

CULTIVO *in vitro* DE TRES MODELOS VEGETALES EN EXTRACTOS DE *Croton ciliatoglandulifer* COMO BIOESTIMULANTES

in vitro CULTURE OF THREE PLANT MODELS IN EXTRACTS OF *Croton ciliatoglandulifer* AS BIOSTIMULANTS

Aguilar-Jiménez D.^{1*}; Salgado-Bravo R.¹; Rodríguez-Monfil Y.¹; Merino-Cerezo A. R.¹; Orellana-Caballero M. L.²; Mendoza-Morales C. R.²

¹Programa Educativo de Agrobiotecnología. Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros. Prolongación Reforma No. 168, Barrio de Santiago Mihuacán, Izúcar de Matamoros, Puebla, México. CP. 74420.

²Madre Tierra S. de R. L. de C. V. A 14 Sur 7102, Loma Linda, Heroica Puebla de Zaragoza, Pue. CP. 72477.

*Autor de correspondencia: aguilard229@gmail.com

Recibido: 27/septiembre/2024

Aceptado: 10/diciembre/2024

RESUMEN

Este es el primer estudio donde se emplean extractos de *Croton ciliatoglandulifer* como posibles biostimulantes en respuestas fisiológicas de modelos vegetales *in vitro*. Como es conocido, las plantas producen de forma natural metabolitos secundarios importantes para la sobrevivencia de las plantas que los producen debido a su participación en las interacciones con el medio ambiente. El objetivo de la presente investigación fue determinar si los extractos de *Croton ciliatoglandulifer* tienen algún efecto bioestimulante en modelos vegetales (*Echinocactus* sp., *Agave marmorata* y *Spathiphyllum* sp.) cultivados *in vitro*, para que eventualmente se puedan generar bioproductos de importancia agrobiotecnológica. Para ello, se obtuvieron tres tipos de extracto a partir de *Croton ciliatoglandulifer*; el método de extracción fue por decocción con etanol, agua y etanol:agua (1:1) como disolventes. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y a una prueba de medias con el Método de la Diferencia Mínima Significativa (DMS, 0.05) para determinar si existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Los resultados mostraron que el extracto acuoso e hidroalcohólico, causan necrosis e inhibición de raíces en los tres modelos vegetales *in vitro*; sin embargo, la longitud de plantas y formación de hojas es favorecida por los

extractos; pero el extracto con etanol causó la muerte de los modelos vegetales después de 21 días de cultivo *in vitro*.

Palabras clave: Agrobiotecnología, Metabolitos, Bioproductos, Extracción.

ABSTRACT

This is the first study where extracts of *Croton ciliatoglandulifer* are used as possible biostimulants in physiological responses of *in vitro* plant models. As known, plants naturally produce secondary metabolites that are important for the plant producer's survival due to their participation in interactions with the environment. The objective of the present investigation was to determine if *Croton ciliatoglandulifer* extracts have any biostimulant effect in plant models (*Echinocactus* sp., *Agave marmorata* and *Spathiphyllum* sp.) grown *in vitro*, so that bioproducts of agrobiotechnological importance can eventually be generated. For this, three types of plant's extract were obtained from *Croton ciliatoglandulifer*; the extraction method was by decoction with ethanol, water and ethanol:water (1:1) as solvents. The data obtained were subjected to an analysis of variance and a test of means with the Least Significant Difference Method (MSD, 0.05) to determine if there are significant differences between the means of the treatments. The results showed that the aqueous and hydroalcoholic extract cause necrosis and inhibition of roots in the three *in vitro* plant models; however, plant length and leaf formation are favored by the extracts; but the ethanol extract caused the death of the plant models after 21 days of *in vitro* culture.

Key words: Agrobiotechnology, Metabolites, Bioproducts, Extraction.

INTRODUCCIÓN

Croton ciliatoglandulifer es una planta que pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, conocida comúnmente como solimán, duraznillo o hierba mala; y crece de forma silvestre en la Mixteca Poblana (Huerta, *et al.*, 2002). Es un arbusto que puede crecer entre 0.5 hasta 2.0 metros de longitud, dependiendo del tipo de suelo; tiene hojas ovadas de 2.0 a 8.0 cm de largo y de 1.0 a 4.0 cm de ancho, redondeadas a subcordadas en la base con el ápice agudo o cuminado; márgenes ciliados con glándulas apicales de 1 a 2 mm de largo en los cilios, estrellado-pubescentes en el haz, estrellado-tomentosas en el envés con 3 a 5 nervios en la base y pecíolos de 1.0 a 3 cm de largo, sin glándulas apicales apareadas. Presenta racimos bisexuales terminales con flores estaminadas, las cuales tienen sépalos valvados, deltoides y pétalos obovados con

receptáculo vellosa. Los frutos son cápsulas de aproximadamente 6 mm de largo, las cuales contienen semillas hinchadas, lisas y ventralmente carinadas (iNaturalistMX, 2024) (Figura 1).

