

Rendimiento y calidad de fibra en genotipos de algodón convencional en dos ambientes de México

Yield and fiber quality in conventional cotton genotypes in two environments in Mexico

Olga Bonilla-Barrientos¹ , Enrique Hernández-Leal² , Jorge Maltos-Buendía² , Aurelio Hernández-Bautista³ , Iván Franco-Gaytan^{2*} , Beatriz Martínez-Yañez⁴ 

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Delicias. Carretera Delicias-Rosales km 2, Colonia Centro, CP. 33000. Delicias, Chihuahua, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental La Laguna. Boulevard José Santos Valdez No. 1200 Pte. CP. 27440. Matamoros, Coahuila, México.

³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Genética. Carretera México-Texcoco km 36.5, CP. 56264. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

⁴Ingeniería Agrícola, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM). Carretera Cuautitlán-Teoloyucan, Km 2.5. CP. 54714. Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México.

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

Artículo científico

Recibido: 20 de marzo 2026

Aceptado: 04 de agosto 2026

RESUMEN. El algodón (*Gossypium hirsutum* L.) es el cultivo no comestible más rentable del mundo. Sin embargo, en México dicho cultivo enfrenta problemas de rentabilidad debido a diversos factores bióticos y abióticos. Por eso, el objetivo fue evaluar el comportamiento agronómico, el rendimiento y la calidad de fibra de ocho genotipos de algodón y dos testigos comerciales. La investigación se realizó en 2023 en Matamoros, Coahuila (región La Laguna) y Delicias, Chihuahua en el INIFAP. Se sembró el 04 de abril en Matamoros y el 9 de mayo en Delicias, en ambos experimentos se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se registraron 11 variables de comportamiento agronómico, rendimiento y calidad de fibra. Para el análisis estadístico se usó un análisis de varianza combinado de genotipos y localidades y la prueba de Tukey. El análisis detectó diferencias estadísticas entre los genotipos para todas las variables. Para cada ambiente se detectó una amplia diversidad en características agronómicas, rendimiento y calidad de fibra. Cian Precoz y GOS-27 pueden ser aprovechados para la región de La Laguna por su rendimiento y calidad de fibra; mientras que, para Delicias, los genotipos Cian Precoz, Cian-95, GOS-27, FZ-13 y TOA-09 tuvieron rendimientos y calidad de fibra similares a los testigos comerciales (Deltapine® y Fibermax-989®).

Palabras clave: Selección, adaptación, diversidad.

ABSTRACT. Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is the world's most profitable non-food crop, however, this crop faces profitability problems due to several abiotic and biotic factors. Therefore, the objective was to evaluate the agronomic performance, yield, and fiber quality of eight cotton genotypes and two commercial controls. The research was conducted in 2023 at INIFAP in Matamoros, Coahuila (La Laguna region), and Delicias, Chihuahua. Planting took place on April 4th in Matamoros and May 9th in Delicias. Both experiments used a randomized complete block design with three replications. Eleven variables related to agronomic performance, yield, and fiber quality were recorded. A combined genotype × location analysis of variance, and Tukey's test were used for statistical analysis in SAS. The analysis detected statistically significant differences between the genotypes for all traits. For each environment, a wide diversity in agronomic characteristics, yield, and fiber quality was observed. Cian Precoz and GOS-27 can be used in the La Laguna region due to their yield and fiber quality. Meanwhile, in Delicias, the Cian Precoz, Cian-95, GOS-27, FZ-13, and TOA-09 genotypes had yields and fiber quality very similar to the commercial controls (Deltapine® and Fibermax-989®). These materials showed good genetic potential that could be used within a breeding program for this area.

Keywords: Selection, adaptation, diversity.

Como citar: Bonilla-Barrientos O, Hernández-Leal E, Maltos-Buendía J, Hernández-Bautista A, Franco-Gaytán I, Martínez-Yañez B (2026) Rendimiento y calidad de fibra en genotipos de algodón convencional en dos ambientes de México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. VI: e5289. DOI: 10.19136/era.a13nVI.5289.

INTRODUCCIÓN

El algodón (*Gossypium hirsutum* L.) es uno de los cultivos no comestible más rentable del mundo debido al valor de su fibra (Damalas y Koutroubas 2025). De su semilla se puede extraer entre 15 y 25% de aceite, harina y torta de semilla para alimento de ganado (Vulchi *et al.* 2022). Es uno de los productos agrícolas más cultivados en las regiones subtropicales y tropicales, y ampliamente comercializado por la industria textil (Akin 2023). En el año 2025, China, India, Brasil, Estados Unidos, Pakistán, Australia, Uzbekistán y Turquía produjeron el 88% de algodón en el mundo. México ocupó el decimoquinto lugar con el 0.5% de la producción global produciendo 565 000 pacas de 480 libras (USDA 2025) proporcionando beneficios a un gran número de productores (Mollae *et al.* 2019).

Los altos costos de siembra, el manejo del cultivo, plagas, enfermedades, costo de los insumos (semilla, fertilizantes, herbicidas, insecticidas y defoliantes), malezas y el riego son factores que afectan su producción a nivel mundial (Wahab *et al.* 2020). En nuestro país, los principales desafíos que enfrenta este cultivo son: plagas, enfermedades y precios bajos a los que se han cotizado en el mercado internacional (Orona-Castillo *et al.* 2024), desabasto de semillas, malezas, suelos deteriorados y poca disponibilidad de agua para los riegos (SNICS 2020). En México, en 1996 se inició la siembra de semillas Bt (Bollgard) con la toxina Cry1Ac, para el control del gusano rosado, *Pectinophora gossypiella* (Saunders), gusano tabacalero, *Heliothis virescens* (F.), gusano soldado, *Spodoptera exigua* (Hübner) y control moderado de gusano bellotero, *Helicoverpa zea* (Boddie). En 2008, se comenzó a cultivar la segunda generación de algodón Bt (Bollgard II) con las toxinas Cry1Ac y Cry2Ab más efectivas para el control del complejo de lepidópteros (Nava-Camberos *et al.* 2018) y en 2018, se cultivó la tercera generación de algodón Bt (Bollgard 3® XtendFlex) con las proteínas Cry1Ac, Cry2AB y Vip3A (Bayer 2025). Al respecto, Rocha-Munive *et al.* (2018) mencionan que el área sembrada en México con esa tecnología pasó del 18 al 96% en ese periodo.

