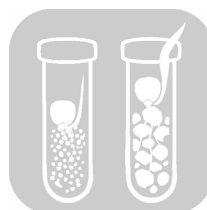


Influencia de la granularidad y proporción del aserrín de cedro (*Cedrela* sp.) sobre la germinación y el crecimiento inicial de maíz (*Zea mays*)

RESUMEN: El aserrín de cedro (*Cedrela* sp.), un subproducto abundante de la industria maderera en la región de Misantla, Veracruz, representa un material con potencial de aprovechamiento, aunque con frecuencia es desechado a cielo abierto. Diversos estudios han señalado que su acumulación puede generar efectos fitotóxicos en el suelo y provocar la inmovilización de nitrógeno, afectando la disponibilidad de este nutriente para las plantas. En el presente estudio se evaluó el efecto de dicho residuo sobre la germinación y el desarrollo temprano de plántulas de maíz (*Zea mays*). Se implementó un diseño factorial completo que evaluó cuatro niveles de tamaño de partícula y cinco proporciones de la mezcla aserrín/tierra, aplicando análisis ANOVA y pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$).

Los resultados mostraron un efecto inhibitorio significativo en la germinación y el crecimiento de la plántula, a medida que se incrementó la proporción de aserrín. La germinación se redujo drásticamente en sustratos con altas concentraciones de aserrín y partículas finas (< 0.85 mm), registrando un mínimo de 9.52 %, asociado a la compactación del sustrato y la liberación de compuestos alelopáticos. Las longitudes de la raíz fueron mínimas en tratamientos con 100 % de aserrín, evidenciando una fuerte fitotoxicidad. La consistencia de los resultados en biomasa húmeda y seca confirma una reducción real en la acumulación de biomasa estructural. Se concluye que el aserrín de cedro, especialmente en partículas finas y en altas proporciones, limita la germinación y el crecimiento inicial del maíz.

PALABRAS CLAVE: Aserrín de cedro, *Cedrela* sp., maíz, fitotoxicidad, germinación, alelopático



Colaboración

Arturo Cabrera Vázquez, Escuela de Bachilleres Artículo Tercero, Alejandra Gamboa Hilario; Francisco Antonio Rodríguez Libreros; Gabriel Grosskelvin Núñez; Arturo Cabrera Hernández, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Fecha de recepción: 17 de agosto de 2025

Fecha de aceptación: 22 de noviembre de 2026

Autor de Correspondencia: Arturo Cabrera Hernández

ABSTRACT: Cedar (*Cedrela* sp.), sawdust, an abundant byproduct of the timber industry in the Misantla region of Veracruz, represents a material with potential for utilization, although it is frequently disposed of in the open. Several studies have indicated that its accumulation can generate phytotoxic effects in the soil and cause nitrogen immobilization, affecting the availability of this nutrient for plants. This study evaluated the effect of this residue on the germination and early development of corn (*Zea mays*) seedlings. A full factorial design was implemented, evaluating four particle size levels and five sawdust/soil mixture ratios, applying ANOVA analysis and nonparametric tests (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$).

The results showed a significant inhibitory effect on germination and seedling growth as the sawdust ratio increased. Germination was drastically reduced in substrates with high concentrations of sawdust and fine particles (< 0.85 mm), recording a minimum of 9.52 %, associated with substrate compaction and the release of allelopathic compounds. Root lengths were minimal in treatments with 100 % sawdust, demonstrating strong phytotoxicity. The consistency of the results in wet and dry biomass confirms a real reduction in the accumulation of structural biomass. It is concluded that cedar sawdust, especially in fine particles and in high proportions, limits germination and initial growth of corn.

KEYWORDS: Cedar sawdust, *Cedrela* sp., corn, phytotoxicity, germination, allelopathic.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Misantla, Veracruz, la industria del mueble de madera se caracteriza por la utilización de madera de cedro aplicando tecnologías artesanales e improvisadas, con métodos productivos técnicamente poco estructurados y carentes de un equilibrio operativo. Esta condición no solo limita la eficiencia en la producción, sino que también reduce significativamente el aprovechamiento del recurso forestal [1], generando una elevada cantidad de residuos de madera durante la elaboración de los muebles. La ausencia de tecnologías orientadas al aprovechamiento de dichos residuos ocasiona que volúmenes considerables de aserrín y viruta de cedro sean dispuestos a cielo abierto, lo que contribuye a impactos ambientales negativos en el entorno [2].

