



Abanico Agroforestal. Enero-Diciembre 2026; 8:1-12. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2026.2>  
Artículo Original. Recibido: 01/02/2026. Aceptado: 31/03/2026. Publicado: 05/06/2026. Clave: e2026-2  
[https://www.youtube.com/watch?v=Dg\\_gsjlMrg0](https://www.youtube.com/watch?v=Dg_gsjlMrg0)

## Estimulación de callogénesis y organogénesis en explantes de *Leucaena greggii* S. Watson

Stimulation of callus and organogenesis in *Leucaena greggii* S. Watson explants

Sol Lizarraga-Fontes<sup>\*1ID</sup>, Diana Mc-Caughey-Espinoza<sup>\*\*1ID</sup>, Perla Urquidez-Bejarano<sup>1ID</sup>, Hernán Celaya-Michel<sup>2ID</sup>, Carlos Chávez-Tiznado<sup>3ID</sup>, Ana Pérez-Villalba<sup>1ID</sup>



<sup>1</sup>Universidad de Sonora, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Avenida Luis Donaldo Colosio s/n Edificio 7G, Centro, CP. 83000 Hermosillo, Sonora, México. <sup>2</sup>Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería, Carretera 100 a Bahía de Kino km. 21.5, Hermosillo, Sonora, México. <sup>3</sup>Universidad Tecnológica de la Tarahumara, Departamento de Ciencias Ambientales y Agropecuarias, Carretera Guachochi-Yoquivo, Km 15, Turuseachi, CP. 33180, Guachochi, Chihuahua, México. \*Autor principal: Sol Lizarraga-Fontes. \*\*Autor de correspondencia: Diana Mc-Caughey-Espinoza. E-mail: sollizarragafontes@gmail.com, diana.mccaughey@unison.mx, perla.urquidez@unison.mx, hernan.celaya@unison.mx, carlos\_s\_chavez@live.com, ana.villalba@unison.mx

### RESUMEN

*Leucaena greggii* pertenece a la familia Fabácea, es una especie nativa del noreste de México, presenta uso forrajero, medicinal, maderable y alimenticio para humanos. Actualmente se encuentra amenazada por la reducción de su hábitat y sobrepastoreo. El objetivo de la presente investigación fue estimular la callogénesis y la organogénesis en explantes (tallo, yema axilar y hoja) de *Leucaena greggii*. Para ello se utilizó el medio de cultivo WPM suplementado con ácido indolbutírico (AIB), con diferentes concentraciones (0, 1.25, 2.5 y 3.75 mgL<sup>-1</sup>). Se aplicaron un ANDEVA y una prueba de comparación de medias de Tukey-Kramer. De acuerdo con los resultados se mostró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la inducción de callogénesis, se obtuvieron alturas promedio de callo 4.514 mm y anchos de 6.042 mm. El tratamiento que obtuvo el mayor crecimiento en altura y ancho de callo fue yema axilar con la concentración de 2.5 mgL<sup>-1</sup>. Por otra parte, también se presentó organogénesis en yema axilar y tallo mostrándose estos en cinco explantes con las concentraciones 2.5 y 3.75 mgL<sup>-1</sup>. El porcentaje de contaminación de manera general se presentó por debajo del 2%, y el porcentaje de oxidación fue del 100% en el explante de hojas, estas son más susceptibles al estrés que el resto de los órganos de la planta. Cabe señalar que el protocolo de desinfección para esta especie fue el apropiado.

**Palabras clave:** organogénesis, callogénesis, micropropagación, fitohormonas, leucaena.

### ABSTRACT

*Leucaena greggii* belongs to the Fabaceae family and is a species native to northeastern Mexico. It has uses as forage, medicinal plants, timber, and food for humans. Currently, it is threatened by habitat loss and overgrazing. The objective of this research was to stimulate callus formation and organogenesis in *Leucaena greggii* explants (stem, axillary bud, and leaf). For this purpose, WPM culture medium



supplemented with indolebutyric acid (IBA) was used at different concentrations (0, 1.25, 2.5, and 3.75 mg L<sup>-1</sup>). An ANOVA and a Tukey-Kramer test for mean comparison were applied. The results showed no significant differences between treatments for callus formation induction, with average callus heights of 4.514 mm and widths of 6.042 mm. The treatment that resulted in the greatest growth in callus height and width was the axillary bud with a concentration of 2.5 mg L<sup>-1</sup>. Furthermore, organogenesis was also observed in the axillary bud and stem, as seen in five explants with concentrations of 2.5 and 3.75 mg L<sup>-1</sup>. The overall contamination percentage was below 2%, and the oxidation percentage was 100% in the leaf explant, which is more susceptible to stress than the other plant organs. It should be noted that the disinfection protocol for this species was appropriate.

