

Comportamiento agronómico y calidad de fibra de líneas sobresalientes de algodón convencional (*Gossypium hirsutum* L.)

Agronomic behavior and fiber quality of outstanding lines of conventional cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

Hernández-Leal, Enrique¹, Bonilla-Barrientos, Olga¹, Franco-Gaytán, Iván^{2*}, Maltos-Buendía Jorge², Reyes-González, Arturo², Anaya-Salgado, Antonio² y Isidro-Requejo Luis M²

¹INIFAP - Campo Experimental Delicias. Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua

²INIFAP - Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdés 1200 Pte. C.P. 27440, Matamoros, Coahuila

*Autor para correspondencia: franco.ivan@inifap.gob.mx

RESUMEN

El algodónero es uno de los cultivos fibrosos más importantes de México y desempeña un papel importante en la economía industrial y agrícola del mundo. La producción en nuestro país es con variedades genéticamente modificado (GM), por lo que la superficie sembrada con algodón 100 % convencional es nula. El uso continuo de las variedades GM ha reducido los niveles de plagas, principalmente de lepidópteros, pero la dificultad para importar semilla transgénica ha motivado a la reactivación de programas de mejoramiento genético. Por eso, el objetivo fue evaluar el comportamiento productivo y la calidad de fibra de tres líneas sobresalientes de algodón convencional en Delicias, Chihuahua. La siembra de los seis genotipos fue el 09 de mayo y el manejo se dio de acuerdo al paquete tecnológico del INIFAP, se usó el diseño experimental bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las variedades en cinco variables evaluadas. No hubo diferencias estadísticas en rendimiento de hueso, entre los genotipos. FZ-13 tuvo un tamaño de semilla mayor. Las líneas sobresalientes GOS-27, TOA-09 y FZ-13 tuvieron un comportamiento similar en la región a la variedad convencional CIAN PRECOZ y a los testigos comerciales DELTAPINE® y FIBERMAX-989® en rendimiento, etapas fenológicas y la calidad de fibra, por lo que podrían ser utilizadas como líneas o poblaciones para la generación de nuevas variedades en el corto o mediano plazo.

Palabras clave: Componentes del rendimiento, productividad de algodón, variedades convencionales, variación genética.

ABSTRACT

Cotton is one of the most important fibrous crops in Mexico and plays an important role in the industrial and agricultural economy of the world. Production in our country is with genetically modified (GM) varieties, so the area planted with 100% conventional cotton is zero. The continued use of GM varieties has reduced pest levels, mainly lepidoptera, but the difficulty in importing transgenic seed has motivated the reactivation of genetic improvement programs. Therefore, the objective was to evaluate the productive behavior and fiber quality of three outstanding conventional cotton lines in Delicias, Chihuahua. The sowing of the six genotypes was on May 9 and management was carried out according to the INIFAP technological package, using the randomized complete block experimental design with four repetitions. Significant differences ($P \leq 0.05$) were detected between the varieties in five variables evaluated. There were no statistical differences in stone yield between the genotypes. FZ-13 had a larger seed size. The outstanding lines GOS-27, TOA-09 and FZ-13 had a similar performance in the region to the conventional variety CIAN PRECOZ and the commercial controls

DELTAPINE® and FIBERMAX-989® in yield, phenological stages and fiber quality, so they could be used as lines or populations for the generation of new varieties in the short or medium term.

Keywords: Yield components, cotton productivity, conventional varieties, genetic variation.

INTRODUCCIÓN

El algodónero (*Gossypium hirsutum* L.) es uno de los cultivos fibrosos y comerciales más importantes de México y desempeña un papel dominante en la economía industrial y agrícola del país, al proporcionar la materia prima básica (fibra de algodón) a la industria textil (Zheng *et al.*, 2018). Debido a su amplia adaptabilidad y excelente rendimiento, se cultiva en más de 70 países (SAGARPA-FAO, 2014). Los principales países productores de algodón son China, India, Brasil, Estados Unidos de América, y Pakistán; los cuales concentran 77 % de la producción mundial (USDA, 2024). En 2023 México se ubicó en el decimocuarto lugar con una superficie sembrada de 132,137 ha, un volumen de 534,942 t y un rendimiento de 4.11 ton/ha, lo que representó el 0.8 % de la producción mundial (SIAP, 2024). Las estadísticas del SIAP (2024) dicen que los principales estados productores en el ciclo agrícola 2023 fueron: Chihuahua con el 77 %, seguido de Coahuila (11 %), Baja California (7 %), Tamaulipas (2 %), Sonora (2 %) y Durango (1 %). En México, a principios de los 90's la producción de algodón disminuyó drásticamente debido a fuertes problemas por plagas y al alza en costos de producción, en 1996 con la introducción del algodón genéticamente modificado (GM) se reactivó la producción de este cultivo lográndose un eficiente manejo y control de plagas y malezas, por el contrario, la superficie sembrada con algodón convencional empezó a disminuir hasta dejar de sembrarse en 2011 (Luján *et al.*, 2020). Por lo que los programas de mejoramiento nacionales de algodónero dejaron de producir nuevas variedades convencionales. En la actualidad con el uso continuo de variedades de algodón transgénico ha reducción los niveles de plagas, por lo que es posible explorar el uso de tecnologías diferentes, como son las variedades convencionales de algodón (Rocha-Munive *et al.*, 2018).