Figura 1. Fotografía del modelo vegetal para la obtención de extractos.



Nota: A) Planta *Croton ciliatoglandulifer* B) Comunidad de *Croton ciliatoglandulifer* en la región de Chietla, Puebla, México. Fuente: elaboración propia.

Esta especie vegetal se encuentra a orilla de los campos de cultivo en la mixteca poblana, en colindancias de terrenos y/o junto a otros matorrales caducifolios. La planta se emplea con fines medicinales, especialmente su savia, utilizada para eliminar mezquinos y verrugas. También se reporta el uso de sus hojas y de la planta completa en el tratamiento de jiones, empacho, heridas, picaduras de alacrán, infecciones oculares, paludismo e infecciones intestinales, posiblemente debido a sus propiedades antisépticas (Xu *et al.*, 2018 y Sánchez-Hernández *et al.*, 2019). Algunos metabolitos de *Croton ciliatoglandulifer* con actividad antibacteriana que han sido identificados son: borneol, α - y β - calacorenos y ácido palmítico (Rodríguez-Martínez, *et al.* 2023). También, se ha reportado que *Croton ciliatoglandulifer* contiene 54.8 % de óxido de cariofileno, 6.3 % de cubenol y 5.7 % de β -cariofileno; donde la función natural y primordial, tanto del óxido de cariofileno como del β -cariofileno, es la de proteger a la planta donde se producen, considerándose metabolitos secundarios antifúngicos e insecticidas naturales. Igualmente, se ha mencionado que contiene cubenol, un sesquiterpenoide que actúa como fitoalexina o compuesto antibiótico, el cual se produce por las plantas como respuesta a un ataque de fitopatógenos y también tiene efecto inhibidor de la alimentación de herbívoros (Dickschat, *et al.*, 2023). Igualmente, contiene isoquinolina, un alcaloide con muchas

actividades biológicas empleado ampliamente en los campos médico y sanitario; el cual tiene efectos antivirales, antitumorales, antidepresivos, antialérgicos y antioxidantes (Bernhoft, 2010). Dada las características de los compuestos químicos reportados en esta planta, es posible que los extractos de *Croton ciliatoglandulifer* puedan tener efectos biocidas y/o microbicidas, e incluso posibles efectos bioestimulantes en la fisiología de modelos vegetales *in vitro*.

Por otra parte, el cultivo *in vitro* es una técnica que permite producir plantas idénticas genéticamente en poco de tiempo; es utilizada para realizar investigaciones porque los medios nutritivos permiten valorar el efecto de diversas sustancias que regulan el crecimiento vegetal mediante activación del metabolismo, la distribución de solutos necesarios para el crecimiento y la fisiología de la planta (Rodríguez-De-la-O, *et al.*, 2007). Un ejemplo de ello son los extractos vegetales, los cuales pueden emplearse para combatir plagas y enfermedades en diferentes cultivos agrícolas; así como estimulantes del desarrollo y crecimiento vegetal (Aguilar-Jiménez *et al.*, 2018; Jasso De Rodríguez *et al.*, 2023). En el caso *Croton ciliatoglandulifer*, se carece de investigaciones sobre el estudio de extractos vegetales como estimulantes del desarrollo y crecimiento de plantas. Sin embargo, ya existen publicaciones sobre la posibilidad de emplear extractos vegetales para favorecer el crecimiento y desarrollo de plantas según lo publicado por Valdez-Marroquín (2022); así como metabolitos secundarios de bajo peso molecular con potencial bioestimulante, aislados a partir de extractos de plantas invasoras del semidesierto mexicano (Rojas-Sánchez, 2010). Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar si los extractos de *Croton ciliatoglandulifer* tiene algún efecto bioestimulante en modelos vegetales (*Echinocactus sp.*, *Agave marmorata* y *Spathiphyllum sp.*) cultivados *in vitro*, y en un futuro poder generar bioproductos de importancia agrobiotecnológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del trabajo experimental

El trabajo experimental fue realizado en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros (UTIM), ubicada en Prolongación Reforma 168, Barrio de Santiago Mihuacán; Izúcar de Matamoros, Puebla. México CP 74420.

Material vegetal

Se emplearon hojas y tallos frescos de plantas *Croton ciliatoglandulifer* recolectadas en el municipio de Chietla, Puebla. El material vegetal de *Croton ciliatoglandulifer* se lavó con detergente y agua destilada; después, se cortaron en fragmentos de 1.0 cm aproximadamente y se sometieron al proceso de extracción.

Así mismo, como modelos vegetales se emplearon plantas *in vitro* de *Echinocactus* sp., *Agave marmorata* y *Spathiphyllum* sp. obtenidos del laboratorio de Biotecnología de la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros.