El aserrín derivado de la industria maderera, constituye un subproducto abundante y de bajo costo, cuyo uso como medio de cultivo se ha extendido en diversas regiones debido a su ligereza, buen drenaje y accesibilidad [3,4], también ha sido señalado con potencial para mejorar la calidad del suelo, al favorecer el incremento de humus, la capacidad de intercambio catiónico, la formación de agregados, la retención de humedad y la porosidad de aireación [5,6]. No obstante, su aplicación también puede generar efectos adversos. Diversos estudios han demostrado que algunos residuos de madera pueden ejercer efectos fitotóxicos que afectan la germinación y el desarrollo inicial de las plantas asociadas a su baja capacidad de intercambio catiónico, lenta descomposición [7], presencia de compuestos tóxicos de la madera, como resinas, trementina y taninos [8,9], así como a la inmovilización y agotamiento de nutrientes como el nitrógeno, durante la descomposición del aserrín [10].

El impacto varía según el tipo de madera, reportando efectos fitotóxicos severos para el aserrín de cedro, el cual se asocia a una reducción en la germinación y el crecimiento de leguminosas como guisantes y frijoles; mientras que para aserrín de especies como abeto o cicuta, se presentan efectos positivos [11,12]. Por lo tanto, dependiendo del tipo de madera de origen y de las condiciones de uso, se presentan tanto efectos benéficos como adversos en el crecimiento vegetal [13]. Lo anterior pone de manifiesto la importancia de evaluar las características químicas y toxicológicas de los residuos madereros antes de su incorporación al suelo o su uso en sistemas agrícolas [14].

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cultivos más versátiles y estratégicos a nivel global al representar más del 40 % de la producción mundial de cereales, ubicándose como el tercer cereal más importante del mundo [15]. Su notable adaptabilidad a diversas condiciones agroclimáticas, le permite crecer en una amplia gama de temperaturas, altitudes y tipos de suelo, con un elevado rendimiento y rápido crecimiento [16].

En el presente estudio se evaluó la germinación y el crecimiento inicial de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en sustratos formulados con diferentes proporciones y tamaños de partícula de aserrín de cedro. El objetivo fue aprovechar la adaptabilidad de este grano y analizar la respuesta fisiológica del maíz ante la presencia de aserrín de cedro, con el propósito de identificar posibles efectos sobre las etapas tempranas de su desarrollo vegetal.

MATERIAL Y MÉTODOS

Reactivos y material biológico

Semillas de maíz (*Zea mays*) fueron recolectadas en 2024 en una parcela de la localidad Loma del Cojolite, municipio de Misantla, Veracruz (19.975° N; -96.82167° O). Los granos secos se almacenaron en un recipiente herméticamente cerrado hasta su uso. El aserrín y la viruta de cedro fueron donados por la carpintería La Gloria, ubicada en Misantla, Veracruz. Estos materiales se clasificaron de acuerdo con el tamaño de partícula mediante tamices de acero inoxidable (JMR Equipos SAC) con malla 20 (0.85 mm), malla 16 (1.18 mm) y malla 10 (2.00 mm), obteniéndose cuatro fracciones: A) <0.85 mm, B) 0.85–1.18 mm, C) 1.19–2.00 mm y D) >2.00 mm. La tierra utilizada se obtuvo del campo agrícola experimental del Instituto Tecnológico Superior de Misantla y fue cernida con los mismos tamices empleados para el cedro.

Siembra de semillas de maíz en tierra

Grupos de siete semillas de maíz se sembraron a 0.5 cm de profundidad en macetas comerciales de plástico que contenían 200 gramos de las mezclas aserrín/tierra en las proporciones indicadas en el diseño experimental. Se realizaron 12 réplicas para cada punto experimental.

Las macetas se incubaron bajo condiciones de iluminación y temperatura ambiente durante el mes de agosto dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Veracruz, México (coordenadas geográficas: 19° 57' 01.36" Norte, 96° 50' 37.89" Oeste), altitud de 298 m sobre el nivel del mar, caracterizada por un clima subtropical húmedo con una temperatura media anual máxima promedio de 32 °C y mínima de 22 °C con un régimen de riego de tres veces por semana.

Se realizaron observaciones diarias para determinar el progreso de la germinación de las semillas. Se consideró como germinadas aquellas semillas donde el hipocótilo emergió de la superficie del suelo. Al día 6 se extrajeron las plántulas y se midieron la longitud del tallo, definida como la distancia desde el suelo hasta el ápice de las hojas primordiales y la longitud de la raíz, desde la semilla hasta el meristemo apical de la raíz principal. Se evaluó el porcentaje de germinación, así como parámetros morfométricos (longitud y peso de raíz y tallo) a los 5 días de siembra.

Diseño de experimentos

El diseño experimental correspondió a un diseño factorial completo con dos factores principales: (i) el tamaño de partícula del aserrín de cedro (granularidad) y (ii) la proporción de la mezcla aserrín de cedro-tierra. El factor tamaño de partícula incluyó cuatro niveles: A) < 0.85 mm, B) 0.85–1.18 mm, C) 1.19–2.00 mm y D) > 2.00 mm. El factor proporción de mezcla consideró cinco niveles: 0 %/100 %, 25 %/75 %, 50%/50 %, 75 %/25 % y 100 %/0 % (aserrín/tierra). La combinación de factores generó un total de 20 tratamientos experimentales (Figura 1).