Los bajos niveles en la densidad poblacional de las plagas de lepidópteros, así como las dificultades para la importación de semilla transgénica, han motivado la reactivación para la generación de nuevas variedades de algodón convencional. En 2018, se

reactivó el programa de mejoramiento genético en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) donde se han evaluado variedades convencionales de algodón (Bonilla *et al.*, 2020).

Antes, los fitomejoradores solo se enfocaban en aumentar el rendimiento, ya que mejorar de manera simultánea rasgos complejos como la calidad de la fibra y el rendimiento era un gran desafío (Cao *et al.*, 2015). En la actualidad, es posible mejorar genéticamente al mismo tiempo el rendimiento y calidad de la fibra para satisfacer las demandas de la industria textil moderna (Su *et al.*, 2016) mediante la identificación de líneas parentales de alto rendimiento con características agronómicas deseables para las cruza (Sarode *et al.*, 2021). Sin embargo, es necesario descubrir la base genética de la calidad de la fibra y los rasgos de rendimiento en el algodón nativo americano (upland) para mejorarla en el futuro (Ning *et al.*, 2014).

El 95% de la producción mundial de algodón corresponde a la especie *Gossypium hirsutum* (Upland) ya que tiene excelente rendimiento, buena adaptabilidad y calidad de fibra (categoría "larga"). Sin embargo, la diversidad genética dentro de estas variedades comerciales es baja, y la uniformidad genética está suponiendo muchos obstáculos a los mejoradores. Además, pone en un alto riesgo de colapso a la industria del algodón en el caso probable de un brote o aumento de enfermedades o plagas (Shim *et al.*, 2018). Por eso, el objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento productivo y la calidad de fibra de tres líneas sobresalientes de algodón convencional en Delicias, Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental, material genético y manejo agronómico

El presente trabajo se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano de 2023 en el Campo Experimental Delicias del INIFAP en Delicias, Chihuahua, México, cuya localización geográfica es 28° 10' N y 105° 29' O a 1415 msnm. Se evaluaron las líneas FZ-13,



GOS-27 y TOA-09 proveniente del Jardín Botánico del Campo Experimental Iguala- INIFAP, además, se incluyó la variedad convencional Cian Precoz del INIFAP, DeltaPine® y Fibermax-989® como testigos. La siembra se realizó a tierra venida el 09 de mayo a una distancia de 0.76 m entre surcos y nueve plantas por metro lineal, para contar con una población de 115,000 plantash-1. La dosis de fertilización utilizada fue 160N-70P-00K, aplicada antes del riego de siembra; posteriormente, se aplicaron seis riegos a los 14, 26, 53, 68, 90 y 107 días después de la siembra (dds). El control de maleza y cosecha se realizaron manualmente, la primera cosecha se realizó a los 120 y la segunda a los 136 dds. Se realizaron dos aplicaciones con los fungicidas Promyl 50® y Previcur® a una dosis de 1 kg/ha-1 para el control de damping off y de Captan® para prevenir Rhizoctonia solani.

Diseño y unidad experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental consistió de seis surcos de 6 m de longitud y las plantas muestreadas se obtuvieron de los dos surcos centrales.

Variables evaluadas

Se registró el rendimiento de algodón (REN) en t ha-1, el índice de semilla se obtuvo del peso de 100 semillas (ISE) en g; se tomó el inicio de cuadros, cuadros al 50 %; inicio de floración; 50 % de floración; primera capsula y el 50 % de capsulas. Para la calidad de la fibra se tomó una muestra