**Keywords:** organogenesis, callus formation, micropropagation, phytohormones, leucaena.

## INTRODUCCIÓN

Entre el 30 y el 70% de las especies nativas y de alto valor forrajero presentan una fuerte disminución en sus poblaciones (Mc-Caughey-Espinoza *et al.*, 2017), a causa del saqueo, extracción excesiva y sobrepastoreo en áreas silvopastoriles, lo que ha impulsado la búsqueda de técnicas para su preservación, tales como la micropropagación (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2021).

El estudio de la vegetación de las zonas áridas y semiáridas de México es de gran importancia debido a que el 40% del territorio nacional está cubierto por la vegetación xerófila (Velasco, 1991). Dentro de esta destaca el grupo de las leguminosas (Fabaceae), una de las familias de angiospermas más numerosas. Comprende alrededor de 754 géneros (Mora-Villa *et al.*, 2023) con una distribución cosmopolita, asociados principalmente a climas cálidos; presentan una gran diversidad morfológica, desde enredaderas, herbáceas, arbustos y árboles de gran tamaño (Estrada-Castillón, 2004). Las leguminosas arbóreas han sido utilizadas ampliamente por los seres humanos a lo largo del tiempo como fuente de leña y carbón, elaboración de artesanías, construcción de muebles, postes y herramientas; sus hojas y vainas se utilizan como forraje y alimento de ganado, suplemento alimenticio y medicinal, así como usos ornamentales (Olivares-Pérez *et al.*, 2011).

Dentro de la familia Fabaceae se encuentra el género *Leucaena*, tradicionalmente conocidos como “guajes”, el cual destaca por su gran número de usos y variedades polimórficas que comprenden alrededor de 24 especies de arbustos y árboles multipropósitos (Dago *et al.*, 2020), que se distribuyen naturalmente desde Estados Unidos, hasta Perú, y México su centro de origen; su distribución se ha ampliado por las regiones tropicales debido a la introducción humana (Global invasive database, 2025). Entre las especies más representativas del género *Leucaena* en México, se encuentran *L. leucocephala* y *L. esculenta*, y es *L. leucocephala* la especie más trabajada del género (Mora-Villa *et al.*, 2023). También se tiene a *Leucaena greggii*, la cual es utilizada principalmente como alimento forrajero para bovinos, caprinos y porcinos, así como leña y madera para construcción. A pesar de que se han realizado pocos estudios respecto a



esta especie, se ha demostrado que tiene menor concentración de mimosina con respecto a las otras especies del mismo género (Luna-Guzmán, 1998), lo que hace a *L. greggii* una alternativa importante para sistemas de alimentación silvopastoril.

*L. greggii*, en la actualidad, se encuentra en la categoría de casi amenazada por la pérdida de hábitat y el sobrepastoreo de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), al presentar una distribución reducida localizándose en la zona noreste del país, como en el altiplano de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.

Por lo anteriormente mencionado, el objetivo de este trabajo fue crear las bases para la estimulación de callogénesis y organogénesis en explantes de *Leucaena greggii* S. Watson con el uso de la biotecnología para generar un protocolo de micropropagación *in vitro* para su conservación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Cultivo de Células y Tejidos Vegetales del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS).

**Especie en estudio.** Se trabajó con explantes de *Leucaena greggii*, por ser un árbol endémico de Coahuila y Nuevo León con importancia forrajera que se encuentra amenazado de acuerdo con la IUCN, (Figura 1).



Figura 1. *Leucaena greggii* en su hábitat silvestre

**Colecta del material vegetativo.** Los explantes (tallo, yema axilar y hoja) provinieron de plántulas de *Leucaena greggii* (Figura 2), estas fueron producidas *ex situ* con semillas

donadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) del Campo Experimental Saltillo. Para la extracción de los explantes se utilizó una tijera podadora.