A pesar de estas nuevas generaciones de transgénicos, los problemas asociados a las plagas persisten. Por ejemplo, el picudo del algodonerero (*Anthonomus grandis* Boeman) y gusano bellotero (*Helicoverpa zea* Boddie) son un problema en los estados de Coahuila, Durango y Tamaulipas. Por otro lado, las variedades actuales de algodonerero Bt no son resistentes al picudo del algodonerero, mosquita blanca (*B. tabaci*), chinche verde (*Nezara viridula* L.), chinche lygus (*Lygus* spp.) y conchuela (*Chlorochroa ligata* Say (Hemiptera)) las cuales ocasionan pérdidas económicas considerables por la baja calidad de fibra (Nava-Camberos *et al.* 2018). El uso constante de herbicidas (glifosato) ha generado resistencia de malezas, al ejercer una presión de selección considerable sobre ellas, lo que resulta en la evolución de biotipos resistentes a herbicidas (Owen y Zelaya 2005). En un estudio realizado en México por Rocha-Munive *et al.* (2018), los agricultores mencionan que las semillas de algodón transgénico son caras y el uso de herbicidas es mayor. El 10% de los agricultores considera que el algodón transgénico no es rentable y el 40% de los agricultores volvería a sembrar variedades convencionales de algodón, ya que asumen que costarían menos.

En México, la superficie cultivada en 2018 fue de 238 722 hectáreas con 985 502 t producidas en los estados de Baja California, Coahuila, Chihuahua, Durango, Sonora y Tamaulipas, a partir de ese año se ha observado una tendencia a la baja; ya que en 2025 se cultivaron solo 68 463 hectáreas en

Baja California, Coahuila, Chihuahua, Sonora y Tamaulipas, siendo el valor más bajo en los últimos treinta años (SIAP 2025). Con base en esta situación, es una prioridad desarrollar germoplasma convencional de algodón libre de transgenes que muestre buen rendimiento, calidad de fibra y excelente adaptabilidad a las diversas áreas de producción del país. Dentro del mejoramiento genético, un punto importante en el desarrollo de nuevas variedades es su adaptabilidad a las zonas de producción, la cual depende de la interacción genotipo por ambiente (Acquaah 2020). En algodón, ha sido documentado que la interacción es un factor importante en la expresión del rendimiento de semilla, donde dicha interacción provocó una variación de hasta 50% de diferencia entre los ambientes evaluados (Mejía-Salazar *et al.* 2020). Aunque dicho fenómeno ha sido estudiado en materiales de otros países (Singh *et al.* 2014, Mejía-Salazar *et al.* 2020), este conocimiento permanece escaso en materiales de México. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento agronómico, rendimiento y calidad de fibra de cinco variedades convencionales y tres líneas avanzadas de algodón. Como testigos se utilizaron las variedades comerciales DeltaPine® y Fibermax-989®.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y manejo agronómico

La investigación se realizó en el ciclo agrícola 2023, en los Campos Experimentales La Laguna (CELALA) en Matamoros, Coahuila (25° 32' LN y 103° 14' LO a 1 150 msnm) y Delicias (CEDEL) del INIFAP, ubicado en Delicias, Chihuahua (28° 37' N y 103° 17' O, y 1,165 msnm). La siembra se realizó el 4 de abril en el C.E. La Laguna y el 9 de mayo en el C.E. Delicias, con una distancia de 0.76 m entre surcos y nueve plantas por metro lineal, para tener una densidad de población de 115 000 plantas ha⁻¹. La dosis de fertilización fue 120-40-00 y 160-70-00 NPK para La Laguna y Delicias, respectivamente. Se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno en la siembra y el resto del nitrógeno antes del primer riego de auxilio. Se dieron tres riegos de auxilio a los 58, 94 y 113 días después de la siembra (dds) en La Laguna y cinco riegos (25, 52, 67, 89 y 106 dds) en el C.E. Delicias. El control de maleza y la cosecha fue de forma manual a los 126 dds en La Laguna y los 139 dds en Delicias.

Material biológico y variables evaluadas

El material biológico estuvo conformado por las líneas experimentales GOS-27, FZ-13 y TOA-09 y como testigos se utilizaron las variedades convencionales Cian-95, Cian Precoz, Nazas-87, Laguna-89 y Juárez-91 del Programa de Mejoramiento Genético del INIFAP y las variedades comerciales DeltaPine® y Fibermax-989®. Dichos materiales experimentales fueron obtenidos después de siete ciclos de selección empleando el método de selección masal. En ambos experimentos 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, las plantas muestreadas se obtuvieron de los dos surcos centrales. En cada experimento se registró el rendimiento de algodón en hueso (REN), fibra (REF) y semilla (RESEM) en kg ha⁻¹, altura (APL; en cm) y diámetro final (DPL; en mm) de ocho plantas por parcela, número de capullos cosechados por planta (NCP), número de entrenudos (NE) y el índice de semilla se estimó a partir del peso de 100 semillas (ISE; en %). Para la calidad de la fibra

se tomó una muestra aleatoria de 30 capullos por parcela, se separó la fibra de la semilla y se pesó, para obtener una muestra de 120 a 130 g para su envío al Laboratorio de Calidad de Fibra Algodab, donde se determinó en cada muestra la longitud de fibra (LON, en mm de pulgada), resistencia (RES, en g/tex) y finura (FIN, en índice de micronaire).

Análisis estadístico

Previo al análisis de varianza, se realizaron las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas usando la prueba de Bartlett (Steel y Torrie 1980). Se utilizó el modelo combinado de acuerdo con Martínez (1988), el cual explica el comportamiento de cualquier genotipo en los diferentes ambientes y considera al ambiente, bloque y localidades como factores fijos. El modelo es el siguiente:

$$y_{ijl} = \mu + \beta_{l(j)} + \tau_i + \delta_j + (\tau * \delta)_{ij} + \varepsilon_{ijl}$$

Donde: y_{ijl} comportamiento medio del genotipo i en ambiente j en el bloque l ; μ = media general; $\beta_{l(j)}$ = efecto del bloque l dentro del ambiente j ; τ_i = efecto del i -ésimo genotipo; δ_j = efecto del j -ésimo ambiente; $(\tau * \delta)_{ij}$ = efecto de la interacción genotipo $\times$ ambiente del i -ésimo genotipo en el j -ésimo ambiente; ε_{ijl} es el error aleatorio no observable que se asume homogéneo con distribuciones normales e independientes, es decir, NID $(0, I \sigma^2)$ (σ^2 = varianza del error aleatorio). Se realizó un análisis de varianza para cada variable utilizando el procedimiento ANOVA de SAS (SAS 2015). 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

Se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el análisis de varianza combinado, para todas las variables en la fuente de variación Genotipo. El factor ambiente mostró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para la mayoría de las variables a excepción del índice de semilla, resistencia y NCPP. Por otro lado, el factor interacción genotipo $\times$ ambiente mostró diferencias significativas en la mayoría de las variables, los coeficientes de variación estuvieron en un intervalo de 0.5431 a 26.67% (Tabla 1).