Análisis estadístico

Los datos se recopilaron y ordenaron utilizando el software Excel® 2016. Para el análisis estadístico de los datos de porcentaje de germinación a fin de que los porcentajes sigan una distribución normal y varianzas homogéneas, se aplicó la corrección de Finney y posteriormente la transformación de Bliss, con lo cual se aplicó el análisis ANOVA y como prueba posthoc la prueba de Tukey. Para los datos de longitud de tallo y raíz, así como peso de tallo y raíz se verificó la normalidad de los datos y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilks y Levene. Dado que no se presentó el supuesto de normalidad para ciertos grupos de datos, se aplicó estadística no paramétrica. Como prueba de hipótesis se empleó la prueba de Kruskal-Wallis, ($p < 0.05$). La significancia entre medias se verificó mediante la prueba post-hoc de Dunn.

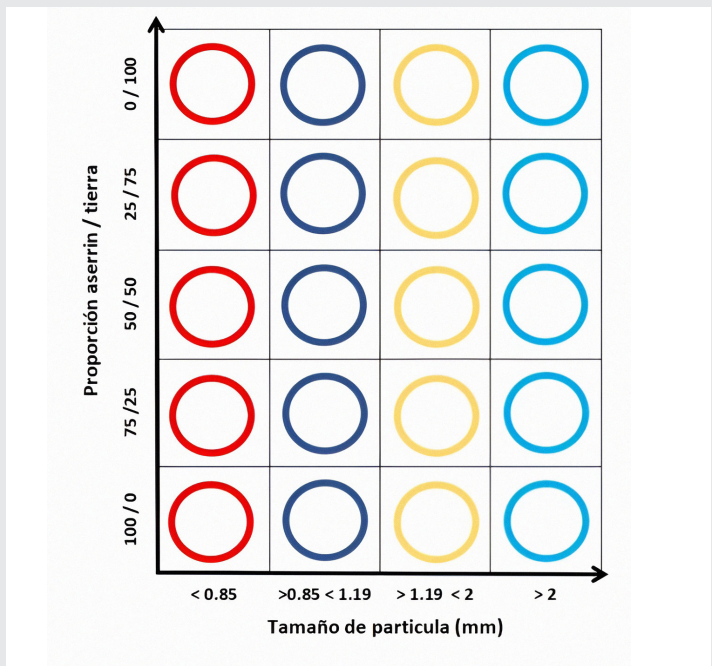


Figura 1: Diseño factorial para evaluar los efectos individuales y de interacción de dos factores: (i) proporción de aserrín y tierra, con cinco niveles (100/0, 75/25, 50/50, 25/75 y 0/100 %). (ii) el tamaño de partícula de aserrín o viruta de cedro, con cuatro niveles, A) <0.85 mm, B) 0.85–1.18 mm, C) 1.19–2.00 mm y D) >2.00 mm; lo cual generó un total de 20 puntos experimentales. Fuente: Elaboración propia

El análisis estadístico y gráfico de los datos se realizó empleando el software OriginPro. Las comparaciones múltiples entre tratamientos se agruparon mediante asignación de letras, de modo que los grupos sin diferencias significativas compartieron la misma letra, mientras que aquellos con diferencias significativas recibieron letras distintas. La asignación de tales letras, se realizó empleando la herramienta de inteligencia artificial ChatGPT (OpenAI, 2025). A partir de la matriz de valores de “p” obtenidos del software OriginPro; con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS

Germinación acumulada de semillas de maíz (Zea mays)

La Tabla 1 presenta los valores promedio de germinación acumulada al cuarto día posterior a la siembra, el cual inició desde el primer día, mostrando respuestas diferenciales y estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. El control negativo (suelo tratado únicamente con agua purificada), la germinación alcanzó valores superiores al 65 % en partículas de 0.85–1.19 mm ($66.66 \pm 17.67 \%$) y mayores a 2 mm ($67.53 \pm 16.25 \%$), lo que representa los valores más altos dentro de los tratamientos. En contraste, la germinación se redujo drásticamente en las mezclas con altas proporciones de aserrín, con una disminución significativa en el porcentaje de germinación, particularmente en partículas finas (<0.85 mm), donde los valores oscilaron entre 9.52 y 26.19 %, ubicándose en los grupos “e–g”, lo que sugiere que la reducción en el tamaño de partícula ejerce un efecto adverso sobre el establecimiento de las plántulas.

Este comportamiento concuerda con estudios que señalan que partículas muy finas pueden compactar el sustrato, limitar la aireación y dificultar el crecimiento de las raíces primarias así como una mayor liberación de compuestos fenólicos y terpenoides del cedro, los cuales han sido descritos como alelopáticos y con capacidad de afectar la viabilidad y el vigor de las semillas [14]. Resultados similares han sido reportados en residuos lignocelulósicos de pino y eucalipto, donde la inhibición de la germinación fue más pronunciada en fracciones finas debido a su mayor área superficial y disponibilidad de compuestos solubles [8].

