



C A P Í T U L O 1

Evaluación integral de la adaptación de materiales de algodonero convencional en suelos afectados por sales

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.526172513111>

Félix-Fuentes J. Luis

Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP.

García Campusano F. Tiberia

Campo Experimental La Campana.

R. Suzuky Pinto

Instituto Tecnológico de Sonora.

García Pérez J. Luis

Campo Experimental La Campana.

RESUMEN: El estudio evaluó la adaptación de cinco materiales convencionales de algodón (*Gossypium hirsutum L.*) Cian 95, Nazas 87, Juárez 91, Cian Precoz y Laguna 89 en suelos afectados por salinidad en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (INIFAP) durante 2024. El algodón, aunque se considera moderadamente tolerante a la sal, es sensible en etapas críticas como la germinación y la formación de cápsulas, viendo reducido su crecimiento, biomasa y calidad de fibra. Los resultados, obtenidos mediante un diseño experimental de bloques al azar en suelos con diferente conductividad eléctrica (salinidad alta: 29 dS/m vs. no salino: 2.8 dS/m), mostraron que el estrés salino impactó negativamente todas las variables evaluadas. La variedad Juárez 91 se identificó como la más tolerante, presentando la menor reducción en altura de planta, el mayor peso fresco (745 g) y seco, un número superior de ramas fructíferas (23 en suelo salino) y el rendimiento de fibra más estable bajo estrés. Por el contrario, Nazas 87 fue más susceptible en etapa vegetativa, mientras que Cian 95 y Laguna 89 mostraron un menor número de ramas fructíferas en condiciones de salinidad. La investigación concluye que existe una variabilidad genética significativa en la tolerancia a la salinidad entre los materiales evaluados. Se destaca la eficacia

de seleccionar genotipos adaptados, como Juárez 91, y la necesidad de combinar el mejoramiento genético con prácticas agronómicas sostenibles para mitigar los efectos adversos de la salinidad y garantizar la productividad del cultivo en estas condiciones adversas.

PALABRAS CLAVE: Estrés, productividad, adaptación

INTRODUCCIÓN

El algodón (*Gossypium hirsutum* L.), un cultivo comercial mundial vital, tiene un impacto significativo tanto en el sector agrícola como en el industrial, proporcionando fibra esencial para textiles y subproductos valiosos como el aceite de semilla de algodón y la alimentación animal. El cultivo del algodón sustenta millones de medios de vida en todo el mundo, particularmente en las regiones en desarrollo, lo que lo convierte en una piedra angular de las economías rurales. A pesar de su importancia, la producción de algodón enfrenta numerosos desafíos, incluido el estrés biótico de plagas y enfermedades, y el estrés abiótico como la sequía, la salinidad y las temperaturas extremas (Thangaraj et al., 2025).

El impacto del estrés salino en el algodón es una preocupación creciente a nivel mundial, y muchas regiones algodoneras experimentan un aumento en los niveles de salinidad del suelo debido a diversos factores, como el riego excesivo, el drenaje deficiente y el cambio climático (Zafar et al., 2022). Generalmente, las fuentes de agua contienen altas concentraciones de sales que pueden salinizar las zonas irrigadas y obstaculizar la producción agrícola. Esta situación puede verse agravada por las condiciones edafoclimáticas y las prácticas de gestión inadecuadas aplicadas a las zonas agrícolas (Medeiros et al., 2017). Se estima que el 20 % de la tierra cultivada mundial y el 33 % de la superficie agrícola irrigada están afectadas por la salinidad, y esta superficie aumenta a un ritmo del 10 % anual. Se prevé que más del 50 % de la tierra cultivable estará afectada por la salinidad para 2050 (Jamil et al., 2011).