Nazas-87 y Juárez-91 fueron las variedades convencionales que mejor se comportaron en promedio considerando los dos ambientes. Dichos materiales tuvieron los valores más altos para el ISE, NCPP, APL y RES, muy similares al testigo comercial Fibermax-989®. Por el contrario, la variedad convencional Laguna-89 fue la que tuvo los valores más bajos en promedio en La Laguna y Delicias para las variables APL, NE y las de calidad de fibra (FIN, LOG y RES) como se observa en la Tabla 2.

En el ambiente uno (La Laguna) se muestran nueve variables de 11, las cuales mostraron diferencia significativa en la prueba de Tukey para el sitio La Laguna. En este caso solo la línea avanzada TOA-09 fue la que tuvo el rendimiento más bajo de algodón en hueso ($2\,690.08 \text{ kg ha}^{-1}$) y fibra ($856.73 \text{ kg ha}^{-1}$), calidad de fibra de 4.80 MIC, 29.2 mm de pulgadas y 31.0 g/tex. Los otros nueve genotipos no presentaron diferencias estadísticas entre ellos para el rendimiento de semilla (RESEM). Mientras que para la calidad de fibra el testigo comercial Deltapine® fue el mejor para finura con 5.10 MIC y

Cian-95 el de menor finura (4.20 MIC). Cian-95, Nazas-87 y el testigo comercial Fibermax-989® fueron los mejores para longitud de fibra (30.2 mm de pulgadas) y solo Fibermax-989® tuvo el valor más alto para la resistencia de fibra con 35.2 g/tex (Tabla 3).

Tabla 1. Análisis de varianza combinado a través de localidades para 11 caracteres evaluados en 10 genotipos de algodón convencional evaluados en dos ambientes del norte de México.

Variable	Genotipo	Ambiente	Bloque (Ambiente)	Genotipo*Ambiente	Error	C.V	Media	DE
Rendimiento en hueso (kg ha ⁻¹)	1056435.44**	19127220.1**	1522474.95**	1913942.65**	407659.5	13.83	4615.13	1279.74
Rendimiento de fibra (kg ha ⁻¹)	244883.22**	7914055.38**	378863.91**	353919.97**	79202.48	16.06	1752.37	547.26
Rendimiento de semilla (kg ha ⁻¹)	513110.87**	19580987.6**	570808.64**	553082.45**	166887.48	15.35	2662.08	796.9
Índice de semilla (%)	6.28**	0.0487	0.0807	0.0792	0.4527	4.18	10.78	1.06
NCPP	53.42**	6.28	8.68	31.56	19.37	26.67	16.5	5.05
Altura de planta (cm)	388.39**	3288.56**	7.3	394.17**	50.82	9.31	76.59	14.37
Diámetro de planta (mm)	27.68**	20.9**	0.855	36.32**	1.28	10.55	10.76	1.5
Número de entrenudos	75.44**	45.62**	1.72	68.55**	1.19	7.67	14.23	1.99
Finura (FIN)	1.98**	0.41**	0.0064	0.5442**	0.0033	1.29	4.46	0.2275
Longitud (mm de pulgadas)	11.48**	1.82**	0.0127	0.2463**	0.0253	0.5431	29.31	0.5287
Resistencia (g/tex)	16.69**	0.0673	0.1217	2.01**	0.1172	1.04	32.8	1.71
G.L	9	1	4	9	36			

CV: coeficiente de variación, DE: desviación estándar, *: $P \leq 0.05$, **: $P \leq 0.01$, NCPP: número de capullos por planta, GL: grados de libertad.

Tabla 2. Comportamiento promedio de 10 genotipos de algodón convencional evaluados en dos ambientes del norte de México.

Genotipos	ISE	NCPP	APL	NE	FIN	LON	RES
Cian Precoz	10.27 ^{de}	22.55 ^a	71.02 ^{ab}	14.51 ^{ab}	4.32 ^{c-e}	28.60 ^d	30.20 ^e
Cian-95	10.43 ^{de}	16.07 ^{ab}	73.31 ^{ab}	13.64 ^{ab}	4.25 ^e	29.90 ^a	33.85 ^{ab}
Nazas-87	12.53 ^a	15.01 ^{ab}	68.01 ^{ab}	13.11 ^b	4.30 ^{de}	29.90 ^a	35.15 ^a
Laguna-89	11.40 ^{bc}	14.11 ^{ab}	65.41 ^b	12.23 ^b	4.40 ^{b-e}	29.25 ^{bc}	33.00 ^{bc}
Juárez-91	12.13 ^{ab}	16.86 ^{ab}	70.33 ^{ab}	13.07 ^b	4.30 ^{de}	29.65 ^{ab}	34.65 ^a
GOS-27	10.63 ^{cd}	14.38 ^{ab}	82.26 ^{ab}	14.59 ^{ab}	4.49 ^{bc}	28.82 ^{cd}	31.18 ^{de}
FZ-13	10.67 ^{cd}	15.77 ^{ab}	89.00 ^a	16.52 ^a	4.58 ^b	28.95 ^{cd}	31.07 ^{de}
TOA-09	9.07 ^f	12.99 ^b	79.34 ^{ab}	14.45 ^{ab}	4.58 ^b	29.22 ^{bc}	31.81 ^{cd}
Fibermax-989®	9.90 ^e	20.73 ^{ab}	85.88 ^{ab}	15.23 ^{ab}	4.55 ^{bc}	29.72 ^{ab}	34.00 ^{ab}
Deltapine®	10.80 ^{cd}	16.55 ^{ab}	81.38 ^{ab}	14.57 ^{ab}	4.88 ^a	29.09 ^{cd}	33.13 ^{bc}
DSH	0.81	8.67	20.99	3.02	0.23	0.51	1.35

a,b,c: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$); DSH: diferencia significativa honesta, índice de semilla (ISE; en %), NCPP: número de capullos por planta, altura de planta (APL; en cm), número de entrenudos (NE), finura (FIN; en índice de micronaire), longitud de fibra (LON; en mm de pulgada) y resistencia (RES; en g/tex).