Figura 2. Plántulas de *Leucaena greggii*

**Medio de cultivo.** De acuerdo con las características morfológicas de la planta en estudio se utilizó como medio de cultivo Woody Plant Medium (WPM) (Trigiano & Gray, 2011) al 100% de sus sales. La fitohormona que se utilizó fue ácido indol-3-butírico (AIB), a diferentes concentraciones, (0, 1.25, 2.5 y 3.75 mgL<sup>-1</sup>), el pH se ajustó a 5.7 con NaOH, a una concentración 0.1 N. Se utilizaron 20-25 ml de medio WPM por frasco de vidrio, tipo gérber. Por último, se realizó la esterilización con una autoclave modelo Sterilmatic, a 120°C de temperatura y con una presión de 15/cm<sup>-2</sup> durante 15 minutos.

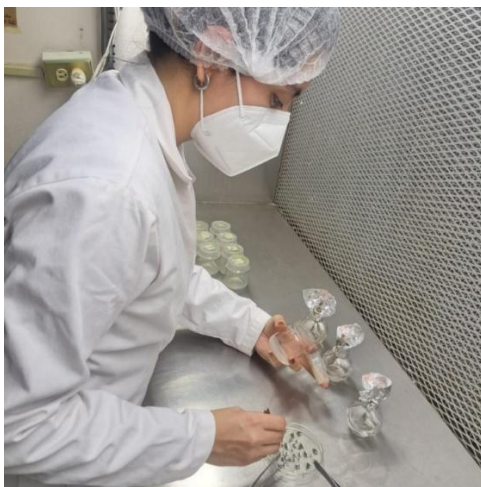


Figura 3. Siembra de explantes

**Desinfección de la cámara de flujo laminar y explantes.** La esterilización de la cámara de flujo laminar se llevó a cabo con alcohol etílico al 96% y la lámpara UV encendida durante 30 minutos previos a la desinfección de los explantes. Estos se desinfectaron



con alcohol etílico (70%) durante 2 minutos, e hipoclorito de sodio (NaClO) (10% de cloro activo) durante 10 minutos, y se añadieron dos gotas de Tween 20. Posteriormente, se realizaron 5 enjuagues con agua desionizada estéril. Por último, se sembraron los explantes en el medio de cultivo WPM (Figura 3).

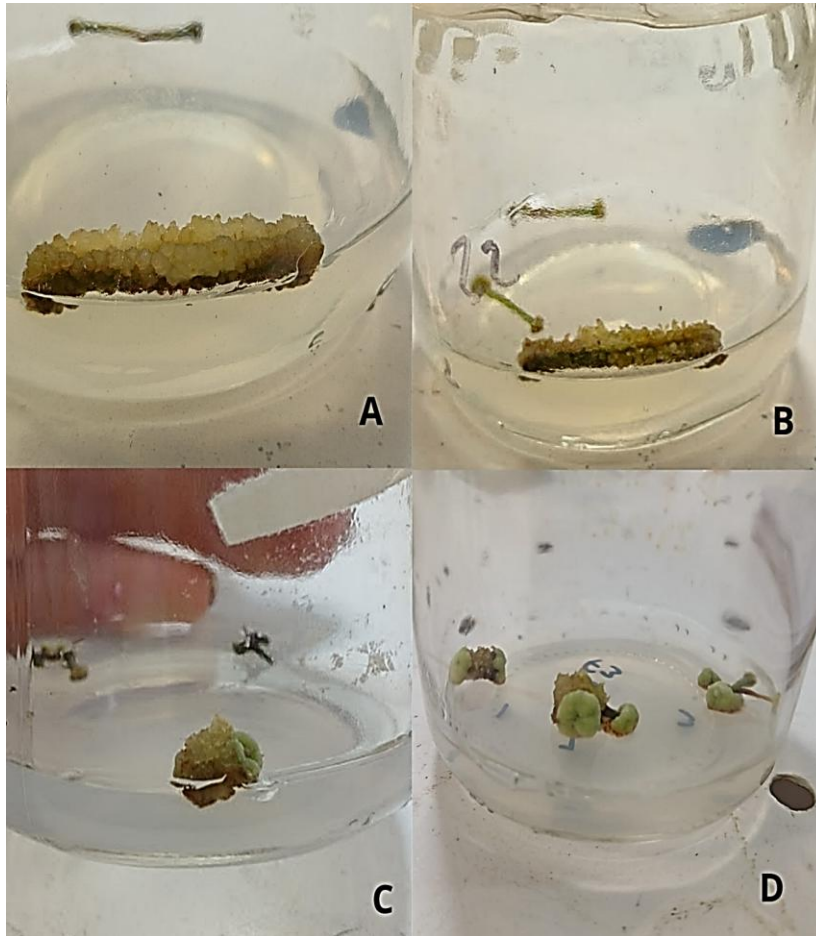
**Condición del cultivo.** Una vez ya sembrados los explantes estos se resguardaron en el cuarto de crecimiento en condiciones controladas, a una temperatura de 25° C, con foto periodo de 16 horas de luz; con una intensidad luminosa de 30  $\mu\text{mol.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  y 8 horas de oscuridad, con una temperatura de 25  $\pm$  2° C.