Obtención de extractos vegetales

Los extractos vegetales a partir de *Croton ciliatoglandulifer*, se obtuvieron por el método de decocción. Para ello, se emplearon tres vasos de precipitados de 200 mL cada uno, a los cuales se les vertieron 50 mL del disolvente correspondiente (agua, etanol 96 ° y agua:etanol en una relación 1:1) y se colocaron en una parrilla de calentamiento con agitación, e inmediatamente se agregaron 2.0 g de material vegetal fresco fragmentado. En seguida se dejó ebulir por cinco minutos y se filtró con ayuda de un embudo de cristal y algodón. Finalmente, se colocaron en recipientes de cristal cubiertos con papel aluminio y se guardaron en el refrigerador a 4 °C para emplearse posteriormente (Aguilar-Jiménez *et al.*, 2015).

Efecto de los extractos de *Croton ciliatoglandulifer* en modelos vegetales *in vitro*

Se empleó el medio de cultivo de Murashige y Skoog (1962) al 100 % de su concentración como medio básico y suplementado sólo con 3.0 % de sacarosa, el cual fue dividido en cuatro partes iguales a la que a cada una se le agregó 20 mL de extracto acuoso, 20 mL de extracto etanólico, 20 mL de extracto hidroalcohólico y 20 mL de agua (control), respectivamente, efectuándose un diseño de tratamientos completamente al azar con arreglo factorial 4x3. En seguida, se aforaron a 100 mL cada tratamiento con agua destilada, se ajustó pH a 7.0 con hidróxido de sodio o con ácido clorhídrico, ambos a una normalidad de 1; en seguida se agregaron 7.0 g/L de agar y una vez fundido, se vertieron 10 mL por tubo de ensayo KIMAX® por tratamiento. Los tubos se cubrieron con tapas de aluminio y se esterilizaron a 121 °C y a 1.2 kg.cm² de presión durante 20 minutos. Finalmente, se sembró un brote de cada modelo vegetal en los tubos de ensayo por tratamiento, se trasladaron al área de incubación con luz artificial fluorescente a temperatura de 28-30 °C durante ocho semanas. Las variables monitoreadas fueron: porcentaje de supervivencia, presencia de necrosis, longitud de plantas, número de raíces y hojas.

Análisis de datos

Se consideraron tres repeticiones por tratamiento tomando un tubo de ensayo como unidad experimental con una planta *in vitro* cada uno. Para analizar los datos de las variables: longitud de planta, número de raíces y número de hojas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de la Diferencia Mínima Significativa ($p=0.05$) para determinar el efecto medio de los tratamientos.

La presencia de necrosis se evaluó cualitativamente a través del sistema no paramétrico de cruces: +++ = presencia abundante, ++ = presencia moderada, + = presencia baja y - = ausencia.

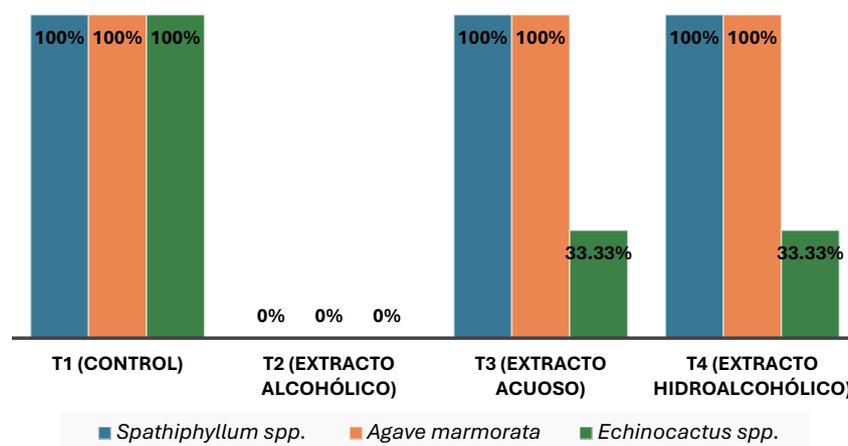
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de supervivencia de modelos vegetales in vitro cultivados en medio MS adicionado con diferente extracto vegetal

Los resultados obtenidos indican que el extracto etanólico de *Croton ciliatoglandulifer* no es benéfico para el cultivo *in vitro* de los modelos vegetales considerados en este trabajo, ya que causaron cero supervivencia de los mismos después de tres semanas de cultivo. También, es posible que esta respuesta se deba al tipo de disolvente en el cual se hayan extraído metabolitos secundarios causantes de la muerte celular, o en su defecto, se hayan extraído en mayor cantidad en ese disolvente y por ello se haya tenido este resultado como menciona Agunloye y Onifade (2020), quienes obtuvieron mayor cantidad de metabolitos a partir de hojas y tallos de *Annona muricata* empleando etanol con respecto a otros disolventes. Así mismo, los resultados no coinciden con Sariñana-Aldaco *et al.* (2021), quienes mencionan haber trabajado plantas de tomate con extracto etanólico obteniendo resultados favorables. Igualmente, Rojas-Sánchez (2010) encontró que los extractos obtenidos con alcohol etílico a partir de nopal (*Opuntia* sp.), tienen efecto fitotóxico cuando fueron evaluados a dosis altas, a diferencia de los extractos obtenidos a partir de hojas de *Senna* spp. con el mismo disolvente, pues a las mismas dosis estos mostraron resultados positivos sin problemas de fitotoxicidad. Sin embargo, se puede pensar que la muerte de las plantas *in vitro* pudo ser causada por el etanol; no obstante, el etanol empleado fue al 20 % (v/v) a diferencia de Sariñana-Aldaco *et al.* (2021), quienes emplearon extracto etanólico de algas pardas al 50 % y aun así no causó daños en plántulas de tomate, al contrario, favoreció las respuestas en las variables evaluadas. Por lo tanto, esto sugiere que la obtención de respuestas favorables o no, no sólo depende del tipo de extracto (disolvente), ya que los metabolitos secundarios extraídos con ese disolvente también varían dependiendo de factores bióticos como abióticos, así como de la especie vegetal. Incluso, su acción biológica también puede ser diferente pudiendo llegar a actuar a nivel celular y molecular, con lo cual, se