Para el ambiente de Delicias (dos) se observó que algunos genotipos sobresalieron de los demás en todas las variables. Las variedades convencionales Laguna-89, Cian Precoz y Cian-95, las líneas avanzadas GOS-27, FZ-13 y TOA-09, así como los testigos comerciales Deltapine® y Fibermax-989®

fueron los que presentaron los mayores valores de rendimiento de algodón en hueso (5 244.44 a 7 125.93 kg ha⁻¹), fibra (2 051.9 a 2 774.1 kg ha⁻¹) y semilla (3 073.48 a 4 109.63 kg ha⁻¹), mientras que Nazas-87 y Juárez-91 tuvieron los rendimientos más bajos de algodón en REN, REF y RESEM. Esos dos genotipos y Laguna-89 fueron los del mayor ISE al estar entre 11.53 y 12.67%. Mientras que Cian Precoz y Fibermax-989® tuvieron el mayor número de capullos por planta lo que contribuyó a que sus rendimientos fueran de los más altos. Las líneas GOS-27 y FZ-13 y los testigos (Deltapine® 198 y Fibermax-989®) presentaron la mayor altura de planta y diámetro. Respecto a la calidad de fibra Deltapine® fue el que presentó mayor finura y longitud de fibra con 4.65 MIC y 29.18 mm de pulgadas, respectivamente. Mientras que Nazas-87 (35.4 g/tex) y Juárez-91 (34.9 g/tex) tuvieron los valores más altos para resistencia de fibra (Tabla 4).

Tabla 3. Comportamiento promedio de los materiales en La Laguna, Coahuila, de las cinco variedades convencionales, tres líneas y dos testigos de algodón.

La Laguna								
Genotipos	REN	REF	ISE	NCPP	NE	FIN	LON	RES
Cian Precoz	4551.21 ^a	1773.4 ^a	10.4 ^c	21.9 ^{ab}	14.6 ^{ab}	4.33 ^{cd}	28.7 ^e	29.5 ^h
Cian-95	3551.20 ^{ab}	1381.6 ^{ab}	10.5 ^c	18.3 ^{ab}	14.3 ^{ab}	4.20 ^d	30.2 ^a	34.2 ^c
Nazas-87	3439.35 ^{ab}	1298.3 ^{ab}	12.4 ^a	13.6 ^{ab}	12.7 ^{b-d}	4.30 ^{cd}	30.2 ^a	34.9 ^b
Laguna-89	3759.63 ^{ab}	1292.4 ^{ab}	11.2 ^{a-c}	10.8 ^b	11.9 ^d	4.40 ^c	29.2 ^{cd}	33.1 ^d
Juárez-91	3752.96 ^{ab}	1340.7 ^{ab}	12.1 ^{ab}	17.6 ^{ab}	12.1 ^{cd}	4.30 ^{cd}	29.7 ^b	34.4 ^c
GOS-27	4288.05 ^{ab}	1709.8 ^a	10.8 ^{bc}	11.8 ^{ab}	12.5 ^{cd}	4.63 ^b	29.2 ^c	31.5 ^f
FZ-13	2774.88 ^{ab}	1087.7 ^{ab}	10.8 ^{bc}	19.7 ^{ab}	13.7 ^{a-d}	4.70 ^b	29.2 ^{cd}	31.1 ^g
TOA-09	2690.08 ^b	856.73 ^b	9.07 ^d	14.6 ^{ab}	13.2 ^{b-d}	4.80 ^b	29.2 ^{cd}	31.0 ^g
Fibermax-989®	4178.40 ^{ab}	1549.7 ^{ab}	9.93 ^d	22.9 ^a	15.7 ^a	4.70 ^b	30.2 ^a	35.2 ^a
Deltapine®	4116.99 ^{ab}	1601.6 ^{ab}	10.8 ^{bc}	16.8 ^{ab}	12.8 ^{b-d}	5.10 ^a	29.0 ^d	32.8 ^e
DMS	1811.5	843.62	1.35	11.35	2.24	0.19	0.23	0.28

a,b,c: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$); DSH: diferencia significativa honesta, rendimiento de algodón en hueso (REN; en (kg ha⁻¹)), rendimiento de fibra (REF; en kg ha⁻¹), índice de semilla (ISE; en %), NCPP: número de capullos por planta, número de entrenudos (NE), finura (FIN; en índice de micronaire), longitud de fibra (LON; en mm de pulgada) y resistencia (RES; en g/tex).

En la Tabla 5, se observa que el rendimiento en hueso (REN), fibra (REF) y semilla (RESEM) los genotipos FZ-13 y Deltapine® fueron muy superior en el ambiente de Delicias, por el contrario, TOA-09 presento los rendimientos más bajos con 2 690.08, 856.73 y 1 543.87 kg ha⁻¹, respectivamente en el ambiente de La Laguna. Para las variables fenológicas FZ-13 en Delicias, tuvo los valores más altos para NCPP (11.81), altura de planta (112.69 cm) y número de entrenudos (19.33). Por el contrario, Laguna-89 en el ambiente de La Laguna para NCPP (10.80) y número de entrenudos (11.89) presento los valores más bajos. Para la variable altura de planta estadísticamente nueve genotipos tuvieron el valor más bajo, de los cuales solo dos genotipos correspondieron al ambiente de Delicias y siete a La Laguna; para el diámetro de planta seis genotipos presentaron los valores más bajos principalmente en el ambiente de La Laguna y solo Laguna-89 en Delicias. En La Laguna la calidad de fibra (FIN, LOG y RES) fue mejor debido a que no hubo un genotipo específico en cada variable, pero los mejores fueron los que se evaluaron en ese ambiente.

Tabla 4. Comportamiento promedio de los materiales en Delicias, Chihuahua, de las cinco variedades convencionales, tres líneas y dos testigos de algodón.