La salinidad representa un gran riesgo para la productividad, lo que resulta en un deterioro del crecimiento y desarrollo de los cultivos. Aunque el algodón se considera razonablemente tolerante a la sal, es sensible al estrés salino en algunas etapas críticas como la germinación, la floración y la formación de cápsulas, lo que resulta en una reducción de la producción de biomasa y fibra (Fernandes Mota et al., 2021). El mecanismo de exclusión parcial de iones (exclusión de Na^+ y/o Cl^-) en el algodón parece ser responsable del patrón de absorción y acumulación de iones nocivos (Na^+ y Cl^-) en los tejidos de las plantas expuestas a condiciones salinas (Maryum et al., 2022).

El estrés salino altera la homeostasis osmótica e iónica a nivel celular, inhibe la fotosíntesis, reduce la energía celular y provoca un desequilibrio redox. En

consecuencia, la fotosíntesis inhibida daña el metabolismo celular, lo que conduce a un crecimiento anormal de las plantas (Zhang et al., 2016). También puede afectar la calidad y la cantidad del algodón producido, con una reducción en la longitud, la resistencia y la finura de la fibra, así como en las tasas de germinación de las semillas (Ma et al., 2021).

Por lo tanto, abordar el desafío de la salinidad en el algodonero requiere un enfoque multidisciplinario que combine el mejoramiento genético con prácticas agronómicas sostenibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental y material genético

El presente trabajo se desarrolló durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2024 en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEBC), ubicado en las coordenadas 27°22'02.69'' N; 109°55'38.19'' O, a 38 msnm. Se evaluaron cinco materiales convencionales liberados por el INIFAP: Cian 95 (proviene de un cruzamiento triple en el que intervinieron como progenitores Acala B3080, PD-2165 y Delcerro) Nazas 87, Juárez 91, Cian precoz (Se generó a partir de la línea experimental GSA79-42 VW) y Laguna 89 (se originó de la crusa entre los cultivares Acala B-3080, Delcot 277, y PD-2165) los cuales fueron obtenidos del programa de mejoramiento genético del INIFAP.

Manejo agronómico

La siembra se realizó el 15 de abril de 2024 a una distancia de 0.9 m entre surcos y con nueve plantas por metro lineal, para contar con una población de 115,000 plantas ha^{-1} . La dosis de fertilización utilizada fue 120-60-00 (N-P-K). El riego se aplicó por medio de cinta calibre 8 mil, con un gasto de 57 l/h por goteo. El control de malezas y plagas se realizó de manera manual. Se realizaron análisis de suelo (Cuadro 1) y de agua (Cuadro 2) con el objetivo de determinar las características fisicoquímicas.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental consistió en tres surcos de 1 m de ancho cada uno y 10 m de longitud; la parcela útil fue el surco central. El estudio se estableció en suelos con y sin problemas de salinidad. Se realizó un análisis de varianza para

evaluar el efecto de las variedades en el suelo salino. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey HSD con un 95 % de confianza. El análisis se llevó a cabo utilizando RStudio.

Parámetros	Unidades	Resultado suelo salino	Resultado suelo no salino
Textura	-	Arcilla	Arcilla
Arena		16.7	15.3
Limo		23.3	25.7
Arcilla		60	59
Conductividad Eléctrica	ds/m	29	2.8
pH	-	7.74	7.82
Materia orgánica	%	0.94	0.89
Carbonatos de calcio	%	4.1	4.5
Conductividad hidráulica	cm/hr	0.25	2.64
Elementos mayores	unidades	resultado	resultado
Nitrógeno (N -NO ₃)	kg/ha	165.96	126.32
Fosforo (P - PO ₄)		68.88	64.64
Calcio (Ca)		25627.21	24960.71
Magnesio (Mg)		2439.83	2269.19
Potasio (K)		2592.00	2484.00
Sodio (Na)		19440.00	4608.00
Capacidad de Intercambio Cationico (CIC)	meq/100g	66.57	46.61

Cuadro 1. Caracterización química del suelo utilizada en el Campo Experimental Norman E. Boralug, en el valle del yaqui.