pueden desencadenar vías de transducción de señales favorables y/o desfavorables para alguna respuesta fisiológica (Sánchez-de-Jiménez *et al.*, 2004); y como se puede observar en *Echinocactus sp.*, el extracto acuoso e hidroalcohólico también provocaron la muerte de explantes en un 67 % después de 21 días de cultivo (Figura 2). Por lo tanto, es importante realizar estudios minuciosos sobre los metabolitos secundarios que puede tener cada planta, valorarse rigurosamente y determinar su posible empleo agrobiotecnológico. Por otro lado, cuando se empleó etanol como disolvente de extracción, es importante considerar que puede actuar 1) alterando la fluidez de las membranas biológicas, lo que indirectamente afectaría el funcionamiento de las proteínas como enzimas y canales, 2) produciendo una deshidratación a nivel de las membranas e 3) interactuando directamente con las proteínas de la membrana, con lo cual, se pueden provocar diferentes niveles de daños celulares e incluso la apoptosis celular (Elvir-Mairena, 1993).

Figura 2. Porcentaje de modelos vegetales *in vitro* que sobrevivieron a los medios de cultivo con diferente extracto a partir de *Croton ciliatoglandulifer*.



Fuente: elaboración propia.

Presencia de necrosis en modelos vegetales *in vitro* cultivados en medio MS adicionado con diferente extracto vegetal

A las dos semanas de cultivo, el único modelo vegetal que no presentó necrosis en ningún medio de cultivo fue *Echinocactus sp.*, posiblemente por ser una especie vegetal con mayor tolerancia a diferentes condiciones ambientales, ya que las cactáceas desarrollan adaptaciones que les permiten enfrentar condiciones ambientales adversas (Meza-Rangel, *et al.*, 2014). Sin embargo,

al ser especies mayormente adaptadas a condiciones de escasas de agua, las condiciones *in vitro* pueden favorecer la hiperhidricidad de tejidos por alta humedad relativa adentro de los recipientes de cultivo, lo que puede causar daños e incluso, la muerte de las plantas (Rodríguez-De-la-O, *et al.*, 2007) como sucedió en este estudio. No obstante, se puede pensar que no reaccionan fácilmente al estrés metabólico ya que no se observó necrosis ni liberación de sustancias fenólicas en el medio de cultivo, las cuales están relacionadas al estrés en plantas *in vitro* (Rodríguez-De-la-O, *et al.*, 2007) (Cuadro 1). Sin embargo, los extractos acuoso e hidroalcohólico sí causaron necrosis en *Spathiphyllum* sp. y en *Agave marmorata*, posiblemente como reacción fisiológica que tienen las plantas como mecanismo de defensa ante las heridas ocasionadas por el bisturí (Sánchez y Alvarenga, 2014), cuyo nivel de respuesta (necrosis) será mayor o menor dependiendo del modelo vegetal.

Cuadro 1. Presencia de necrosis por efecto de los extractos en modelos vegetales *in vitro*.

Modelo vegetal	Tratamientos			
	Control	Extracto etanólico	Extracto acuoso	Extracto hidroalcohólico
<i>Spathiphyllum</i> sp.	-	-	++	++
<i>Agave marmorata</i>	-	-	+	+
<i>Echinocactus</i> sp.	-	-	-	-