aleatoria de 50 capullos por parcela, se separó la fibra de la semilla y se pesó. El análisis se realizó en el laboratorio de calidad de fibra del INIFAP-Campo Experimental La Laguna (CELALA), donde se determinó a cada muestra la longitud de fibra (LON; en mm/in), la resistencia (RES; en g/tex) y la finura (FIN; en micronaire).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza a cada variable utilizando el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute, 2011). Cuando se detectaron diferencias estadísticas entre variedades ($P \leq 0.05$) se aplicó la prueba de separación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los genotipos en cinco de las 11 variables evaluadas (Cuadro 1), debido a la amplia variación genética entre los genotipos. Los mayores coeficientes de variación se observaron en rendimiento, Nuez *et al.* (2008) mencionan que esta variabilidad se debe a diferencias genéticas intrínsecas, ya que fueron evaluadas en las mismas condiciones. El resto de las variables mostró C. V. menores al 10 %, el más bajo fue para inicio de cuadros (1.45 %). Se considera C.V bajo cuando es inferior a 10 %, como es el caso en este estudio (Pimentel, 1985).

Cuadro 1: Cuadrados medios de tres líneas sobresalientes y tres testigos de algodón convencional en Delicias, Chihuahua, México.

Fuente de Variación	Genotipo	Bloque	Error	C.V (%)	Media	Desviación estándar
Rendimiento (t ha-1)	0.4912	1.13	1.15	30.25	3.54	1.00
Índice de Semilla (g)	1.30	**	0.2417	0.3270	5.91	9.68
Inicio de cuadros	2.34	**	0.5972	0.4306	1.45	45.21
Cuadros al 50 %	10.37	**	7.78	2.81	3.29	50.83
Inicio de floración	1.84		0.3750	1.11	1.72	61.29
50 % de floración	2.80		2.44	4.58	3.22	66.50
Primera capsula	2.24		5.71	3.31	2.40	75.79
50 % de capsulas	7.84	**	8.04	3.44	2.16	86.04
Finura (MIC)	0.2669		0.1263	0.2008	9.45	4.74
Resistencia (g/tex)	4.73	**	3.77	2.97	5.57	30.99
Longitud (mm/in)	0.0018		0.0004	0.0019	3.93	1.11
G.L	5	3	15			

*, ** Significativo a $P \leq 0.05$ y a $P \leq 0.01$, respectivamente. C.V: Coeficiente de Variación.



El índice de semillas promedio (Fig. 2) varió de 3.25 a 10.20 g para cuatro genotipos de algodón, mientras que el testigo comercial DELTAPINE® superó a todos los demás genotipos con el mayor peso de 100 semillas (10.4 g) por tener semillas más grandes, por el contrario, el otro testigo comercial tuvo el valor más bajo (8.9 g). Ullah *et al.* (2010) encontraron al evaluar ocho cultivares de algodón en Pakistán encontraron que el índice de semillas promedio varió de 8.61 a 9.69 g para ocho genotipos de algodón y que el genotipo CIM-707 tuvo el mayor índice con 9.59 g. El genotipo FZ-13 de las líneas sobresalientes tuvo un tamaño de semilla mayor que en el estudio antes mencionado. Respecto a la precocidad DELTAPINE® fue la que tuvo los valores más bajos para el inicio de cuadros (44.75 DDS) y cuadros al 50 % (48.50 DDS, solamente la FZ-13 presento un valor similar en el inicio de cuadros (44.75 días después de la siembra), el resto son más tardías para llegar a estas etapas fenológicas, como es el caso de FIBERMAX-989® que tardo casi 3 y cuatro días más, respectivamente. Y para el 50 % de aperturas de capsulas Gos-27 solo necesito de 83.5 días, mientras que FZ-13 necesito de 86.75 días. La precocidad en el algodón se estima mediante los días desde la siembra a que ocurre cada etapa vegetativa, reproductiva y hasta la cosecha, esto se relaciona con eficiencia fotosintética alta, distribución adecuada de asimilados y altura de planta menor (Dos Santos *et al.*, 2019). Por lo cual, dentro de un programa de mejoramiento genético para esta especie, es conveniente utilizar la precocidad como criterio complementario de selección y evaluación (Preciado *et al.*, 2002).

Cuadro 2: Comparación de medias en seis genotipos de algodón convencional en Delicias, Chihuahua, México.

Fuente de Variación	GOS-27	TOA-09	FZ-13	MS (0.05)
Índice de Semilla (g)	9.25 ab	9.50 ab	10.20 ab	3.31
Inicio de cuadros	45.25 ab	45.0 ab	44.75 ab	3.51
Cuadros al 50 %	51.0 ab	52.25 ab	51.0 ab	3.85
50 % de capsulas	83.50 b	86.75 a	87.50 ab	3.44
Resistencia (g/tex)	31.18 ab	31.40 ab	32.43 a	2.98

*, ** Significativo a $P \leq 0.05$) y a $P \leq 0.01$, respectivamente. Medias con la misma letra en columna entre tratamientos, son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.05$).