Delicias											
Genotipos	REN	REF	RESEM	ISE	NCPP	APL	DPL	NE	FIN	LON	RES
Cian Precoz	5488.89 ^{abc}	2118.5 ^{abc}	3257.63 ^{abc}	10.07 ^{cd}	23.3 ^a	71.2 ^{cd}	10.04 ^{ab}	14.42 ^b	4.3 ^c	28.5 ^c	30.9 ^c
Cian-95	5718.52 ^{abc}	2303.7 ^{abc}	3387.85 ^{abc}	10.33 ^{bcd}	14.0 ^{bc}	72.5 ^{cd}	10.1 ^{ab}	13.94 ^b	4.3 ^c	29.6 ^a	33.5 ^b
Nazas-87	4859.26 ^{bc}	1733.3 ^{bc}	2881.63 ^{bc}	12.67 ^a	14.3 ^{bc}	68.0 ^d	10.47 ^{ab}	13.53 ^b	4.3 ^c	29.6 ^a	35.4 ^a
Laguna-89	5444.44 ^{abc}	1951.9 ^{bc}	3226.07 ^{abc}	11.53 ^{ab}	15.7 ^{bc}	66.9 ^d	9.4 ^b	13.17 ^b	4.4 ^{bc}	29.3 ^{ab}	32.9 ^b
Juárez-91	4162.96 ^c	1511.1 ^c	2499.26 ^c	12.13 ^a	14.7 ^{bc}	75.0 ^{bcd}	10.75 ^{ab}	14.03 ^b	4.3 ^c	29.6 ^a	34.9 ^a
GOS-27	5244.44 ^{abc}	2051.9 ^{abc}	3073.48 ^{abc}	10.47 ^{bc}	12.7 ^{bc}	95.4 ^{ab}	13.82 ^a	16.67 ^{ab}	4.35 ^{bc}	28.4 ^c	30.9 ^c
FZ-13	7125.93 ^a	2774.1 ^a	4109.63 ^a	10.53 ^{bc}	11.7 ^c	113.0 ^a	11.95 ^{ab}	19.33 ^a	4.45 ^b	28.7 ^{bc}	31 ^c
TOA-09	5466.67 ^{abc}	2251.9 ^{abc}	3115.11 ^{abc}	9.07 ^d	13.0 ^{bc}	90.2 ^{bc}	12.87 ^{ab}	15.71 ^{ab}	4.37 ^{bc}	29.23 ^{ab}	32.6 ^b
Fibermax-989®	5474.08 ^{abc}	2118.5 ^{abc}	3105.18 ^{abc}	9.87 ^{cd}	18.3 ^{ab}	91.4 ^{abc}	11.82 ^{ab}	14.87 ^b	4.4 ^{bc}	29.23 ^{ab}	32.8 ^b
Deltapine®	6214.82 ^{ab}	2340.7 ^{ab}	3677.63 ^{ab}	10.80 ^{bc}	16.3 ^{bc}	96.7 ^{ab}	12.27 ^{ab}	16.31 ^{ab}	4.65 ^a	29.18 ^{ab}	33.5 ^b
DMS	1925	803.61	1113.1	1.29	5.98	22.0	3.89	3.92	0.149	0.6165	1.39

a,b,c: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$); DSH: diferencia significativa honesta. rendimiento de algodón en hueso (REN; en kg ha^{-1}), rendimiento de fibra (REF; en kg ha^{-1}), índice de semilla (ISE; en %), NCPP: número de capullos por planta, altura de planta (APL; en cm), diámetro final (DPL; en mm), número de entrenudos (NE), finura (FIN; en índice de micraire), longitud de fibra (LON; en mm de pulgadas), resistencia (RES; en g/tex).

DISCUSIÓN

La variación fenotípica dentro de los genotipos es un factor primordial para el progreso genético de todo programa de mejoramiento genético, dado que la ganancia genética de cada ciclo de selección se basa en la presencia de varianza fenotípica (Acquaah 2020). En este estudio, dicha varianza fenotípica fue significativa para el factor genotipo y dentro de la mayoría de las variables estudiadas, evidenciando que estos materiales son fuente importante de características relacionadas con la planta y calidad de fibra para el desarrollo de líneas superiores. Al respecto, Martínez (1994) señala que si el coeficiente de variación fue menor o igual al 20% la calidad del experimento es buena y mala si es mayor al 20%. Debido a que hubo una amplia variación genotípica y fenotípica entre los genotipos evaluados en los dos ambientes se puede observar que los coeficientes de variación fueron altos, ya que factores como el número de riegos y condiciones edafoclimáticas influyeron en su desarrollo. También Warrick y Gardner (1983) señalan que las variaciones de rendimiento ocurren dentro del campo a pesar de que el clima, las prácticas culturales y el riego sean uniformes como en esta investigación donde el rendimiento de algodón en hueso, fibra y semilla en los dos ambientes y de manera individual (La Laguna y Delicias) se vio afectado. La variación genética observada puede ser aprovechada para obtener variedades con excelente rendimiento y calidad de fibra. Otros factores que afectan el rendimiento son los climáticos como la humedad, tipo del suelo, pH, niveles de fertilidad, duración del ciclo vegetativo, materia orgánica, malezas e insectos (Meredith 1996).

Tabla 5. Medias de rendimiento en hueso, fibra y semilla, número de capullos por planta, altura y diámetro de planta, número de entrenudos, finura, longitud y resistencia de fibra de 10 variedades de algodón a través de las localidades de La Laguna, Coahuila y Delicias, Chihuahua.