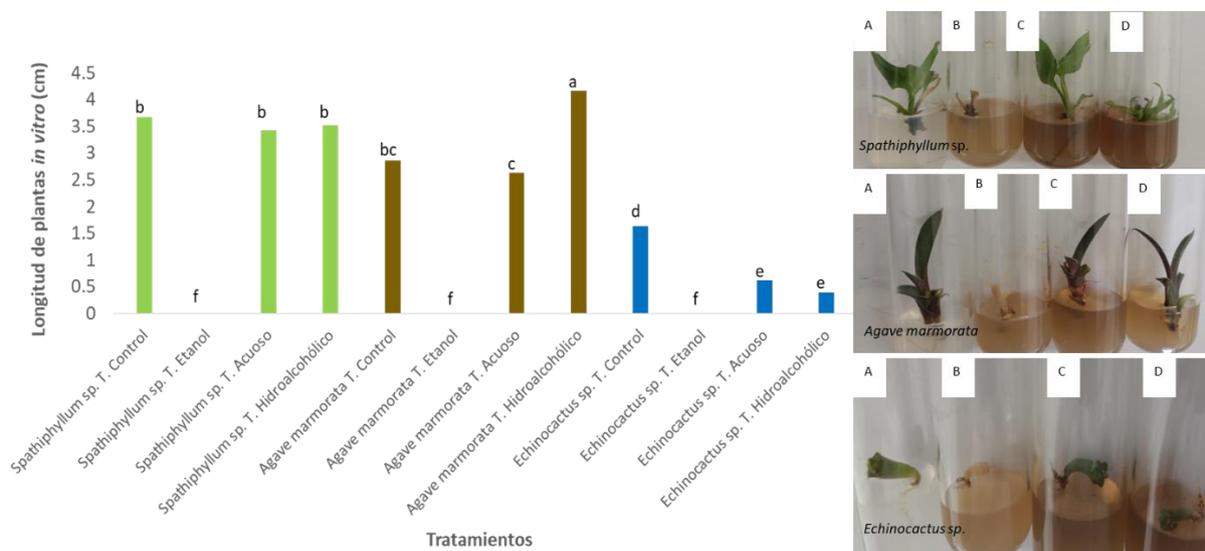
Fuente: elaboración propia.

Efecto fisiológico de los extractos vegetales a partir de Croton ciliatoglandulifer en longitud de brotes, número de raíces y hojas de modelos vegetales in vitro

Los resultados obtenidos indican que dependiendo del modelo vegetal y del extracto a partir de *Croton ciliatoglandulifer*, se puede obtener resultados significativamente diferentes (DMS, 0.05) como es la longitud en *Agave marmorata* mediante extracto hidroalcohólico, e incluso inhibir el crecimiento también de forma significativa (DMS, 0.05) como sucedió en *Echinocactus*, sp. con respecto al control. Sin embargo, en *Spathiphyllum* sp. no hubo respuesta estadísticamente diferente (DMS, 0.05) para longitud con respecto al testigo; esto indica que en estudios posteriores deben considerarse diferentes concentraciones o dosis de los extractos, ya que Blanco-Espinoza, *et al.* (2014) mencionan haber encontrado respuestas significativamente superiores en altura de plantas, la cual estuvo en función del tipo de extracto y dosis aplicada. Así mismo, Valdez-Marroquín (2022) menciona haber evaluado extractos de tres diferentes

plantas (*Sorghum halepense* (L.) Pers. (sorgo de Alepo), *Ruellia nudiflora* (Engelm. & A. Gray) Urb. (petunia mexicana) y *Vachellia farnesiana* (L.) Wright et Arn. (huizache) en dos modelos vegetales (*Quercus virginiana* Mill. (encino) y *Cereus peruvianus* Engelm & Bigelow (cactus monstruoso), encontrando que, en el primer modelo vegetal, el extracto a partir de *Vachellia farnesiana*, fue el que mejor ayudó al diámetro de tallo y número de hojas, mientras que el extracto a partir de *Ruellia nudiflora* fue el que mejor benefició la altura de la planta; y en el modelo vegetal *Cereus peruvianus*, el extracto que mejor favoreció las variables consideradas fue a partir de *Sorghum halepense*. Por lo tanto, estos resultados sugieren que las respuestas fisiológicas en plantas evaluadas dependen del modelo vegetal, de la especie para obtener extractos y del tipo de extracto (Figura 3); y de llevarse estudios más minuciosos y con mayor recurso, pueden generarse nuevos conocimientos que permitan ofrecer alternativas agroecológicas para el sector agrícola.

Figura 1. Efecto de los extractos a partir de *Croton ciliatoglandulifer* en la longitud de los modelos vegetales *in vitro*



