicha calidad también es afectada por las condiciones ambientales anuales, por lo que una variedad deseable sería aquella que en ambientes adversos mantuviera su calidad de fibra por arriba de los requerimientos mínimos de la industria textil, para no ver modificado su valor comercial y que, en ambientes favorables produzca fibra de mejor calidad.

Longitud de fibra

El análisis de varianza para longitud de fibra detectó diferencias altamente significativas entre genotipos, así como en los coeficientes de regresión sobre los índices ambientales, lo que indica la presencia de interacción genotipo x ambiente. La mejor longitud de fibra (1 1/8 pulgadas) se observó en ocho de los 12 genotipos, y sólo la línea CS8301-7 mostró una longitud inferior a la mínima requerida por la industria textil, lo cual a pesar de su alto potencial de rendimiento, la hace poco deseable (Cuadro 2).

Dos de los genotipos más rendidores presentaron coeficientes de regresión estadísticamente diferentes de uno, de éstos el de EX77-384-27 fue mayor a la unidad y el de EX77-384-32 inferior, esto implica que el primero mostró alta respuesta al mejoramiento del ambiente, en cambio, la longitud de fibra del segundo es poco afectada por el ambiente, pero de acuerdo con su alta desviación de regresiones es de comportamiento poco predecible (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros de estabilidad para longitud de la fibra de 12 genotipos de algodón evaluados en seis ambientes de la Comarca Lagunera, México.

Genotipo	Longitud Media		Coeficiente de regresión (bi)	Desviación de regresión (S2di)
	(mm)	pulg.		
EX77-384-27	28.2	1 1/8	1.98*	0.671
CS8301-7	26.2	1 1/32	0.43	6.155**
EX77-384-7	27.9	1 3/32	0.64	3.264*
EX77-384-37	28.5	1 1/8	-0.12*	6.843**
Laguna 89	28.5	1 1/8	0.74	1.320
CS8307-3	28.2	1 1/8	0.50	0.442
Deltapine 80	28.2	1 1/8	0.72	0.037
CS8305-1	28.2	1 1/8	1.77	0.989
EX77-384-32	27.7	1 3/32	1.07	0.710
CS8307-1	28.2	1 1/8	1.19	-0.143
EX77-384-22	28.2	1 1/8	2.56*	4.931**
CS8312-2	27.7	1 3/32	0.51	-0.204

DMS (0.05) 0.4 mm

* Significancia al 5 % de probabilidad

** Significancia al 1 % de probabilidad

Cuadro 3. Parámetros de estabilidad para la resistencia de la fibra de 12 genotipos de algodón evaluados en seis ambientes de la Comarca Lagunera, México.

Genotipo	Resistencia Media (lbs/pulg ²)	Coeficiente de regresión (bi)	Desviación de regresión (S2di)
EX77-384-27	88,000	1.21	7.459**
CS8301-7	80,000	0.76	8.770**
EX77-3847	86,000	0.54	18.822**
EX77-384-37	87,000	0.58	11.311**
Laguna 89	89,000	1.08	5.177**
CS8307-3	85,000	0.59	9.051**
Deltapine 80	83,000	0.84	4.990**
CS8305-1	86,000	1.27	2.666
EX77-384-32	87,000	0.89	5.634**
CS8307-1	82,000	1.32	8.410**
X77-384-22	88,000	1.57	13.063**
CS8312-2	88,000	1.33	8.517**

DMS (0.05) = 1.57 miles de lbs/pulg².

** Significancia al 1 % de probabilidad

Resistencia de fibra

Se manifestaron diferencias altamente significativas entre genotipos mas no hubo significancia para el componente lineal de la interacción genotipo x ambiente, lo cual significa que todos responden de manera similar a las variaciones ambientales anuales. La respuesta es hacia el incremento de su resistencia tensil tal como lo señalan sus coeficientes de regresión, al ser estadísticamente iguales a uno. La resistencia de fibra de estos genotipos es superior al mínimo requerido por la industria textil, especialmente la mostrada por Laguna 89, EX77-384-27, EX77-384-22 y CS8312-2 (Cuadro 3). A excepción de la línea CS8305-1, los genotipos presentaron desviaciones altas de regresión, indicativo de que la resistencia de la fibra es una característica poco predecible.

Finura de la fibra

También en finura de la fibra se detectaron diferencias significativas entre genotipos pero no para la interacción genotipo x ambiente lineal, lo que implica que todos los genotipos responden de la misma manera a las variaciones ambientales (Cuadro 4). Las diferencias estadísticas entre genotipos no son de importancia práctica ni económica, ya que los valores obtenidos se sitúan dentro de la calidad requerida por la industria textil, que incluye fibras con un grosor de 3.5 a 4.9 micronaires. Dentro del grupo de genotipos más productivos, los parámetros de estabilidad clasifican a cinco de ellos con finura estable y predecible (Cuadro 4).

Cuadro 4. Parámetros de estabilidad para la finura de la fibra de 12 genotipos de algodón evaluados en seis ambientes de la Comarca Lagunera, México.