Calidad de fibra

De las tres variables que se evaluaron solo la resistencia de fibra fue diferente entre las variedades, siendo CIAN PRECOZ la que tuvo el menor valor con 29.28 g/tex, lo que la ubica, de acuerdo con la clasificación por instrumentos de alto volumen o HVI (CNSPA, 2012) como fibra con resistencia alta, mientras que GOS-27, TOA-09, FZ-13 y FIBERMAX-989® presentaron una resistencia de fibra muy alta ya que tuvieron valores mayores o iguales a 31 g/tex. A pesar de que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los materiales evaluados, la industria textil requiere como mínimo calidad de fibra de 26.7 a 27.2 mm de longitud, entre 25 y 35 gf/tex de resistencia al rompimiento y entre 3.5 a 4.9 unidades en índices de micronaire o grosor de fibra (Estrada *et al.*, 2008), por lo que todos los materiales evaluados cumplen con dichos requisitos. Además, la longitud, resistencia y finura de la fibra se deben más a factores genéticos que a factores ambientales (Palomo-Gil *et al.*, 2004).

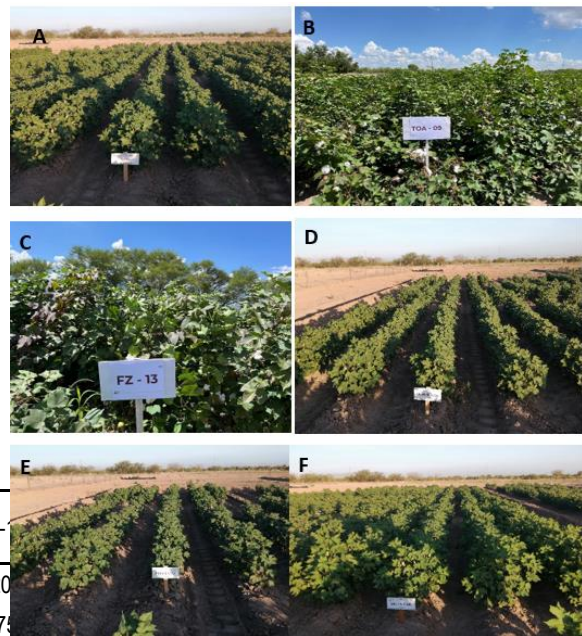


Figura 1. Material genético en etapa de floración, 74 días después de la siembra; A: Línea sobresaliente GOS-27; B: Línea sobresaliente TOA-09; C: línea sobresaliente FZ-13; D: Variedad convencional CIAN PRECOZ; E: Testigo comercial FIBERMAX-989®; F: DELTAPINE® en el Campo Experimental Delicias-INIFAP en el ciclo agrícola 2023.

CONCLUSIONES



Las líneas sobresalientes GOS-27, TOA-09 y FZ-13 tuvieron un comportamiento similar en la región a la variedad convencional CIAN PRECOZ y a los testigos comerciales DELTAPINE® y FIBERMAX-989® en rendimiento, etapas fenológicas y la calidad de fibra, por lo que podrían ser utilizadas como líneas o poblaciones para la generación de nuevas variedades en el corto o mediano plazo. Además, de tener una semilla grande (índice de semilla), por lo que podrían ser una opción para utilizarse también como alimento para el ganado en la región.