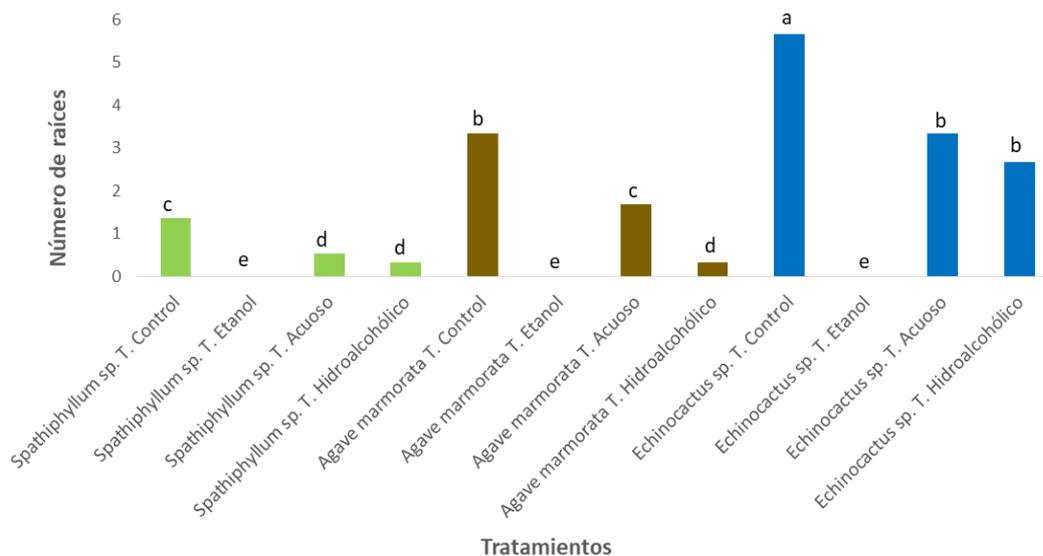
Nota: Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05). A) T1 (Control), B) T2 (extracto etanólico), C) T3 (extracto acuoso), D) T4 (extracto hidroalcohólico).

Fuente: elaboración propia.

Con respecto al número de raíces, en los tres modelos vegetales *in vitro*, el tratamiento control fue mejor significativamente (DMS, 0.05) que los extractos con extractos, resultados que coinciden con Santacruz-Ruvalcaba, *et al.* (1999), quienes publicaron el enraizamiento de brotes *in vitro* de *Agave parrasana* al emplear un medio MS al 100 % sin la necesidad de

reguladores de crecimiento y sin ningún coadyuvante rizogénico. No obstante, vale la pena destacar que, en el tratamiento con extracto acuoso, los tres modelos vegetales presentaron raíces más gruesas y con aparente mayor número de pelos absorbentes; resultados que coinciden con lo mencionado por Rodríguez y Echevarría (2004) con extracto acuoso a partir de gel de *Aloe vera*, e incluso mencionan haber obtenido mejores respuestas que empleando reguladores de crecimiento tradicionalmente usados. Igualmente, algo particularmente interesante de los resultados obtenidos con extractos a partir de *Croton ciliatoglandulifer*, es el efecto inhibitorio que tienen los tres tipos de extractos en la formación de raíz; esto indica que las sustancias presentes en ellos, sí interactúan a nivel celular o posiblemente a nivel molecular con los modelos vegetales considerados (Sánchez-de-Jiménez *et al.*, 2004), e incluso, tal vez incidan en la biosíntesis de otros metabolitos secundarios, responsables o no de la inhibición de raíces, pues es conocido que los metabolitos secundarios pueden tener diversas funciones y aún faltan muchos estudios por realizarse en este tema (Lustre-Sánchez, 2022), que puedan ofrecer otras aplicaciones desde el punto de vista agrobiotecnológico y que no se obtendrían si no es bajo estas condiciones de cultivo (Figura 4).

Figura 2. Efecto de los extractos a partir de *Croton ciliatoglandulifer* en número de raíces de los modelos vegetales *in vitro*.



Nota: Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

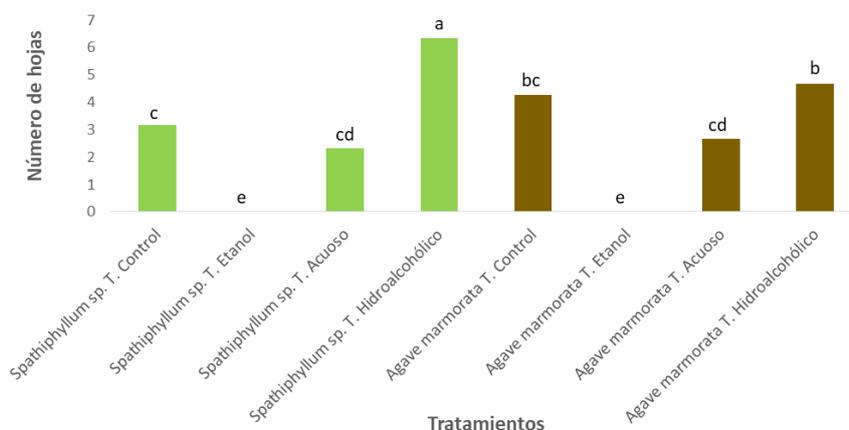
Fuente: elaboración propia.