Parámetros	Unidades	Resultado
Conductividad Eléctrica	ppm	799.8
pH		7.64
Calcio	ppm	40.08
Magnesio		35.95
Potasio		4.30
Sodio		196.0
Carbonatos		0

Bicarbonatos	170.8
Cloruros	301.35
Sulfatos	33
Nitratos	18.16
Fosfatos	0.04

Cuadro 2. Caracterización química del agua utilizada en el Campo Experimental Norman E. Boralug, en el valle del yaqui,

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la variable altura de planta en suelo no salino, el material más alto fue Juárez 91 con un promedio de 78 cm, seguido de Nazas 91 con 71 cm. De los cinco materiales evaluados Cian precoz fue el de menos altura con 17 cm menos respecto a Juárez 91.

En suelos salinos, las plantas experimentan estrés osmótico debido a la alta concentración de sales en el suelo. Esto reduce la capacidad de las raíces para absorber agua, lo que provoca una disminución en la turgencia celular y, en consecuencia, un menor crecimiento vegetativo, incluido un crecimiento reducido en altura. En la figura 1. se observa que Nazas 87 es menos resistente a los altos niveles de salinidad en etapa vegetativa ($p < 0.05$). Algunas variedades de plantas son más tolerantes a la salinidad y pueden mantener una altura relativamente mayor incluso en suelos salinos. Estas plantas suelen tener mecanismos fisiológicos y bioquímicos que les permiten limitar la acumulación de sales tóxicas y mantener un crecimiento más normal (Ashraf M, 2002).

Bonilla et al., 2020 reportaron que la variedad Cian 95 y Nazas 87 son materiales altos en condiciones de baja salinidad lo que se contradice con este trabajo, Juárez 91 fue el material más tolerante a la salinidad no así en la primera etapa de desarrollo de la planta como menciona García-Campusano et al., (2025) “[Manuscrito en preparación]” Todos los cultivares mostraron capacidad para sobrevivir y crecer ante el incremento en la sodicidad, Las plantas respondieron de manera similar al reducir su tamaño, en ese mismo trabajo se menciona que el área foliar fue el componente donde se observó una interacción genotipo x nivel sodicidad, siendo Juárez 91 el cultivar que expresó la mayor diferencia, sin embargo este material es el que mejor se adapta a la salinidad en etapa adulta.

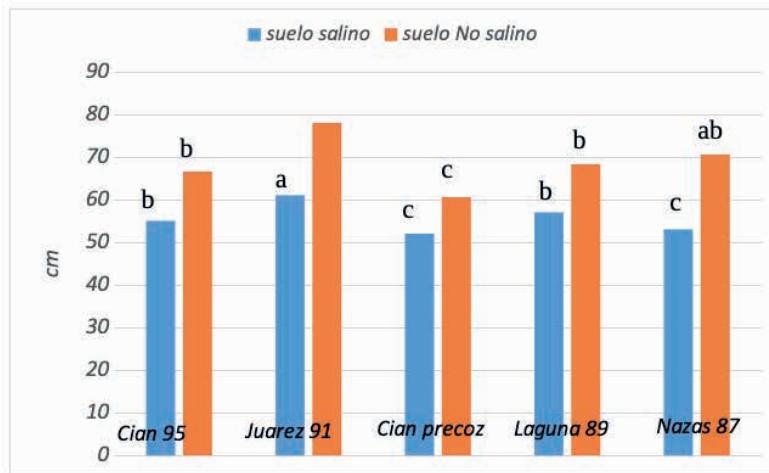


Figura 1. Altura de planta de cinco materiales convencionales evaluados en suelo en condiciones de salinidad en el Campo Experimental Norman E. Borlaug del Valle del Yaqui. Medias con letras iguales en las filas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En la variable de peso fresco la variedad con mayor peso fue la variedad Juárez 91 con un peso promedio de 745 g seguido de Nazas 87 con una diferencia de 174 g. Esta variable es un indicador de la biomasa acumulada por la planta, lo que incluye tanto el agua como los tejidos vegetativos. Un mayor peso fresco generalmente sugiere un crecimiento vegetativo robusto y un buen desarrollo de hojas, tallos y raíces. Gaytan *et al.* (2001) indican que las variedades tempranas muestran una mayor acumulación de biomasa total que las variedades tardías, ya que envían una mayor cantidad de fotoasimilados a sus órganos reproductivos.