**Parámetros para evaluar.** De acuerdo con los objetivos planteados y cumplir con estos los parámetros evaluados fueron la presencia de callogénesis y organogénesis (completa e incompleta, ver figura 8), al igual que la altura del callo (mm), ancho del callo (mm), se utilizó un vernier marca Mitutoyo Absolute Modelo CD-6CSX N° de Serie 06401649 de 6". también se evaluaron los porcentajes de contaminación y oxidación en los cultivos realizados. La evaluación se llevó a cabo por observación de manera directa, se inició al tercer día después de la siembra de los explantes, posteriormente se realizaron cada séptimo día.

**Análisis estadístico.** De acuerdo con los datos arrojados en este trabajo de investigación se llevó a cabo un análisis con un diseño completamente al azar (DCA), y un arreglo factorial de 1x3x4 con 3 repeticiones, los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA) y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey-Kramer ( $P \leq 0.05$ ); se llevó a cabo con el programa JMP versión 17 ([JMP Statistical Analysis System, \[SAS Institute Inc.\], 2022](#)).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con la inducción de callogénesis al realizar el análisis estadístico entre los tratamientos no se observaron diferencias significativas con respecto a los explantes y combinación fitohormonal. En alto de callo se observó una  $R^2$  de 0.480, lo que muestra que se presentó una variabilidad en los datos de acuerdo con los explantes evaluados y la concentración (Figura 4 y Tabla 1), mostrándose que la concentración fitohormonal de 3.75  $\text{mgL}^{-1}$  de AIB en yema axilar del frasco 3 mostró una altura promedio arriba de 7.9 mm. El resto osciló de 1.140 y 7.856 mm. La concentración cero de tallo del frasco 3 fue la que presentó menor altura de callo.



**Figura 4. Calogénesis 17 días de la siembra.** A) Explante de tallo en concentración  $3.75 \text{ mgL}^{-1}/\text{AIB}$ , B) Explante de tallo en la concentración  $2.5 \text{ mgL}^{-1}/\text{AIB}$ , C) Explante de yema axilar en concentración  $1.25 \text{ mgL}^{-1}/\text{AIB}$ , D) Explante de yema axilar en concentración  $3.75 \text{ mgL}^{-1}/\text{AIB}$ .

Por otra parte, al analizar el ancho de callo en los explantes evaluados y concentración fitohormonal no se observaron diferencias significativas, mostrándose una  $R^2$  de 0.45, lo que mostró una inducción al crecimiento de callo en la concentración fitohormonal de  $3.75 \text{ mgL}^{-1}$  de AIB en yema axilar del frasco 3 hasta un 10.403 mm. Seguido de este se tiene a la concentración de  $3.75 \text{ mgL}^{-1}$  de AIB de tallo del frasco 2 y  $1.25 \text{ mgL}^{-1}$  de AIB de yema axilar del frasco 3 con 9.290 y 9.460 mm. Dichos parámetros (tipo de explante y concentración) que mostraron un ancho de callo más bajo con la concentración cero en yema axilar en el frasco 3 con 2.100 mm