Número de hojas en modelos vegetales in vitro

El número de hojas en *Spathiphyllum* sp. y *Agave marmorata* estuvo determinado por el tipo de extracto, siendo mejor estadísticamente (DMS, 0.05) el extracto hidroalcohólico con respecto al tratamiento control en *Spathiphyllum* sp., y aun cuando en *Agave marmorata* no hubo diferencia significativa (DMS, 0.05), también es donde visualmente se observó mayor crecimiento. Los resultados obtenidos pueden deberse a la presencia de compuestos fenólicos contenidos en los extractos, ya que estos pueden actuar de manera similar a los reguladores de crecimiento y favorecer el crecimiento o formación foliar (Rojas-Sánchez, 2010). Así mismo, Toaquiza-Aguagallo, *et al.* (2019) mencionan que en el análisis cualitativo del extracto etanólico de la hierba mosquera (*Croton elegans* Kunth), se detectó la presencia de compuestos flavonoides y fenoles; por lo tanto, puede ser que en el extracto hidroalcohólico de *Croton ciliatoglandulifer* también se encontraran esos compuestos ya que son plantas del mismo género; y dichos metabolitos secundarios influyen en el color y crecimiento de las plantas (Lustre-Sánchez, 2022).

Por otra parte, Tanase *et al.* (2013) encontraron que el extracto acuoso de la corteza de *Picea abies*, influyó en el crecimiento de explantes de *Lavandula angustifolia* Mill y aumentó el número de hojas formadas, pero en el caso de *Croton ciliatoglandulifer*, el extracto acuoso pareció tener efecto inhibitorio (Figura 3).

Figura 3. Efecto de los extractos a partir de *Croton ciliatoglandulifer* en número de hojas de los modelos vegetales in vitro.



Nota: Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

Fuente: elaboración propia.

Esto sugiere que los extractos a partir de *Croton ciliatoglandulifer* pueden tener efectos fisiológicos favorables en el crecimiento vegetal, dependiendo del tipo de extracto y modelo vegetal en el cual serán evaluados; así como de la concentración, por lo que sería interesante considerarse en estudios posteriores.

CONCLUSIONES

Se logró obtener extractos vegetales a partir de *Croton ciliatoglandulifer* empleando diferentes disolventes. La supervivencia a los extractos de *Croton ciliatoglandulifer* depende del modelo vegetal después de 21 días de cultivo *in vitro*. Sin embargo, el extracto etanólico causa apoptosis celular en los tres modelos vegetales *in vitro* después de 21 días de cultivo.

La necrosis de tejidos para *Spathiphyllum* sp. y *Agave marmorata in vitro*, es debida a los extractos acuoso e hidroalcohólico, siendo *Spathiphyllum* sp. el modelo vegetal con presencia de necrosis moderada en ambos extractos.

El efecto de los extractos de *Croton ciliatoglandulifer* pueden favorecer o inhibir significativamente la longitud de plantas *in vitro* y hojas, dependiendo del modelo vegetal con relación al control. Los extractos acuoso e hidroalcohólico causan inhibición de raíces en los tres modelos vegetales de manera significativa (DMS, 0.05) con relación al tratamiento control. Finalmente, los resultados obtenidos son bases para desarrollar bioproductos de importancia agrobiotecnológica en un futuro.

REFERENCIAS

- Aguilar-Jiménez, D., Rodríguez-De-la-O, J. L., Reyes-Trejo, B. y Martínez-Solís, J. (2015). Respuestas morfogénicas *in vitro* y caracterización fitoquímica de la *Euphorbia nutans* Lag. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/handle/123456789/1255>.
- Aguilar-Jiménez, D., Rojas-De-Jesús, A. y Pita-Alatorre, M. R. (2018). Aplicación de metabolitos secundarios en forma *cis* y *trans* como bioestimuladores de crecimiento vegetal. Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias, 9(21):1119 -1133.
- Agunloye, O. O. and Onifade, A. K. (2020). *Annona muricata*: Comparative assessment of the antibacterial activities of the leaf and stem extracts against multiple antibiotic resistant clinical isolates. Journal of Advances in Microbiology, 20(5): 12-21. DOI: 10.9734/JAMB/2020/v20i530240.

- Bernhoft, A. (2010). Bioactive compounds in plants – benefits and risks for man and animals. Oslo: The Norwegian Academy of Science and Letters, 2010.
- Blanco-Espinoza, G. G., Linares, B. A., Guédez-Falconete, R. P., Hernández-Fermín, J. B. y Rincón, C. A. (2014). Efecto de diferentes dosis de extractos de plátano sobre el crecimiento de plantas *in vitro* del mismo cultivo en aclimatización. *Agronomía Trop.*, 64(3-4): 173-183.
- Dickschat, J. S., Quan, Z. and Schnakenburg, G. (2023). A Case of Convergent Evolution: The Bacterial Sesquiterpene Synthase for 1-epi-Cubenol from *Nonomuraea coxensis*. *ChemBioChem*, 24(23): e202300581. DOI: 10.1002/cbic.202300581.
- Elvir-Mairena, J. R. (1993). Efecto del etanol sobre las membranas biológicas. *Revista Médica Hondureña*, 61(1): 20-24.
- Huerta, A., López-Olguín, J. F., Aragón, A., Budia, F., Del-Estal, P., Medina, P. y Viñuela, E. (2002). Efecto de un pulverizado y un extracto acuoso de *Croton ciliatoglanduliferus* Ort. (Euphorbiaceae) incorporado a la dieta de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, 28: 405-414.
- iNaturalistMX. 18 Sep. 2024. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/161155-Croton-ciliatoglandulifer>.
- Jasso de Rodríguez, D., Rocha-Rivera, M. F., Ramírez-Rodríguez H., Villarreal-Quintanilla, J. A., Díaz-Jiménez, L. V., Rodríguez-García, R. y Carrillo-Lomelí, D. A. (2023) Extractos de plantas como bioestimulantes de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en pimiento morrón. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2): e3559. DOI: 10.19136/era.a10n2.3559.
- Lustre-Sánchez, Hermes. (2022). Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. *Revista Digital Universitaria (rdu)*, 23(2). DOI: <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.10>.
- Meza-Rangel, E., Tefoya, F., Lindig-Cisneros, R., Sigala-Rodríguez, J. y Pérez, E. (2014). Distribución actual y potencial de las cactáceas *Ferocactus histrix*, *Mammillaria bombycina* y *M. perezdelarosae* en el estado de Aguascalientes, México.
- Murashige, T. y Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 473- 497.
- Rodríguez-De-la-O, J. L., García-Ruiz, J. y Aguilar-Díaz, N. M. (2007). Cultivo *in vitro* de células, tejidos y órganos vegetales. Manual de prácticas. México, Universidad Autónoma Chapingo. ISBN: 968-02-0316-6.