En la variable de peso seco con baja salinidad el material que acumularon mayor biomasa seca fue: Juárez 91 y Cian 95 con un porcentaje de 32.6 y 30.8 respectivamente, estas lecturas es un indicativo que la planta ha acumulado una gran cantidad de biomasa y está relacionado con la eficiencia y conversión de nutrientes, suelen ser más eficientes en la fotosíntesis. Unruh y Silvertooth (1996) indican que la superioridad productiva de las nuevas variedades se debía a que acumulaban una mayor cantidad de materia seca en los órganos reproductivos y a que su mayor desarrollo reproductivo ocurría cuando el área foliar alcanzaba su valor más alto.



Figura 2. Juárez 91 en suelo salino y no salino establecido dentro de las instalaciones del Campo Experimental Norman E. Borlaug del Valle del Yaqui. a) con suelo salino, b) sin suelo salino.

En la variable de numero de ramas fructíferas, los materiales establecidos en suelo salino presentaron un menor número de ramas fructíferos, lo cual se atribuye al estrés por el que se vio sometido la planta desde un inicio. La salinidad afecta negativamente la tasa fotosintética de las plantas de algodón al inducir un cierre estomático para reducir la pérdida de agua. Esto disminuye la entrada de CO_2 necesario para la fotosíntesis, Munns, 2005. Menciona que las plantas que controlan el estrés salino se debe a tres grupos funcionales: aquellos que controlan la entrada y transporte de sal, aquellos que tienen una función osmótica o protectora, y aquellos que podrían hacer que una planta creciera más rápido en suelo salino. El material Juárez 91 obtuvo hasta 28 ramas fructíferas en suelo no salino y 23 en suelo con alta salinidad. A diferencia de Cian 95 y Laguna 89 que estadísticamente fueron los materiales que presentan el menor número de ramas fructíferas.

En peso de fibra en suelo salino se obtuvo diferencia significativa ($p < 0.01$) entre variedades siendo Juárez 91 la más estable. Estudios han demostrado que las plantas de algodón expuestas al estrés salino producen fibras más cortas y débiles, lo que reduce el rendimiento. Basal, 2010 menciona que el estrés salino puede reducir la cantidad de ramas y hojas que produce la planta, lo que puede afectar su productividad. Las altas concentraciones de sal también pueden interferir con la absorción de nutrientes esenciales por parte de la planta de algodón.

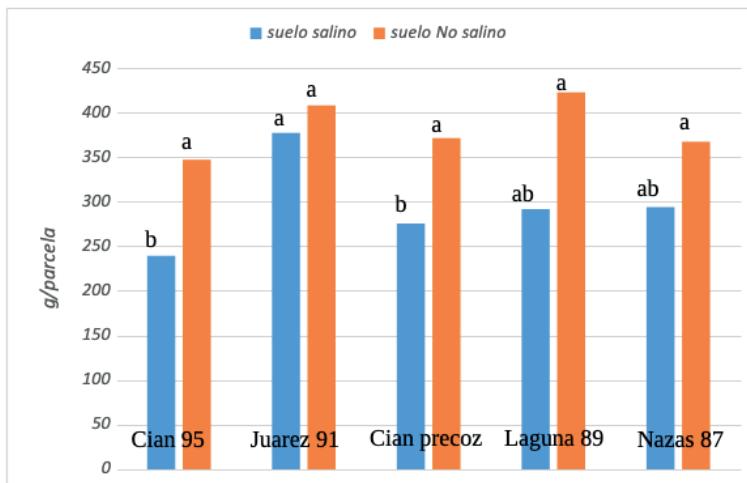


Figura 3. Peso de fibra del cultivo de algodonero en suelos salino y no salino dentro de las instalaciones del CENEB. Medias con letras iguales en las filas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.01).