Genotipo	Finura de Fibra (micronaire)	Coefficiente de regresión (bi)	Desviación de regresión (S2di)
EX77-384-27	4.08	0.53	0.030*
CS8301-7	4.55	1.66	0.084**
EX77-384-7	4.42	0.82	0.085**
EX77-384-37	4.30	0.70	0.009
Laguna 89	4.18	1.03	-0.001
CS8307-3	4.23	0.73	0.022
Deltapine 80	4.06	1.30	-0.007
CS8305-1	4.30	1.10	0.035*
EX77-384-32	4.55	0.73	0.007
CS8307-1	4.23	1.42	0.040*
EX77-384-22	4.33	0.93	0.032*
CS8312-2	4.43	1.02	0.013

DMS (0.05) = 0.18

* Significancia al 5 % de probabilidad

** Significancia al 1 % de probabilidad

El análisis conjunto de los resultados indica que no existe un solo genotipo que mantenga estable tanto su rendimiento como sus características de calidad, pero sí se registraron algunos como Laguna 89, Deltapine 80, CS8307-3 y EX77-384-32 que son estables y consistentes en rendimiento, longitud y finura de la fibra, pero inconsistentes en la resistencia de la fibra. Sin embargo, lo alto de su resistencia tensil, les permite amortiguar los efectos negativos de ambientes adversos al conservar valores de resistencia superiores al mínimo requerido por la industria textil. En esta misma situación se encuentran las líneas EX77-384-27, estable para rendimiento y longitud de fibra pero inestable en resistencia y finura, y EX77-384-37, estable para rendimiento y finura de fibra e inconsistente para longitud y resistencia. Geng *et al.* (1987) reportan que los genotipos de alta calidad de fibra también son los más estables, aunque no necesariamente, pues los resultados del presente estudio mostraron que también hay algunos con alta calidad de fibra pero con rendimiento inestable, como la línea CS8305-1.

CONCLUSIONES

1. Los genotipos evaluados mantienen diferencias genéticas en rendimiento de algodón pluma y calidad de la fibra, pero sólo la longitud de la fibra interacciona con el ambiente.
2. No hubo un genotipo que mantuviera estable tanto su rendimiento, como su longitud, resistencia y finura de la fibra.
3. La alta calidad de fibra de los genotipos evaluados les permite amortiguar los efectos negativos de ambientes adversos, y mantener los niveles de calidad por arriba de los requerimientos mínimos de la industria textil, por lo que no es necesario que tengan estabilidad en su calidad de fibra.
4. Se confirma que las variedades Laguna 89 y Deltapine 80 están adaptadas a las condiciones ambientales de la región, y por su rendimiento

alto y estable, y alta calidad de fibra se propone la liberación de las líneas precoces EX77-384-27 y EX77-384-37.

LITERATURA CITADA

- Allard, R.W. and Bradshaw, A. D. 1964. Implications of genotype- environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4: 503-507.
- Comstock, R.E. and Moll, R.H. 1963. Genotype-environment interactions. En W.D. Hanson and H.F. Robinson (ed). *Statistical Genetics and Plant Breeding*. NAS-NRC. Pub. 982. Washington, D.C. pp. 164-196.
- Cruz, M.R. y Salazar, G.M. 1992. Métodos alternativos en el análisis de la interacción genotipo-ambiente. SOMEFI. *Memorias. Simposio Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal*. Guadalajara, Jal., México. pp. 127-148.
- Eberhart, S.A. and Russell, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- Finlay, K.W. and Wilkinson, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agr. Res.* 14: 742-754.
- Geng, S., Zhang Q., and Bassett, D.M. 1987. Stability in yield and fiber quality of California cotton. *Crop Sci.* 27: 1004-1010.
- Gómez, M.N. 1977. Estabilidad del rendimiento y delimitación de áreas de cultivo del sorgo para grano en México. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Hernández, J.A., L. Pérez, S. y A. Palomo, G. 1990. Interacción genotipo-ambiente de cultivares selectos de algodónero (*Gossypium hirsutum* L.). Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Cd. Juárez, Chih. 247 p.
- Kohel, R.J. 1969. Phenotypic stability of homozygous parents and their F1 hybrids in upland cottons, *G. hirsutum* L. *Crop Sci.* 9: 85-88.
- Leál, L.V.M. 1991. Estabilidad del rendimiento y calidad de fibra de ocho genotipos de algodónero (*Gossypium hirsutum* L.) evaluados en diferentes ambientes. Tesis M.C. Colegio de Graduados, Escuela Superior de Agricultura "Hermanos Escobar". Cd. Juárez, Chih. 67 p.

Lerner, I.M. 1954. Genetic homeostasis. London. Oliver and Boyd.

Oka, H.J. 1967. Breeding for wide adaptability. In: Adaptability in Plants. Ed. T. Matsuo, JIBP, Synthesis. 6: 173-177.

Palomo, G.A. 1992. Estudios de interacción genético ambiental en el cultivo del algodón. SOMEFI. Memorias. Simposio Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal. Guadalajara, Jal., México. pp. 325-350.

Quisenberry, J.E., and Kohel, R.J. 1971. Phenotypic stability of cotton. Crop Sci. 11: 827-829.

Smith, R.R., Byth, D.E., Caldwell, B.E., and Weber, C.R. 1967. Phenotypic stability in soybean populations. Crop Sci. 7: 590-592.

Yates, F., and Cochran, W.G. 1938. The analysis of group of experiments. J. Agric. Sci. 23: 556-580.