Genotipo	Ambiente	Rendimiento en hueso (kg ha ⁻¹)	Rendimiento de fibra (kg ha ⁻¹)	Rendimiento de semilla (kg ha ⁻¹)	NCP	Altura de planta (cm)
FZ-13	Delicias	7125.93 ^a	2774.07 ^a	4109.63 ^a	11.81 ^{e-g}	112.69 ^a
Deltapine®	Delicias	6214.82 ^{ab}	2340.74 ^{ab}	3677.63 ^{ab}	16.22 ^{a-g}	96.65 ^{ab}
Cian-95	Delicias	5718.52 ^{bc}	2303.70 ^{bc}	3387.85 ^{bc}	13.83 ^{d-g}	72.53 ^{fg}
Cian Precoz	Delicias	5488.89 ^{b-d}	2118.52 ^{b-e}	3257.63 ^{b-d}	23.20 ^a	71.17 ^{fg}
Fibermex-989®	Delicias	5474.08 ^{b-e}	2118.52 ^{b-f}	3105.18 ^{b-g}	18.56 ^{a-e}	91.36 ^{b-d}
TOA-09	Delicias	5466.67 ^{b-f}	2251.85 ^{b-d}	3115.11 ^{b-f}	11.36 ^{e-g}	90.20 ^{b-e}
Laguna-89	Delicias	5444.44 ^{b-g}	1951.85 ^{b-h}	3226.07 ^{b-e}	17.42 ^{a-g}	66.94 ^g
GOS-27	Delicias	5244.44 ^{b-h}	2051.85 ^{b-g}	3073.48 ^{b-h}	16.92 ^{a-g}	95.36 ^{bc}
Nazas-87	Delicias	4859.26 ^{c-i}	1733.33 ^{c-j}	2881.63 ^{c-i}	16.36 ^{a-g}	68.03 ^g
Cian Precoz	La Laguna	4551.21 ^{d-j}	1773.41 ^{c-i}	2686.43 ^{d-j}	21.91 ^{a-c}	70.87 ^{fg}
GOS-27	La Laguna	4288.05 ^{h-k}	1709.81 ^{e-k}	2482.48 ^{f-l}	11.84 ^{e-g}	69.13 ^{fg}
Fibermex-989®	La Laguna	4178.41 ^{i-l}	1549.72 ^{h-m}	2470.05 ^{f-m}	22.91 ^{ab}	80.40 ^{d-f}
Juárez-91	Delicias	4162.96 ^{i-m}	1511.11 ^{h-n}	2499.26 ^{f-k}	16.11 ^{a-g}	75.03 ^{fg}
Deltapine®	La Laguna	4116.99 ⁱ⁻ⁿ	1601.62 ^{g-l}	2383.79 ⁱ⁻ⁿ	16.87 ^{a-g}	66.11 ^g
Laguna-89	La Laguna	3759.53 ^{j-o}	1292.41 ^{i-q}	1977.35 ^{k-o}	10.80 ^g	63.87 ^g
Juárez-91	La Laguna	3752.96 ^{j-p}	1340.65 ^{j-p}	1989.05 ^{k-o}	17.60 ^{a-g}	65.62 ^g
Cian-95	La Laguna	3551.20 ^{k-q}	1381.59 ^{j-o}	2119.90 ^{i-o}	18.31 ^{a-f}	74.09 ^{fg}
Nazas-87	La Laguna	3439.35 ^{k-q}	1298.25 ^{j-q}	1623.55 ^o	13.66 ^{d-g}	68.00 ^g
FZ-13	La Laguna	2774.88 ^{o-q}	1087.73 ^{m-q}	1631.59 ^o	19.73 ^{a-d}	65.31 ^g
TOA-09	La Laguna	2690.08 ^q	856.73 ^q	1543.87 ^o	14.62 ^{c-g}	68.49 ^g
	Ambiente	Diámetro de planta (mm)	Número de entrenudos	FIN	LOG	RES
FZ-13	Delicias	11.95 ^{a-d}	19.33 ^a	4.45 ^{fg}	28.70 ^{rs}	31.00 ^{n-p}
Deltapine®	Delicias	12.29 ^{a-c}	16.31 ^{bc}	4.65 ^{c-e}	29.18 ^{i-p}	33.47 ^{gh}
Cian-95	Delicias	10.10 ^{d-f}	12.94 ^{g-l}	4.30 ^{k-n}	29.60 ^{de}	33.50 ^{fg}
Cian Precoz	Delicias	10.04 ^{ef}	14.42 ^{d-h}	4.30 ^{k-o}	28.50 ^{r-t}	30.90 ^{n-r}
Fibermex-989®	Delicias	11.82 ^{b-e}	14.87 ^{b-f}	4.40 ^{gh}	29.23 ^{ij}	32.81 ^{i-k}
TOA-09	Delicias	12.87 ^{ab}	15.71 ^{b-d}	4.37 ^{g-k}	29.23 ^{i-l}	32.61 ^{i-m}
Laguna-89	Delicias	9.40 ^f	13.17 ^{i-l}	4.40 ^{g-j}	29.30 ^{hi}	32.90 ^{h-j}
GOS-27	Delicias	13.82 ^a	16.67 ^{ab}	4.35 ^{h-l}	28.40 ^t	30.88 ^{o-s}
Nazas-87	Delicias	10.47 ^{c-f}	13.53 ^{f-l}	4.30 ^{k-s}	29.60 ^{d-h}	35.40 ^a
Cian Precoz	La Laguna	9.75 ^f	14.60 ^{c-g}	4.33 ^{h-m}	28.70 ^{qr}	29.50 ^s
GOS-27	La Laguna	10.31 ^{d-f}	12.51 ^{j-l}	4.63 ^{c-f}	29.23 ^{i-k}	31.47 ^{mn}
Fibermex-989®	La Laguna	11.2 ^{b-f}	15.69 ^{b-e}	4.70 ^{cd}	30.20 ^{ab}	35.20 ^{ab}
Juárez-91	Delicias	10.75 ^{c-f}	14.03 ^{d-j}	4.30 ^{k-q}	29.60 ^{d-f}	34.90 ^{a-c}
Deltapine®	La Laguna	9.56 ^f	12.82 ^{g-l}	5.10 ^a	29.00 ^{i-q}	32.80 ^{i-l}
Laguna-89	La Laguna	10.83 ^{c-f}	11.89 ^l	4.40 ^{g-i}	29.20 ⁱ⁻ⁿ	33.10 ^{hi}
Juárez-91	La Laguna	9.48 ^f	12.11 ^{kl}	4.30 ^{k-p}	29.70 ^{cd}	34.40 ^{a-c}
Cian-95	La Laguna	10.86 ^{c-f}	14.33 ^{d-i}	4.20 ^s	30.20 ^a	34.20 ^{e-f}
Nazas-87	La Laguna	10.00 ^{ef}	12.69 ^{h-l}	4.30 ^{k-r}	30.20 ^{a-c}	34.90 ^{a-d}
FZ-13	La Laguna	9.83 ^f	13.71 ^{f-k}	4.70 ^{bc}	29.20 ^{i-m}	31.13 ^{no}
TOA-09	La Laguna	9.87 ^f	13.18 ^{f-l}	4.80 ^{ab}	29.20 ^{i-o}	31.00 ^{n-q}

a,b,c: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$); DSH: diferencia significativa honesta. NCP: número de capullos por planta, Finura (FIN; en índice de micronaire), Longitud de fibra (LON; en mm de pulgadas), Resistencia (RES; en g/tex).

La calidad de fibra es de suma importancia en el estudio o evaluación de nuevos genotipos, ya que los estándares de fibra de las hilanderías se basan en mayor resistencia (Arioli 2005) debido a que afecta la calidad del hilo (Yang *et al.* 2016). Además, la calidad de la fibra puede variar entre

muestras. Al respecto, Grimes *et al.* (1969) señalan que la longitud, finura, resistencia y la elongación de la fibra son influenciadas por el riego. La calidad de fibra es una característica importante en la industria textil que solicita una calidad de 26.7 a 27.2 mm de longitud y entre 3.5 a 4.9 unidades en índice de micronaire (Estrada-Torres *et al.* 2008). En este sentido, los materiales evaluados mostraron valores superiores a los requeridos por dicha industria en las dos localidades, lo que sugiere que estos materiales son una fuente potencial de germoplasma para programas de mejoramiento genético de algodón enfocados en mejorar la calidad de fibra de algodón y la adaptabilidad al ambiente. Sobre lo mismo, Palomo *et al.* (2003) mencionan que no se paga un sobreprecio en el mercado por la fibra con alta longitud, resistencia y finura. Utilizar los materiales experimentales con altos valores en calidad de fibra como Cian Precoz, Cian-95, GOS-27, FZ-13 y TOA-09, permitirá al mejorador enfocarse en otras características de interés sin preocuparse en una reducción en la media poblacional de la calidad de fibra.