CONCLUSIONES

El estudio demuestra que el estrés salino impacta significativamente el crecimiento, desarrollo y productividad del algodón, confirmando la sensibilidad del cultivo en etapas vegetativas y reproductivas. La evaluación de cinco materiales convencionales en condiciones de salinidad permitió identificar a la variedad Juárez 91 como la más tolerante y estable, al presentar la menor reducción en altura de planta, el mayor peso fresco y seco, un número superior de ramas fructíferas y el rendimiento de fibra más estable en suelo salino. Por el contrario, materiales como Nazas 87 mostraron mayor susceptibilidad en etapa vegetativa, mientras que Cian 95 y Laguna 89 presentaron un menor número de ramas fructíferas bajo estrés. Estos hallazgos resaltan la existencia de variabilidad genética en la tolerancia a la salinidad entre variedades y subrayan la importancia de seleccionar y desarrollar genotipos adaptados, como Juárez 91, para mitigar los efectos adversos de la salinidad. La combinación del mejoramiento genético con prácticas agronómicas sostenibles se revela como una estrategia fundamental para garantizar la productividad y sostenibilidad del cultivo de algodón en suelos afectados por este problema.

REFERENCIAS

- Ashraf, M. 2002. Salt Tolerance of Cotton: Some New Advances. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 21 (1): 1-30
- Bonilla-Barrientos, O., Hernández-Leal, E., Verastegui-Chávez, J., Maltos-Buendía, J., Bautista-Ramírez, E., Hernández-Bautista, A., & Isidro-Requejo, L. M. (2020). Productividad y calidad de fibra de variedades convencionales de algodón en la Comarca Lagunera, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(1), 3-9.
- Fernandes Mota, Andygley, Tavares Gurgel, Marcelo, Dantas Travassos, Kaline, Oliveira Miranda, Neyton de, Ramos da Costa, Lucas, Ferreira Neto, Miguel, & da Silva Dias, Nildo. (2021). Naturally colored cotton irrigated with saline water at different growth stages. *Agronomía Colombiana*, 39(1), 68-77. Epub September 13, 2021. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n1.79860>
- Gaytán M., A., A. Palomo G., S. Godoy A. (2001). Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. *Revista Fitotecnia Mexicana* 24: 197-202.
- Jamil A, Riaz S, Ashraf M, Foolad M (2011) Gene expression profiling of plants under salt stress. *Crit Rev Plant Sci* 30:435–458
- Ma, Y., Wei, Z., Liu, J., Liu, X., & Liu, F. (2021). Growth and physiological responses of cotton plants to salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 207(3), 565- 576. ty tolerance and strategies for its management in cotton. *Frontiers in Plant Science*, 13, 907937.
- Medeiros JF, Cordão Terceiro Neto CP, Dias NS, Gheyi HR, da Silva MV, Loiola AT (2017) Salinidade e pH de um Argissolo irrigado com água salina sob estratégias de manejo. *Rev Bras Agric Irrig* 11:1407–1419
- Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist* 167: 645-663.
- Thangaraj, A., Kaul, R., Sharda, S. y Kaul, T. (2025). Revolucionando el cultivo del algodón: una revisión exhaustiva de las tecnologías de edición del genoma y su impacto en el mejoramiento y la producción. *Comunicaciones de investigación bioquímica y biofísica*, 742, 151084.
- Thangaraj, A., Kaul, R., Sharda, S., & Kaul, T. (2025). Revolutionizing cotton cultivation: A comprehensive review of genome editing technologies and their impact on breeding and production. *Biochemical and biophysical research communications*, 742, 151084.
- Unruh, B. L. and J. C. Silvertooth. 1996. Comparison between an Upland and Pima cotton cultivar. II. Nutrient uptake and partitioning. *Agron. J.* 88: 589–595.
- Zhang F et al (2016) Genetic regulation of salt stress tolerance revealed by RNA-Seq in cotton diploid wild species *Gossypium davidsonii*. *Sci Rep* 6:20582