Con respecto al factor proporción de aserrín de cedro en la mezcla, se detectó un efecto inhibitorio progresivo en la germinación. La presencia de aserrín, ya fuera de manera individual o en combinación con suelo, redujo significativamente la germinación en comparación con el control.

Este efecto ha sido atribuido en la literatura a la liberación de compuestos fenólicos y extractivos presentes en la madera de cedro, los cuales poseen actividad alelopática y pueden afectar la permeabilidad de las membranas celulares, el metabolismo de las semillas

y la absorción de agua [10,12]. La inhibición fue evidente en todas las proporciones evaluadas, aunque se intensificó con el aumento en el porcentaje de aserrín.

Tabla 1. Porcentaje de germinación de semillas de maíz (*Zea mays*) en sustratos con diferentes granularidades y concentraciones de aserrín de cedro.

Nº	Tamaño de partícula (cm)	Proporción (aserrín/tierra)	Porcentaje de germinación
1	<0.85	100/0	26.19 ± 17.84 e,f
2	<0.85	75/25	9.52 ± 10.96 g
3	<0.85	50/50	21.42 ± 17.84 e,f,g
4	<0.85	25/75	23.80 ± 21.36 e,f,g
5	<0.85	0/100	23.80 ± 20.79 e, f, g,
6	>0.85	100/0	14.28 ± 14.70 f, g
7	>0.85	75/25	21.42 ± 16.43 f, g
8	>0.85	50/50	30.95 ± 23.63 d, e
9	>0.85	25/75	23.80 ± 22.45 e, f, g,
10	>0.85	0/100	66.66 ± 17.67 a
11	>1.19 <2	100/0	23.80 ± 19.60 e, f, g,
12	>1.19 <2	75/25	20.63 ± 16.41 e, f, g
13	>1.19 <2	50/50	50 ± 16.43 b, c
14	>1.19 <2	25/75	45.23 ± 20.35 c, d
15	>1.19 <2	0/100	64.28 ± 19.75 a, b
16	>2	100/0	35.71 ± 22.05 c, d, e
17	>2	75/25	50 ± 19.75 b, c
18	>2	50/50	42.85 ± 18.33 c, d
19	>2	25/75	47.61 ± 21.36 c
20	>2	0/100	67.53 ± 16.25 a

Estos resultados sugieren que tanto el tamaño de partícula como la proporción de aserrín actúan como factores limitantes para la germinación de maíz. El efecto combinado de partículas finas y altas proporciones de aserrín conduce a una reducción en el establecimiento de plántulas, lo que sugiere la interacción entre factores físicos (estructura del sustrato) y químicos (compuestos alelopáticos).

Efecto en la longitud de tallo

Los resultados muestran que la longitud de la parte aérea de la plántula de maíz estuvo significativamente influenciada por la proporción de aserrín y tierra en el sustrato (Figura 2). En general, las mayores longitudes de tallo se obtuvieron en los tratamientos con la proporción 0 % / 100 % (sólo tierra), alcanzando valores de hasta 22.97 cm, los cuales se ubicaron en el grupo estadístico "a".

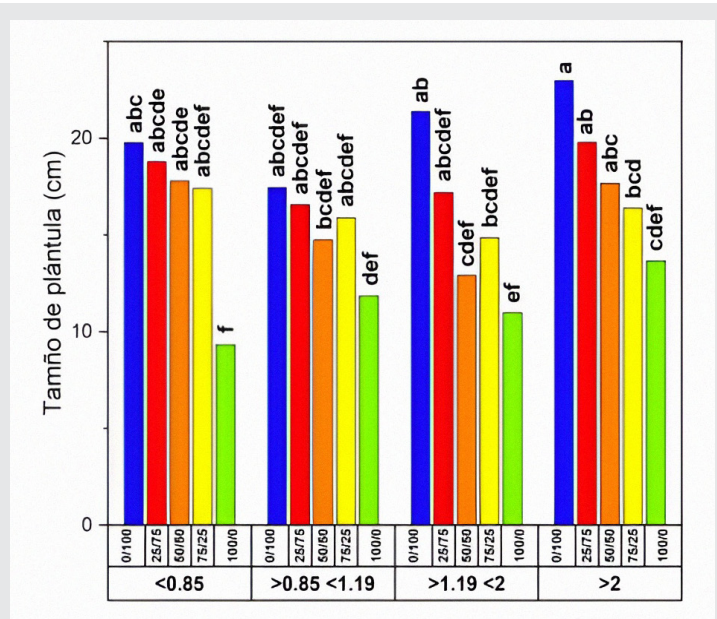


Figura 2: Gráfica de barras para el tamaño promedio de plántula de maíz (*Zea mays*) en función de la interacción entre la proporción de aserrín de cedro/tierra y el tamaño de partícula. En el eje de las abscisas se indican la proporción de la mezcla aserrín/tierra: 0 %/100 %, 25 % / 75 %, 50 %/50 %, 75 % / 25 % y 100 %/0 % (números verticales), así como los intervalos del tamaño de partícula del aserrín de cedro: <0.85 mm; 0.85–1.18 mm; 1.19–2.00 mm y >2.00 mm (números horizontales). Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). Fuente: Elaboración propia.