La interacción genotipo por ambiente en el cultivo de algodón en México es un factor determinante para la productividad, ya que el rendimiento y la calidad de la fibra varían significativamente según la localidad y el manejo agrícola. La interacción genotipo por ambiente puede causar cambios en el comportamiento agronómico de las variedades al ser evaluadas en diferentes localidades, lo que complica la selección de un único material ideal para todo el país (Mejía-Salazar *et al.* 2020). Con excepción del índice de semilla y número de capullos por planta, en este estudio encontramos que existió una interacción genotipo por ambiente significativa para las demás variables. Resultados similares fueron reportados por Maleia *et al.* (2017), quienes al estudiar la estabilidad de 11 genotipos en seis ambientes reportaron que el rendimiento de semilla, hueso y fibra mostró una alta interacción con el ambiente. Estos resultados también evidencian que dicha interacción afectó la estabilidad de los genotipos a través de los ambientes. Esto se observó para el rendimiento de hueso y fibra en el ambiente de La Laguna el genotipo Cian Precoz y GOS-27 se posicionaron en los primeros lugares con valores más altos a los comerciales Fibermax-989® y Deltapine®. Sin embargo, esta misma tendencia no fue observada para el ambiente de Delicias donde solo Cian-95 mostró valores más altos a Fibermax-989® para rendimiento en hueso y fibra, pero menor al comercial Deltapine®. Los genotipos Cian Precoz, GOS-27, y Cian-95, muestran mayor adaptabilidad a un ambiente donde expresan un valor fenotípico máximo. Por ello, la combinación de estos materiales bajo un programa de hibridación pudiera ser de interés para el desarrollo de materiales con altos rendimientos de hueso y calidad de fibra para las dos regiones. Estos materiales también pueden servir también como alternativa a los productores de la Laguna debido al rendimiento y calidad de fibra mostrados. Con respecto a las variables de planta, también se observaron diferencias significativas en la interacción genotipo por ambiente para altura de planta y diámetro de planta, lo que ocasionó que los genotipos sobresalientes para cada ambiente fueran diferentes. La principal razón de estos cambios en el desarrollo de la planta de algodón a diferentes ambientes se debe a que dicho desarrollo es afectado por las diferencias de temperatura, precipitación y radiación entre los ambientes (Lei *et al.* 2025).

La interacción observada fue evidente en características de calidad de fibra como finura, longitud y resistencia que fueron significativas, aunque Nazas-87 tuvo buena estabilidad. Aunque tuvo rendimiento bajo, dicho material se posicionó como el genotipo con la mayor longitud y resistencia en los dos ambientes, lo que indica su alta adaptabilidad y capacidad de producir fibra de alta

calidad. También el genotipo TOA-09 mostró buena adaptabilidad a La Laguna y Delicias para la variable finura, en donde se tuvo el primer lugar en La laguna y segundo lugar en Delicias. De acuerdo con Istipliler *et al.* (2024), el hecho de que un genotipo de algodón pueda producir fibra de alta calidad se debe principalmente a que dicho genotipo muestra alta plasticidad a los ambientes evaluados. Por ende, materiales como Nazas-87 y TOA-09 muestran alta adaptabilidad a las variaciones de temperatura y humedad en La Laguna y Delicias, lo que sugiere que estos materiales son una fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de algodón enfocado en calidad de fibra y adaptabilidad para regiones del norte de México.

El algodón que se cultiva en el país abarca regiones con amplia variedad de condiciones climáticas. Este cultivo es sensible a las fluctuaciones meteorológicas y muestra mayor magnitud de interacción genotipo-ambiente (Campbell y Jones 2005). A pesar de que en La Laguna y Delicias el clima es el mismo, las precipitaciones medias anuales difieren, ya que en La Laguna es de 600 mm y en Delicias de 284 mm. Por eso, en La Laguna solo se dan tres riegos de auxilio y en Delicias cinco, esto ocasionó que la mayoría de los genotipos tuvieran mayores rendimientos, número de entrenudos, capullos por planta, altura y diámetro de planta en Delicias que, en La Laguna. Debido a que el último riego de auxilio en La Laguna fue a los 113 dds, lo que influyó en la calidad de la fibra, ya que fue mejor que en Delicias debido a que el último riego fue a los 106 dds. Al respecto, Singh *et al.* (2014) mencionan que la diversidad agroecológica de los ambientes complica el mejoramiento genético y la evaluación de genotipos mejorados con una adaptación adecuada, pero permite identificar condiciones ambientales extremas que garantizan la presión selectiva derivada de importantes factores de estrés.

CONCLUSIONES

La interacción genotipo $\times$ ambiente mostró diferencias significativas en rendimiento en hueso, rendimiento de fibra, rendimiento en semilla, altura de planta, diámetro de planta, número de entrenudos, finura, longitud y resistencia. Sin embargo, se encontraron materiales estables para calidad de fibra tales como Nazas-87 y TOA-09. En el ambiente de Delicias los rendimientos fueron superiores, pero la calidad de fibra en La Laguna fue mejor. De forma específica, para La Laguna los genotipos Cian Precoz y GOS-27 tuvieron los rendimientos más altos de algodón en hueso y fibra, así como una calidad de fibra acorde con los requerimientos de la industria textil. Por otro lado, para el ambiente de Delicias, Chihuahua, los genotipos Cian Precoz, Cian-95, GOS-27, FZ-13 y TOA-09, presentaron características similares a los testigos comerciales (Deltapine® y Fibermax-989®) para rendimiento de algodón en hueso, fibra y semilla. Con base en estos resultados, Cian Precoz y GOS-27 son materiales promisorios como progenitores dentro de programas de selección recurrente para el desarrollo de variedades de algodón con adaptación a las zonas estudiadas.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por el financiamiento del proyecto número 12324835668 titulado "Determinación del potencial