**Tabla 1. Inducción de callogénesis en explantes de yema axilar y tallo**

Concentración mgL <sup>-1</sup> AIB	Alto de callo (mm)	Ancho de callo (mm)
0/Tallo	4.143±0.730a	6.833±0.975a
0/Yema axilar	1.706±0.431a	2.300±1.090a
1.25/Tallo	5.890±1.500a	6.946±2.005a
1.25/Yema axilar	4.646±1.776a	7.296±3.490a
2.5/Tallo	6.020±1.437a	7.420±2.601a
2.5/Yema axilar	4.366±0.915a	6.026±1.582a
3.75/Tallo	3.850±3.352a	4.430±3.875a
3.75/Yema axilar	3.806±1.412a	5.356±2.072a
0/Tallo	1.486±2.022a	2.476±3.282a
0/Yema axilar	2.786±2.152a	3.430±2.606a
1.25/Tallo	6.376±1.135a	8.8267±3.450a
1.25/Yema axilar	3.516±2.400a	4.4767±2.152a
2.5/Tallo	5.810±1.569a	8.7733±3.086a
2.5/Yema axilar	5.883±2.579a	7.440±2.497a
3.75/Tallo	7.856±4.948a	9.290±3.968a
3.75/Yema axilar	2.480±2.306a	3.020±2.702a
0/Tallo	1.140±1.974a	2.333±4.041a
0/Yema axilar	1.530±1.967a	2.100±2.295a
1.25/Tallo	3.433±3.273a	4.230±3.797a
1.25/Yema axilar	7.290±4.698a	9.460±6.522a
2.5/Tallo	6.296±1.157a	8.536±1.837a
2.5/Yema axilar	4.923±5.513a	7.673±8.619a
3.75/Tallo	5.200±0.314a	5.926±1.690a
3.75/Yema axilar	7.910±1.280a	10.403±0.452a

Literales distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

Sin embargo, se observó que en los explantes de yema axilar y tallo sin la aplicación fitohormonal muestra callogénesis, lo que pudiera atribuirse a la presencia de auxinas que contribuyen a la inducción de callo en dichos explantes. Por lo que sería interesante probar en otros estudios otra combinación fitohormonal y concentraciones, ya que esta planta mostró una inducción rápida con la presencia de callogénesis en poco tiempo (7 días).



Es importante señalar que no se tienen suficientes estudios con respecto a la especie y género con respecto a la micropropagación para poder realizar una discusión más amplia de acuerdo con los resultados obtenidos.

Por otra parte, [Mesa et al. \(2002\)](#), evaluaron la inducción de organogénesis en nodos cotiledonales de *Leucaena leucocephala*, utilizaron concentraciones de 0 a 10 mg l de Bencialaminopurina (BAP) y como medio de cultivo MS. En todas las concentraciones utilizadas obtuvieron respuestas iguales respecto al porcentaje de plántulas formadas, por lo tanto, dichos resultados son similares a los de este estudio ya que la concentración cero también les arrojó resultados viables.

### **Organogénesis**

Sin embargo, al evaluar la presencia de organogénesis en los explantes y concentraciones de las fitohormonas utilizadas se observó la presencia de raíz en 5 explantes (Figura 5), con una longitud promedio de 19.42 mm. Por lo tanto, estos resultados pudieran coincidir con lo reportado por [Parrotta-John \(1992\)](#), quien menciona que esta especie presenta buena capacidad de rebrote, lo que en este estudio fue producción de raíz.

Cabe mencionar que, también se observó el desarrollo de raíces (organogénesis directa) en los explantes de yema axilar y tallo, lo que corresponde a un 4.62% del total de los explantes (Figura 6), a los 34 días después de la siembra. Las raíces presentes en yema axilar mostraron una longitud que oscilaba de 9.48 a 44.68 mm.

En cuanto a los explantes de tallos solo se observó generación de raíz en un explante de tallo con una longitud de 20.26 mm con la concentración número 3.75 mg L<sup>-1</sup> de AIB.

### **Contaminación**

Por otra parte, en lo que respecta al porcentaje de contaminación solamente se observó un explante contaminado del total de total las unidades experimentales con un 2.77%. Por lo que se puede señalar que el protocolo de desinfección para esta especie fue el adecuado. Por lo tanto, se pudiera considerar que el protocolo de desinfección utilizado en este trabajo de investigación es aceptable para esta especie en futuros trabajos de micropropagación *in vitro* a las condiciones aquí planteadas.