Conforme aumentó la proporción de aserrín en la mezcla, se observó una reducción progresiva en la longitud del tallo, siendo más marcada en los tratamientos con partículas finas (< 0.85 mm) y con niveles altos de aserrín (100 %), donde la longitud descendió hasta 9.32 cm, agrupándose en el nivel "f". Estos resultados concuerdan con reportes previos que señalan que la presencia de compuestos fenólicos en el aserrín de cedro puede ejercer efectos alelopáticos y fitotóxicos sobre la germinación y el crecimiento de plántulas, al interferir en la absorción de nutrientes y agua [10,12].

Efecto en la longitud de raíz

El crecimiento radical mostró una clara y significativa dependencia tanto del tamaño de partícula de la viruta de cedro como de la proporción de aserrín y tierra en el sustrato. Los mayores valores de longitud de raíz

se registraron en el tratamiento con partículas intermedias (>0.85 <1.19 mm) y con 100% tierra, alcanzando un promedio de 19.20 cm y agrupándose en la categoría estadística "a".

En contraste, los valores más bajos corresponden a los tratamientos con 100% de aserrín, para cualquier tamaño de partícula, con longitudes entre 3.13 y 4.21 cm (grupo "i"), lo que refleja un efecto fuertemente inhibitorio del aserrín sobre el desarrollo radical, aunque a tamaños de partícula mayores a 2 mm., el efecto es mas moderado. Lo anterior sugiere que el predominio de aserrín de cedro en el sustrato genera condiciones adversas para el crecimiento de raíces, probablemente debido tanto a la baja disponibilidad de nutrientes minerales como a la presencia de metabolitos secundarios, tales como compuestos fenólicos y terpenoides, previamente reportados como alelopáticos y fitotóxicos [10, 12].

Los resultados evidencian que el sustrato compuesto únicamente por suelo favorece un desarrollo radical más vigoroso, mientras que la incorporación de aserrín de cedro en proporciones crecientes provoca una reducción significativa en la longitud de la raíz, un efecto más pronunciado cuando se emplean partículas finas y concentraciones elevadas de aserrín.

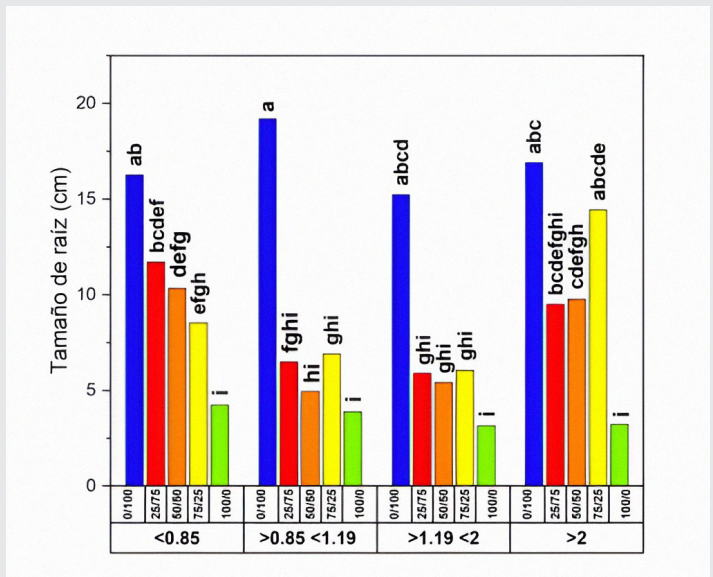


Figura 3: Gráfica de barras para el tamaño promedio de la raíz de plántulas de maíz (*Zea mays*) en función de la interacción entre la proporción de aserrín de cedro/tierra y el tamaño de partícula. En el eje de las abscisas se indican la proporción de la mezcla aserrín/tierra: 0 %/100 %, 25 %/75 %, 50 %/50 %, 75 %/25 % y 100 %/0 % (números verticales), así como los intervalos del tamaño de partícula del aserrín de cedro: <0.85 mm; 0.85–1.18 mm; 1.19–2.00 mm y >2.00 mm (números horizontales). Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Efecto en el peso del tallo

El análisis de la interacción entre el tamaño de partícula de la viruta de cedro y la proporción de aserrín/tierra mostró efectos significativos sobre el peso del tallo. Los mayores valores se obtuvieron en el tratamiento con partículas >2 mm y solo tierra (proporción 0/100), el cual presentó una diferencia significativa de la mayoría de los tratamientos, siendo el grupo de mayor acumulación de biomasa (Figura 4, panel superior). Además, se observa que las mezclas con predominio de suelo favorecieron valores altos para el peso de tallo, mientras que al aumentar la proporción de aserrín, el peso del tallo disminuye alcanzando los valores más bajos en partículas intermedias (1.19–2 mm) y más finas (<0.85 mm).