- Rodríguez-González, H. y Hechevarría-Sosa, I. (2004). Efectos estimulantes del crecimiento de extractos acuosos de plantas medicinales y gel de *Aloe vera* (L.) N. L. Burm. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 9(2). pp. 0-0. ISSN 1028-4796.
- Rodríguez-Martínez, R., López-Fitz, D., Rodríguez-de León, E., Campos-Guillén, J., Núñez-Vilchis, A. y Bah, M. (2023). Estudio químico de *Croton ciliatoglandulifer* y su actividad antibacteriana sobre cepas resistentes de *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*. *Rev. Mex. Inv. Prod. Nat.* 1(1): 131-131. Registro: 04-2021-022409460000-01.
- Rojas-Sánchez, E. L. (2010). Efecto de la aplicación de extractos de siete especies vegetales del semidesierto mexicano como reguladores del crecimiento. Repositorio UAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5053>.
- Sánchez-Calvo, L. y Alvarenga-Venutolo, S. (2014). Calogénesis y establecimiento del cultivo de células en suspensión de *Uncaria tomentosa* (Willd.) D.C. (uña de gato). *Tecnología en Marcha*, 28(1): 105-120.
- Sánchez-de-Jiménez, E., Reyes-de-la-Cruz, H. y Aguilar-Caballero, R. G. (2004). Señales celulares en plantas: el novedoso papel de los péptidos. *Revista Ciencia*, 12-19.
- Sánchez-Hernández, G. R., Villa-Ruano, N., Rubio-Rosas, E., Zarate-Reyes, J. A., Cruz-Durán, R. & Lozoya-Gloria, E. (2019). Chemical constituents and anti-fungal activity of the essential oils from *Lantana hirta* and *Croton ciliatoglandulifer*. *Revista Latinoamericana de Química*, 43: 17-24.
- Santacruz-Ruvalcaba, F., Gutiérrez-Pulido, H. y Rodríguez-Garay. B. (1999). Efficient *in vitro* propagation of *Agave parrasana* Berger. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 56(3), 163-167. DOI: 10.1023/A:100623291177.
- Sariñana-Aldaco, O., Benavides-Mendoza, A., Juárez-Maldonado, A., Robledo-Olivo, A., Rodríguez-Jasso, R. M., Preciado-Rangel, P., Gonzalez-Morales, S. (2021). Efecto de extractos de *Sargassum spp.* en el crecimiento y antioxidantes de plántulas de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2): e2814. DOI: 10.19136/era.a8n2.2814.
- Tanase, C., Vantu, S., Popa VI. (2013). "In vitro" effect of some industrial by-products on *Lavandula angustifolia* Mill. explant growth. *Analele Stiintifice ale Universitatii "Alexandru Ioan Cuza" din Iasi Sec. II a. Genetica si Biologie Moleculara* 14: 13-18.
- Toaquiza-Aguagallo, C., Tigse-Moposita, C., Escudero-Vilema, E., Miranda-Barros, A. y Guangasig-Toapanta, V. (2019). Evaluación de la actividad cicatrizante de hierba mosquera (*Croton elegans* Kunth) en ratones (*Mus musculus*). *Perfiles*, 21(1). <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/11188>.

Valdez-Marroquín, M. A. (2022). Potencial bioestimulante de extractos vegetales de bajo peso molecular obtenidos a partir de plantas invasoras. Repositorio Académico Digital UANL, 1-61. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/23918>.

Xu, Wen-Hui, Wei-Yi Liu, and Qian Liang (2018). Chemical Constituents from *Croton* Species and Their Biological Activities. *Molecules*. 23(9): 2333. DOI: 10.3390/molecules23092333.