

Nanopartículas de plata en la desinfección de *Tillandsia usneoides* (Familia: Bromeliaceae) para su micropropagación

Silver nanoparticles in the disinfection of *Tillandsia usneoides* (Family: Bromeliaceae) for its micropropagation

Recepción del artículo: 01/07/2025 • Aceptación para publicación: 24/08/2025 • Publicación: 01/09/2025

Ma. de Jesús Juárez-Hernández¹
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5043-4240>

Edna Fabiola Valdez-Hernández¹
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0663-7024>

Nestor Darvin Verdugo-Méndez¹
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3635-1423>

Román Sánchez-Carrillo¹
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7738-8128>

Ma. Teresa Colinas-de León¹
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2617-5928>

¹Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnía. Texcoco, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia:
ednafvh5@hotmail.com

Resumen

Esta investigación buscó observar el efecto de las nanopartículas de plata como agente desinfectante del heno (*Tillandsia usneoides*) en condiciones *in vitro*, con el fin de obtener explantes inocuos, ya que la colecta desmedida de esta especie también conocido como paxtle o musgo español, aunado a la pérdida de hábitat natural, está poniendo en riesgo las poblaciones silvestres, así como la pérdida de tradiciones, al ser utilizada incluso para ejecutar danzas (México). Se busca identificar alguna técnica para su producción legal o conservación de germoplasma viable, para lo cual se establecieron dos bioensayos, el primero combinando tiempos de inmersión y concentraciones de nanopartículas de plata (ocho tratamientos) y posteriormente combinando los mejores resultados con pre-lavados con dos agroquímicos (20 tratamientos). Los tratamientos en ambos ensayos, lograron obtener explantes inocuos; sin embargo, se observaron daños en los tejidos debido a la oxidación onecrosis. Además, se observó una latencia en la que no se registraron cambios en el explante durante el periodo de desarrollo del experimento. No se presentó organogénesis, salvo una ligera elongación en algunos explantes. No obstante, sería recomendable realizar pruebas adicionales con tiempos de exposición y concentraciones más bajas para optimizar los resultados.

Palabras clave: Bromeliaceae, conservación, tradición, fungicida.

Abstract

This research sought to observe the effect of silver nanoparticles as a disinfectant agent for hay (*Tillandsia usneoides*) under *in vitro* conditions, in order to obtain harmless explants, since the excessive collection of this species, also known as paxtle or Spanish moss, coupled with the loss of natural habitat, is putting wild populations at risk, as well as the loss of traditions, when it is even used to perform dances (México). The aim is to identify a technique for its legal production or conservation of viable germplasm, for which two bioassays were established, the first combining immersion times and concentrations of plant nanoparticles (eight treatments) and subsequently combining the best results with pre-washes with two agrochemicals (20 treatments). The treatments in both assays managed to obtain harmless explants; however, tissue damage due to oxidation or necrosis was observed. Furthermore, a latency was observed, with no changes recorded in the explant during the experimental period. However, no organogenesis occurred, except for slight elongation in some explants. However, additional tests with lower exposure times and concentrations would be advisable to optimize results.

Keywords: Bromeliaceae, conservation, tradition, fungicide.

Introducción

En México, diferentes especies de la familia bromeliaceae se encuentran en riesgo de extinción como consecuencia de la pérdida de la vegetación, ya que más de la tercera parte de los bosques y selvas han sido deforestados (Ricker *et al.*, 2007), aunado a la extracción ilegal (Flores-Palacios y Valencia-Díaz, 2007), entre otras causas. Esta familia incluye 18 géneros que agrupan a 342 especies. En particular, el género *Tillandsia* es el más abundante ya que posee 192 especies, 133 de ellas son endémicas y están ampliamente distribuidas en diversas condiciones ambientales y de vegetación (Espejo-Serna *et al.*, 2004; Espejo-Serna *et al.*, 2007). Por otro lado, el heno (*Tillandsia usneoides*), popularmente llamado "musgo largo", "musgo negro" o "musgo español", es el representante más ampliamente distribuido de la familiatropical y subtropical de la familia Bromeliaceae (Billings, 1904).