[Bianchetti et al. \(2017\)](#), desarrollaron un protocolo de micropropagación *in vitro* para la especie *Mimosa pudica*, una especie de la misma subfamilia que *Leucaena*, se usó el medio MS suplementado con BAP, cinetina (KIN), sulfato de adenina (AS), diphenylurea (DFU) o tidiazuron (TDZ), a 0, 2.5, 5.0 y 7.5 µM, con un total de 16 tratamientos. En dicho trabajo, obtuvieron menos de 2% de contaminación, por lo que el método de desinfección utilizado fue eficiente. Por lo tanto, se puede señalar que fueron resultados similares con respecto al porcentaje de contaminación obtenidos en este estudio.

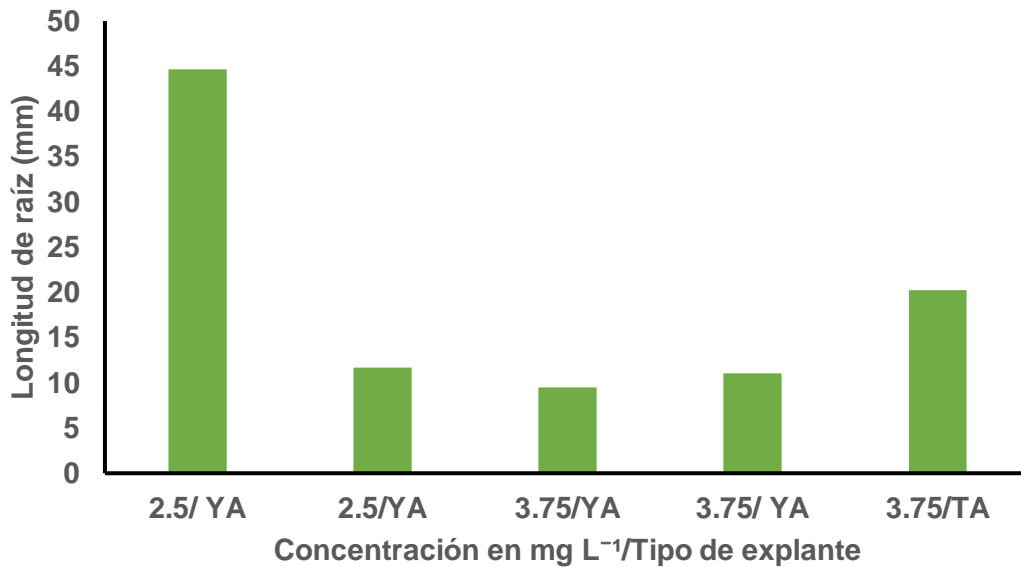
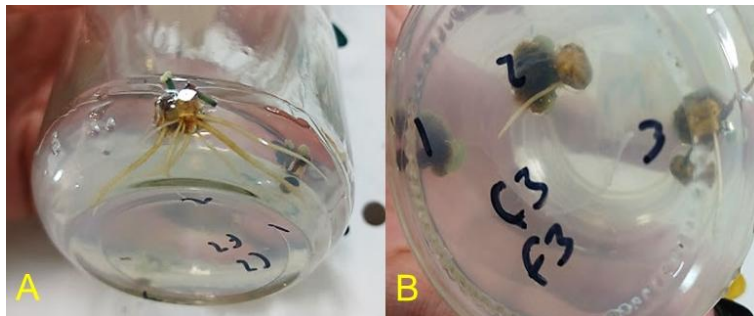


Figura 5. Comportamiento de la inducción de organogénesis en yema axilar y tallo



A) Inducción de raíz en yema axilar con 2.5 mgL<sup>-1</sup> de AIB.  
B) Inducción de raíz en yema axilar con 3.75 mgL<sup>-1</sup> de AIB.

Figura 6. Inducción de raíz en yema axilar con 2.5 mgL<sup>-1</sup> y 3.75 mgL<sup>-1</sup> de AIB

### Oxidación

En relación con la oxidación esta se mostró únicamente en los explantes de hoja, y se encontró a estas como las más susceptibles a la temperatura y son el primer órgano de la planta que muestra estrés, mientras que, en los explantes de yema axilar y tallo, no se mostró oxidación alguna, esto se puede atribuir a que puede tener antioxidantes naturales o bien son un poco más tolerantes al estrés y a las altas temperaturas, ya que en la cámara de flujo laminar la temperatura está por encima de 35° C y tiempo de exposición al momento de la siembra.