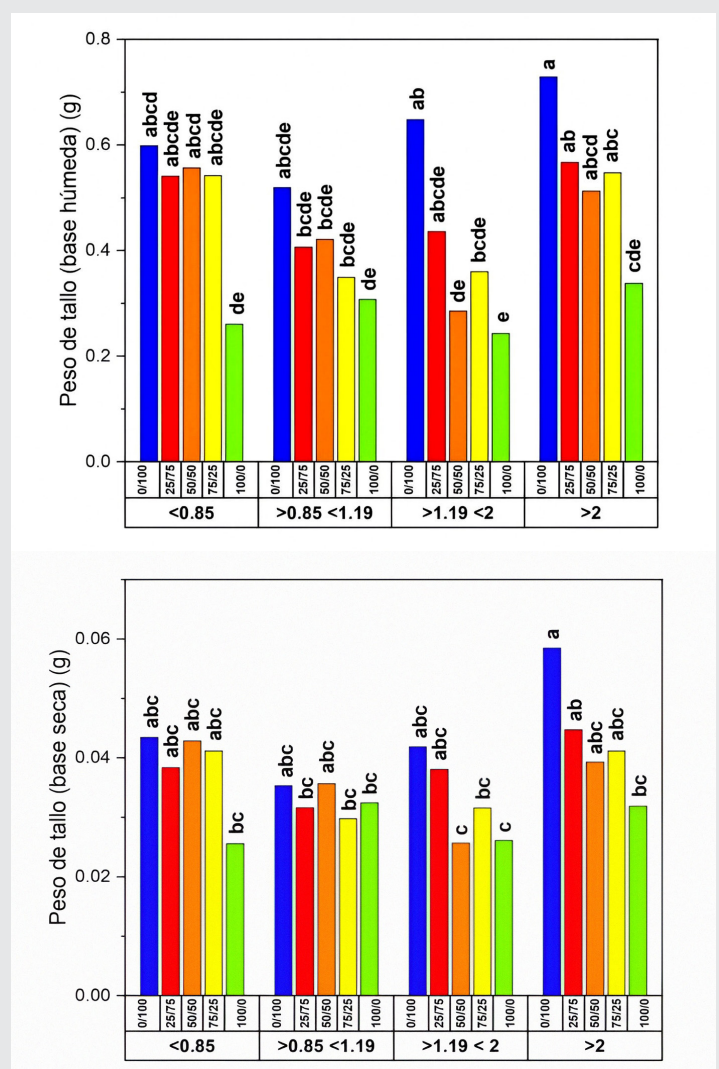


Figura 4: Gráfica de barras para el peso promedio de tallo de plántulas de maíz (*Zea mays*) en función de la interacción entre la proporción de aserrín de cedro/tierra y el tamaño de partícula en base húmeda (panel superior) y base seca (panel inferior). En el eje de las abscisas se indican la proporción de la mezcla aserrín/tierra (números verticales), así como los intervalos del tamaño de partícula del aserrín de cedro: <0.85 mm; 0.85–1.18 mm; 1.19–2.00 mm y >2.00 mm (números horizontales). Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Este comportamiento concuerda con reportes previos que señalan que residuos de madera de cedro liberan compuestos tales como ácidos alifáticos y alcohol, flavonoides, tocoferol, monoterpenos, sesquiterpenos, triterpenos, cicloartanos, esteroides y limonoides (14), algunos de ellos con efectos alelopáticos, los cuales pueden inhibir procesos fisiológicos en plántulas de monocotiledóneas y otras gramíneas, reduciendo la acumulación de biomasa aérea y radicular [10].

Las partículas más finas exacerbaron este efecto posiblemente debido a la compactación del sustrato y a una mayor superficie específica que facilita la liberación de estos metabolitos secundarios [8]. Un similar comportamiento se observó para la biomasa en base seca (Figura 4, panel inferior), lo que confirma que las diferencias observadas entre tratamientos no se deben exclusivamente al contenido de agua en los tejidos, sino a una reducción real en la acumulación de biomasa estructural. La consistencia para ambos indicadores peso húmedo y seco) aporta evidencia sólida sobre el efecto negativo del aserrín de cedro en el crecimiento temprano del maíz.