LITERATURA CITADA

- Bonilla B. O., Hernández L. E., Verastegui C. L., Maltos B. J., Bautista R. E., Hernández B. A., Isidro R. L.M. (2020). Productivity and Fiber Quality of Conventional Cotton Varieties at the Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnica Mexicana*. 43 (1): 3–9. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.3>.
- Cao Z.B., Zhu X.F., Chen H., Zhang T.Z. (2015). Fine mapping of clustered quantitative trait loci for fiber quality on chromosome 7 using a *Gossypium barbadense* introgressed line. *Mol. Breed.* 35, 1–13.
- CNSPA, Comité Nacional Sistema Producto Algodón. 2012. Plan Rector Sistema Producto Algodón. Comité Nacional Sistema Producto Algodón, A. C. México, D.F. 52 p. <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/algodonbc/Descargas/DescargaSISTEMA%20PROD.pdf>
- Dos Santos C. L.F.; Garruña, R.; Andueza-Noh R.H.; Latournerie-Moreno L., Mijangos-Cortés J.O. Pineda-Doporto A. (2019). Comportamiento agronómico y fisiológico de maíces nativos del sureste de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10(6):1247-1258. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.908>
- Estrada T. O, O., Palomo G, A., Espinoza B. A., Rodríguez H, S.A., y Ruiz T, N.A. (2008). Rendimiento y calidad de fibra del algodón cultivado en surcos ultra-estrechos. *Revista Fitotecnica Mexicana* 31(3):79-83.
- Luján A. R.S., Porras F. D.A., Flores C. M.A., Hernández H. J., Pérez L. R., Balandrán V. M.I., Tarín E. L.A., Portillo D. E., Ortega O. A., Acevedo B. A.A., Jiménez C. J.A., Esparza V. M.E., Berzoza G. C.A., Arras V. A.M.G. (2020). El cultivo del algodón: análisis del impacto social, económico y ambiental en México / México: Universidad Autónoma de Chihuahua. 145 p.
- Ning Z.Y., Chen H., Mei, H.X. Zhang, T.Z. (2014). Molecular tagging of QTLs for fiber quality and yield in the upland cotton cultivar Acala-Prema. *Euphytica*, 195, 143–156.
- Nuez F., M. J. Díez, J. V. Valcárcel, J. Cebolla-Cornejo, A. Pérez, S. Soler, R. De Frutos. (2008). Genetic resources of *Lycopersicon* at the Institute for the Conservation and Improvement of the Agrodiversity (COMAV). *Acta Horticulturae* 789:293-298. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.789.39>
- Palomo-Gil A., Gaytán-Mascorro A., Faz-Contreras, R., Reta-Sánchez D.G y Gutiérrez-del Río E. (2004). Rendimiento y calidad de fibra de algodón en respuesta al número de riegos y dosis de nitrógeno. *Terra Latinoamericana* 22:299-305
- Pimentel G. F. (1985). *Curso de Estadística Experimental*. Universidad de São Paulo. São Paulo, Brasil. 466 p.
- Preciado E. R., Erazo, M., Quijano J.A.; Terrón A. Paredes R. (2002). Simulación del crecimiento de maíces precoces en condiciones de secano. *Agronomía Mesoamericana*. 13(2):123-128. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/12066>.
- Rocha-Munive M.G., Soberón M., Castañeda S., Niaves E., Scheinvar E., Eguarte L.E., Mota S.D., Rosales R. E., Nava C. U., Martínez C. J.L., Blanco A. C., Bravo A., Souza V. (2018). Evaluation of the impact of genetically modified cotton after 20 years of cultivation in Mexico. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 6:82, <https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00082>
- SAGARPA-FAO (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural - Food and Agriculture Organization). (2014). Análisis de la cadena de valor en la producción de algodón en México: SAGARPA-FAO, Mexico, México. 57 p. <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-4-analisis-de-la-cadena-de-valor-en-la-produccion-de-algodon-en-mexico.pdf> (recuperado: julio 2024)



- Sarode D, Sharma K, Shinde N, Gaikwad A, Chavhan R, Pimpale P. (2021). Molecular Characterization of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Genotypes Using SSR Markers for Fiber Quality Traits. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.10(03):1748–1759.
- SAS Institute. (2011). SAS/STAT® 9.3 9.3 User's Guide. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA. 8621 p.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Avance desiembras y cosechas. Resumen nacional por estado. Serviciode Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad de México. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do (junio 2024).
- Shim J., Mangat PK., Angeles-Shim RB. (2018). Natural Variation in Wild *Gossypium* Species as a Tool to Broaden the Genetic Base of Cultivated Cotton. HSOA Journal of Plant Science: Current Research. 2(1): 2 -9. DOI:10.24966/PSCR-3743/100005
- Su J.J., Pang C.Y., Wei H.L., Li L.B., Liang B., Wang C.X., Song M.Z., Wang H., Zhao S., Jia X., Mao G., Huang L., Geng D., Wang C., Fan S., Yu S. (2016). Identification of favorable SNP alleles and candidate genes for traits related to early maturity via GWAS in upland cotton. BMC Genomics. 17, 687.
- Ullah K N., Bahadar M Khan., Hassan G., Farhatullah., Batool S., Makhdoom K., Ahmad W., ULLAH K H. (2010). Genetic Variation and Heritability for Cotton Seed, Fiber and Oil Traits in *Gossypium hirsutum* L. Pak. J. Bot., 42(1): 615-625.
- USDA, United States Department of Agriculture. (2024). Cotton Production Monthly Report. United States Department of Agriculture.Washington, D. C. <https://www.ams.usda.gov/market-news/cotton> (julio 2024).
- Zheng Z, Xie S, Dai H-N, Chen X. and Wang H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. International Journal of Web and Grid Services, 14 (4): 352–375. DOI: 10.1504/IJWGS.2018.10016848.