Mohammed *et al.* (2015), evaluaron la actividad antioxidante y antimicrobiana de las hojas de *Leucaena leucocephala*, encontrándose que estas poseen una gran cantidad de compuestos antioxidantes como flavonoides, y observaron que tenían una actividad antioxidante comparable a la de compuestos sintéticos. Los flavonoides presentes en



esta planta tienen el potencial de proteger contra el daño oxidativo y pudieran ser aprovechados como fuentes naturales de tratamientos antiinflamatorios y anticancerígenos.

De acuerdo con los resultados de esta investigación no se observó dicho efecto antioxidativo en las hojas por lo que pudiera atribuirse la época de la colecta del material vegetal juvenil y etapa fenológica, recordemos que aquí se utilizaron plántulas para la extracción de explantes por lo que son más susceptibles al estrés (hídrico y temperatura) o bien que la especie en estudio no tenga una cantidad considerada de compuestos antioxidantes, como la *Leucaena leucocephala*.

En esta investigación se pudo observar que al utilizar las espigas maduras directamente se evita la pérdida de semillas por el manejo mecánico, esto permite el incremento de la tasa de germinación arriba del 80%; y de acuerdo al tipo de semilla de *Lippia palmeri* no se requiere tratamientos pregerminativos (químicos, físicos o mecánicos) para promover la germinación. El rango de germinación con espiga oscila entre 10 a 11 días, muestra una adaptación al trasplante de plántulas arriba del 90% de sobrevivencia en campo. Se recomienda el método de producción de plantas de orégano en almácigo, de acuerdo a esta investigación, este, garantiza un número de plantas uniforme e incrementa la efectividad en su manejo para la producción de plántulas y establecimiento de cultivos no convencionales.

## CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación representa el primer esfuerzo relacionado con la conservación e investigación de *Leucaena greggii*, con la técnica de micropropagación *in vitro*. La aplicación de la fitohormona AIB, de acuerdo con las concentraciones aplicadas en los explantes de yema axilar y tallo, no influye significativamente en la inducción de callogénesis y organogénesis en *L. greggii*, ya que se observó crecimiento incluso en los explantes donde no se indujo esta fitohormona (concentración 0). El explante que mostró mejor crecimiento de alto y ancho de callo fue en yema axilar con 3.75 mgL<sup>-1</sup> de AIB. Mientras que en brotación de raíz se obtuvo el mayor crecimiento con 2.5 mgL<sup>-1</sup> de AIB en yema axilar. El protocolo de desinfección con alcohol al 70% e hipoclorito de sodio al 10%, para *L. greggii*, se pudiera considerar ideal al presentarse por debajo del 2% de contaminación en los explantes. El explante menos adecuado para la micropropagación *in vitro* en *L. greggii* es el de hoja, al ser susceptible a la temperatura presente en la cámara de flujo laminar, lo que ocasionó oxidación, por lo que se recomienda utilizar ácido cítrico y ascórbico como antioxidantes para minimizar dicho proceso. Utilizar otras concentraciones y combinaciones fitohormonales como Zeatina, BAP, entre otras, para analizar la respuesta y crecimiento de *L. greggii*. Realizar un modelo espacial para la especie en estudio en Saltillo Coahuila, que nos permita tener una visión más amplia de la problemática y la predicción de esta a 20 años en el futuro.



## REFERENCIAS

BIANCHETTI RE, de Resende CF, Pacheco VS, Dornellas FF, de Oliveira AM, Freitas JCE, Peixoto PHP. 2017. An improved protocol for in vitro propagation of the medicinal plant *Mimosa pudica* L. *African Journal of Biotechnology*. 16(9):418-428.

<https://doi.org/10.5897/AJB2016.15831>

DAGO Y, Milian-Domínguez JC, Calzadilla-Reyes K, Redonet-Miranda MDLÁ, López-Quintana Y, Hernández-Guanche L. 2020. Uso potencial de *Leucaena leucocephala* Lam. (*leucaena*) presente en sistemas agroforestales de Pinar del Río. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*. 8(1):154-162.