productivo y calidad de fibra de siete materiales convencionales de algodónero para el norte centro de México”.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Akın S (2023) The strategic importance of cotton production for the world and Türkiye. In: Gürsoy S, Akın S, Grichar WJ (eds) Best crop management and processing practices for sustainable cotton production. Vol 19. Editorial Intech Open Limited: Agricultural Sciences London, GB. pp. 141-153. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.114084>
- Acquaah G (2020) Principles of plant genetics and breeding. Third edition. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, EE. UU. 848p.
- Arioli T (2005) Genetic engineering for cotton fiber improvement. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 58(1): 140-150.
- Bayer (2025) Roundup Ready Flex® cotton. <https://www.crop.bayer.com.au/products/biotechnology-traits/bollgard-3-with-roundup-ready-flex-cotton>. Fecha de consulta: 24 de febrero de 2026.
- Campbell BT, Jones MA (2005) Assessment of genotype x environment interactions for yield and fibre quality in cotton performance traits. Euphytica 144: 69-79. <https://doi.org/10.1007/s10681-005-4336-7>
- Damalas CA, Koutroubas SD (2025) Current status of herbicide resistance in global cotton production: trends and perspectives. Crop Protection 197: 107320. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2025.107320>
- Estrada-Torres OO, Palomo-Gil A, Espinoza BA, Rodríguez-Herrera SA, Ruiz-Torres NA (2008) Rendimiento y calidad de fibra del algodón cultivado en surcos ultra-estrechos. Revista Fitotecnia Mexicana 3: 79-83. https://doi.org/10.35196/rfm.2008.Especial_3.79
- Grimes DW, Yamada H, Dickens L (1969) Functions for cotton (*Gossypium hirsutum* L.) production from irrigation and nitrogen fertilization variables I Yield and evapotranspiration. Agronomy Journal 61: 769-773.
- Istipliler D, Ekizoğlu M, Çakaloğulları U, Tatar O (2024) The impact of environmental variability on cotton fiber quality: A comparative analysis of primary cotton-producing regions in Türkiye. Agronomy 14(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy14061276>
- Lei Z, Xilin Li, Youzhong Li, Zhang T, Xiaoming L, Yanlong Y, Yali Z, He D (2025) Photosynthetic mechanism of cotton under fluctuating light field planted with different densities. Industrial Crops and Products 228. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120920>
- Maleia MP, Raimundo A, Moiana LD, Teca JO, Chale F, Jamal E, Dentor J, Adamugy BA (2017) Stability and adaptability of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes based on AMMI analysis. Australian Journal of Crop Science 11(4): <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.04.11.04.pne60>
- Martínez GA (1994) Experimentación agrícola. Métodos estadísticos. Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México. 357p.

- Martínez GA (1988) Diseños Experimentales. Métodos y Elementos de Teoría. Ed. Trillas. México. 756p.
- Mejía-Salazar JR, Galeano-Mendoza CH, Burbano-Erazo E, Vallejo-Cabrera FA, Arango M (2020) Interacción genotipo-ambiente de nueve variedades de algodón en los valles interandinos de Colombia: Evaluación de genotipos de algodón en diferentes ambientes. *Agronomía Mesoamericana* 31(1): 31-42. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.37178>
- Meredith WR (1996) Agronomic factors and yield variability. In: Nashville TN, Dugger P, Richert DA (eds) *Proceedings of the beltwide cotton conferences*. National Cotton Council of America. Memphis, TN. pp. 180-184.
- Mollae M, Mobli A, Mutti NK, Manalil S, Chauhan BS (2019) Desafíos y oportunidades en el cultivo del algodón. En: Jabran K, Bhagirath Singh CB (eds) *Producción de algodón. Mecanismos moleculares de la resistencia a BT en PBW (*Pectinophora gossypiella*) y sus implicaciones para el manejo sostenible de plagas del algodón*. Nueva York, EE. UU. pp. 371-390. <https://doi.org/10.1002/9781119385523.ch18>
- Nava-Camberos U, Ávila-Rodríguez V, Maltos-Buendía J, García-Hernández JL, Martínez-Carrillo, JL (2018) Densidades y daños de insectos plaga en algodónero convencional y Bt en la Comarca Lagunera, México. *Southwestern Entomologist* 43(4): 985-993. <https://doi.org/10.3958/059.043.0415>
- Owen MD, Zelaya IA (2005) Herbicide-resistant crops and weed resistance to herbicides. *Pest Management Science* 61(3): 301-311. <https://doi.org/10.1002/ps.1015>
- Orona-Castillo I, Vázquez-Vázquez C, Sangerman-Jarquín DM, Espinoza-Arellano JJ, González-Mancilla A (2024) Situación de la producción algodонера en La Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 15(7): e3482. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i7.3482>
- Palomo Gil A, Gaytán-Mascorro A, Godoy-Salvador A (2003) Rendimiento, componentes del rendimiento y calidad de fibra del algodón en relación con la dosis de nitrógeno y la densidad poblacional. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26: 167-171. <https://doi.org/10.35196/rfm.2003.3.167>
- Rocha-Munive MG, Soberón M, Castañeda S, Niaves E, Scheinvar E, Eguiarte LE, Mota-Sánchez D, Rosales-Robles E, Nava-Camberos U, Martínez-Carrillo JL, Blanco CA, 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>
- SAS (2015) *Analítica, inteligencia artificial y Gestión de Datos. SAS/STAT 9.4. User's guide*. SAS Institute Inc. Cary, NC. 426p.
- SIAP (2025) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. *Producción Agrícola*. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. Fecha de consulta: 27 de enero de 2026.
- Singh S, Singh VV, Choudhary AD (2014) Genotype x environment interaction and yield stability analysis in multi-environment. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 17(3): 477-482.
- SNICS (2020) Programa de abasto de semilla de algodón. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. 71p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/632083/Programa_de_abasto_de_algodono.pdf. Fecha de consulta: 24 de febrero de 2026.
- Steel RGD, Torrie JH (1980) *Principios y procedimientos de estadística. Un enfoque biométrico*. 2.^a edición. McGraw-Hill Book Company, Nueva York. 613p.

- USDA (2025) Cotton Production Monthly Report. United States Department of Agriculture. United States of Agriculture. Washington, D. C. <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/2631000>. Fecha de consulta: 24 de marzo de 2026.
- Vulchi R, Bagavathiannan M, Scott Nolte A (2022) History of herbicide-resistant traits in cotton in the US and the importance of integrated weed management for technology stewardship. *Plants* 11(9): 1189. <https://doi.org/10.3390/plants11091189>.
- Wahab SA, Keerio A, Khuhro S (2020) An overview of factors affecting on cotton production. *International Journal of Cotton Research and Technology* 2(1) 9-15. <https://doi.org/10.33865/IJCRT.002.01.0341>
- Warrick AW, Gardner WR (1983) Crop yield as affected by spatial variations of soil and irrigation, *Water Resources Research* 19(1): 181-186. <https://doi.org/10.1029/WR019i001p00181>
- Yang H, Zhang D, Li X, Li H, Zhang D, Lan H, Wood AJ, Wang J (2016) Overexpression of ScALDH21 gene in cotton improves drought tolerance and growth in greenhouse and field conditions. *Molecular Breeding* 36: 34. <https://doi.org/10.1007/s11032-015-0422-2>