Efecto en el peso del raíz

Los resultados obtenidos para el peso de la raíz de maíz en base húmeda y seca mostraron que tanto el tamaño de partícula del aserrín de cedro como su proporción en la mezcla con suelo, influyeron significativamente en la variable de respuesta (Figura 5).

En términos generales, las mayores medias de peso radicular se observaron en las mezclas con partículas gruesas (>2 mm), alcanzando un valor máximo de 0.7287 g en la proporción 0%/100% (únicamente suelo), seguido de valores intermedios en las combinaciones 25/75 y 75/25, las cuales se agruparon en las categorías estadísticas A y B según la prueba post hoc de Dunn. Siguiendo el comportamiento de la longitud de raíz, al incrementar la proporción de aserrín de cedro se observa una disminución significativa en el peso de la raíz asociado a el efecto inhibitorio del aserrín sobre el desarrollo radical, reforzando la hipótesis sobre la generación de condiciones adversas para el desarrollo de las raíces, asociados a los efectos alelopáticos del aserrín de cedro y a una posible inmovilización de nitrógeno, fenómeno ampliamente documentado en la literatura para residuos lignocelulósicos frescos. Dicho efecto se traduce en una menor disponibilidad de nutrientes y oxígeno en la rizósfera, limitando el crecimiento radicular [10, 12].

Cabe destacar que al comparar los datos en base seca y húmeda se mantuvieron las mismas tendencias y los mismos grupos de significancia estadística, lo cual sugiere que las diferencias encontradas son robustas y no dependen de la variabilidad en el contenido de agua de los tejidos. Este hallazgo es consistente con la idea de que los efectos observados se deben principalmente a la interacción física-química del sustrato y no a fluctuaciones hídricas momentáneas.

CONCLUSIONES

Los resultados demostraron que tanto la proporción de aserrín de cedro como el tamaño de partícula influyen significativamente en la germinación y el crecimiento inicial de maíz (*Zea mays*). Las mezclas con altas concentraciones de aserrín y partículas finas mostraron efectos inhibitorios severos sobre la germinación, la longitud y el peso de las plántulas, mientras que los tratamientos con mayor proporción de suelo y partículas más gruesas favorecieron el desarrollo radicular y aéreo.

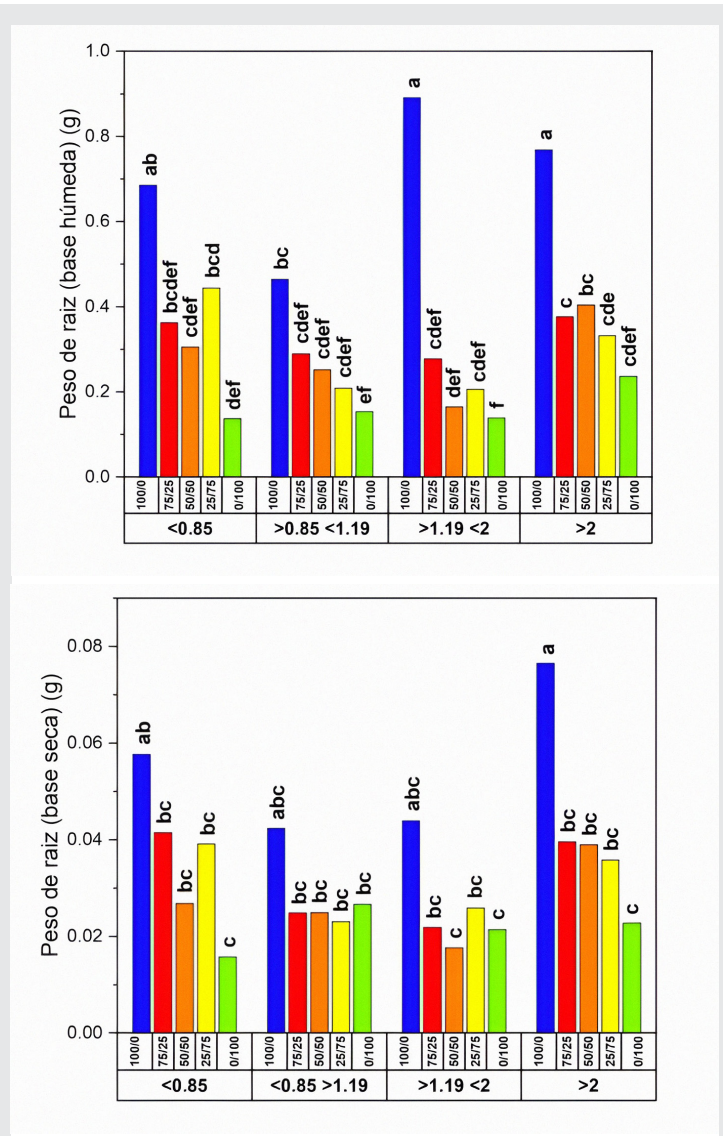


Figura 5: Gráfica de barras para el peso promedio de raíz de plántulas de maíz (*Zea mays*) en función de la interacción entre la proporción de aserrín de cedro/tierra y el tamaño de partícula en base húmeda (panel superior) y base seca (panel inferior). En el eje de las abscisas se indican la proporción de la mezcla aserrín/tierra (números verticales), así como los intervalos del tamaño de partícula del aserrín de cedro: <0.85 mm; 0.85–1.18 mm; 1.19–2.00 mm y >2.00 mm (números horizontales). Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados sugieren que la deposición de residuos del aserrín de cedro al aire libre libera compuestos alelopáticos y modifica las propiedades físicas del sustrato, limitando el establecimiento temprano del maíz.