<https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/511>

ESTRADA-CASTILLÓN E, Yen-Méndez C, Delgado-Salinas A & Villarreal-Quintanilla JA. 2004. Leguminosas del centro del estado de Nuevo León, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*. 75(1):73-85.

[https://www.redalyc.org/pdf/400/Resumenes/Resumen\\_40075105\\_1.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/400/Resumenes/Resumen_40075105_1.pdf)

GLOBAL invasive species database. 2025 Species profile: *Leucaena leucocephala*.

<https://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/leucaena+leucocephala>

JMP (Statistical Discovery LLC). 2022. Discovering JMP® 17. Cary, NC: JMP Statistical Discovery LLC. <https://www.jmp.com/es/software/data-analysis-software>

LUNA-GUZMÁN C. 1998. Perfil nutricional de hojas y vainas de tres especies leguminosas del género *Leucaena*: su aprovechamiento en la nutrición de organismos acuáticos. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

<http://eprints.uanl.mx/id/eprint/22837>

MC-CAUGHEY-ESPINOZA DM, Ayala-Astorga GI, Velázquez-Caudillo J, Anaya-Islas J, Canseco-Vilches E. 2017. Creación de un jardín botánico y de árbol madre de arbustivas forrajeras nativas del estado de Sonora. *IDESIA*. 35(4):35-45.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017000400035>

MESA D, Romero A, Cruz AM. 2002 Estudio de diferentes concentraciones de bencilaminopurina (BAP) en la micropropagación *in vitro* de la *Leucaena leucocephala* vc Perú. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 36(3):271-274.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193018103012>



MOHAMMED RS, El Souda SS, Taie HAA, Moharam ME, Shaker KH. 2015. Antioxidant, antimicrobial activities of flavonoids glycoside from *Leucaena leucocephala* leaves. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 5(06)138-147.

<https://doi.org/10.7324/JAPS.2015.50623>

MORA-VILLA A, Estrella-Parra A, Ávila-Acevedo G, Jiménez-Estrada M, Lira-Saade R, Hernández-Delgado T. 2023. Estudio biodirigido de metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana y aislamiento de D-pinitol de semillas de *Leucaena esculenta* y *L. leucocephala*. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat*. 22(5):657-675.

<https://doi.org/10.37360/blacpma.23.22.5.48>

OLIVARES-PÉREZ J, Avilés-Nova F, Albarrán-Portillo B, Rojas-Hernández UL, Castelán-Ortega OA. 2011. Identificación, usos y medición de leguminosas arbóreas forrajeras en ranchos ganaderos del sur del Estado de México. *Tropical and subtropical agroecosystems*. 14(2):739-748.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-04622011000200032&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200032&lng=es).

PARROTTA-JOHN A. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Leucaena, tantan. Report number: Res. Note SO-ITF-SM-52. Affiliation: New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Pp. 8.

[https://www.researchgate.net/publication/288324347\\_Leucaena\\_leucocephala\\_Lam\\_de\\_Wit\\_Leucaena\\_tantan#full-text](https://www.researchgate.net/publication/288324347_Leucaena_leucocephala_Lam_de_Wit_Leucaena_tantan#full-text)

RODRÍGUEZ-AGUILAR SP, Muñoz-Olvera A, Durán-Flores R, Hernández-Feregrino J, Limón-Medrano JP, Hernández-Hernández HM. 2021. Micropropagación como alternativa para evitar la extinción de plantas endémicas. *Journal of Bioengineering*. 5(3): 1-15. <https://cmibq.org.mx/jbbr/images/doc/jbbr-vol-5-no-3/jbbr-vol-5-no-3-1.pdf>

TRIGIANO RN, Gray D. 2011. Plant tissue culture, development, and biotechnology. CRC Press Boca Raton. Florida, USA. ISBN 9781420083262.

<https://doi.org/10.1201/9781439896143>

VELASCO A. 1991. Las Zonas Áridas y Semiáridas, sus Características y Manejo. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México. Pp: 519- 523. ISBN: 9681834025.

<https://glifos.unitec.edu/opac/record/166213?&query=@classification=574.526.5&recnum=1>