BIBLIOGRAFÍA

[1] García Fernández, E., & Sánchez Sánchez, O. (2016). *El lujo de la muerte (El cedro en peligro)*.

[2] García Santamaría, L. E., Fernández Lambert, G., Mayett Moreno, Y., Alarcón Ruíz, T., & Parra Hernández, N. A. (2023). Cadenas rurales de suministro para la producción de muebles de madera en Misantla, Veracruz. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 14(78), 58-86.

[3] Yasin, M., Noorani, H., Anwar, F., Siddiqui, M., Safdar, M. E., & Andreasen, C. (2022). Non-composted chinaberry (*Melia azedarach* L.) sawdust mixtures as growth medium for okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Agriculture*, 12(3), 354.

[4] Olympios, C. M. (1992, March). *Soilless media under protected cultivation rockwool, peat, perlite and other substrates*. In *Symposium on Soil and Soilless Media under Protected Cultivation in Mild Winter Climates* 323 (pp. 215-234).

[5] Yasin, M.; Jabran, K.; Afzal, I.; Iqbal, S.; Nawaz, M.A.; Mahmood, A.; Asif, M.; Nadeem, M.A.; Rahman, Z.U.; Adnan, M.; et al. *Industrial sawdust waste: An alternative to a soilless substrate for garlic (*Allium sativum* L.)*. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants* 2020, 18, 100252.

[6] Horisawa, S.; Sunagawa, M.; Tamai, Y.; Matsuoka, Y.; Miura, T.; Terazawa, M. *Biodegradation of non-lignocellulosic substances II: Physical and chemical properties of sawdust before and after use as artificial soil*. *J. Wood Sci.* 1999, 45, 492-497.

[7] Scavo, A., Abbate, C., & Mauromicale, G. (2019). *Plant allelochemicals: Agronomic, nutritional and ecological relevance in the soil system*. *Plant and Soil*, 442(1), 23-48.

[8] Allison, F. E., DeMar, W. H., & Smith, J. H. (1963). *Toxicity to Garden Peas of Certain Finely Ground Woods and Barks Mixed with Soil 1*. *Agronomy Journal*, 55(4), 358-360.

[9] da SILVA, J. A. T., Karimi, J., Mohsenzadeh, S., & Dobranszki, J. (2015). *Allelopathic potential of select gymnospermous trees*. *Journal of Forest and Environmental Science*, 31(2), 109-118.

[10] Céspedes, C. L., Calderón, J. S., Salazar, J. R., Lotina-Hennsen, B., & Segura, R. (2001). *Plant-growth inhibitory activity of cedrelanolid from Cedrela salvadorensis*. *Journal of chemical ecology*, 27(1), 137-149.

[11] Cheng, B. *Systems: Sawdust as a greenhouse growing medium*. *J. Plant Nutr.* 1987, 10, 1437-1446.

[12] Mendoza, Lainey E. Ms., "Allelopathy of Western Red Cedar, Douglas Fir, and Western Hemlock on seed germination" (2025). *Honors Projects*. 236. <https://digitalcommons.spu.edu/honorsprojects/236>

[13] Waddington, D. V., Lincoln Jr, W. C., & Troll, J. (1967). *Effect of Sawdust on the Germination and Seedling Growth of Several Turfgrasses 1*. *Agronomy Journal*, 59(2), 137-139.

[14] Nogueira, T. S. R., Passos, M. D. S., Nascimento, L. P. S., Arantes, M. B. D. S., Monteiro, N. O., Boeno, S. I. D. S., ... & Curcino Vieira, I. J. (2020). *Chemical compounds and biologic activities: A review of Cedrela genus*. *Molecules*, 25(22), 5401.

[15] Pinto, R., Cardoso, P., Carneiro, B., Pinto, G., Bedia, C., & Figueira, E. (2025). *Maize Crops Under Rising Temperatures: Bacterial Influence on Biochemical and Lipidomic Changes Induced by Heat*. *Plants*, 14(16), 2593.

[16] Bhat, S. A., Qadri, S. A. A., Dubbey, V., Sofi, I. B., & Huang, N. F. (2024). *Impact of crop management practices on maize yield: Insights from farming in tropical regions and predictive modeling using machine learning*. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101392.