Ante este riesgo, una estrategia inmediata es la micropropagación para multiplicar plantas en condiciones estériles, lo que permite obtener un gran número de plantas idénticas genéticamente. Sin embargo, durante las etapas de la micropropagación pueden ocurrir problemas asociados con la contaminación y problemas relacionados con la acumulación de etileno en los recipientes de cultivo (Aragón *et al.*, 2014; Bello-Bello *et al.*, 2021).

En este contexto, las nanopartículas de plata (NPsAg) han demostrado tener propiedades antimicrobianas excepcionales. Las NPsAg tienen las ventajas de poseer un amplio espectro microbida, no generan resistencia antimicrobiana, son fáciles de adquirir, no son tóxicas a concentraciones adecuadas y son económicas en comparación con otros productos. Además, las NPsAg se han utilizado en plantas para inducir la germinación, aumentar el rendimiento de los cultivos y promover el desarrollo de los cultivos *in vitro* (Castro-González *et al.*, 2019; Manh-Cuong *et al.*, 2021; Salama *et al.*, 2021; Spinoso-Castillo *et al.*, 2017).

La desinfección de heno adulto para su micropropagación mediante el uso de nanopartículas de plata es un proceso innovador que combina técnicas de cultivo *in vitro* y nanotecnología para mejorar la producción y la calidad de estas plantas.

Materiales y métodos

Material vegetal

Las plantas fueron donadas por el parque ecoturístico "El Cedral" en la comunidad de San Pablo Izayoc, Texcoco. Estado de México, se conservaron y mantuvieron en condiciones de sombra en los invernaderos de la Universidad Autónoma Chapingo.

Medio de cultivo

Para la preparación del medio de cultivo se empleó la formulación de sales MS (Murashige y Skoog, 1962) marca Phytotechlab® adicionado con sacarosa en una dosis de 30 g L⁻¹, malta 200 mg L⁻¹, adenina 100 mg L⁻¹, Kinetina 2 mg L⁻¹, así como agar-agar (Deiman®) con dosis de 5.5 g L⁻¹. El pH se ajustó a 5.7 ± 0.01 con NaOH o HCl a 1 N antes de someterlos a esterilización dentro de una autoclave a 121 °C y 1.5 kg cm⁻² de presión por 20 minutos.

Técnica de desinfección

Los explantes consistieron en fragmentos de heno (nudos), se lavaron con agua y jabón posteriormente se llevaron a la cámara de flujo laminar para ser inmersos en alcohol al 70 %, por tres minutos, posteriormente se enjuagaron con agua destilada estéril por tres ocasiones, para posteriormente ser sumergidos en cloro comercial al 5 %, durante 20 minutos, para su triple enjuague y posterior aplicación de los tratamientos correspondientes a los bioensayos.

Bioensayo 1

Para esto se utilizaron nanopartículas de la marca Argovit™ (NPsAg) que son elaboradas por VECTOR VITA LTP con sede en Novosibirsk, Rusia e importadas y distribuidas en México por BIOMANG. S.A.P.I.de C.V. con el nombre comercial NAGPET y bajo uso veterinario con registro de la SAGARPA Q-9692-033, Argovit provee una suspensión de NPsAg al 3 %, con vehículo cbp de 1.88 g/100 g de polivinilpirrolidona, vehículo cbp 0.94 g/100g de colágeno hidrolizado, el ingrediente activo correspondiente a la plata metálica fue de 0.18/100g empleando como vehículo 97 mL de agua destilada. El contenido de plata metálica en Argovit se utilizó para calcular las diluciones de NPsAg empleando agua desionizada estéril; las disoluciones resultantes tuvieron las concentraciones a evaluarse, que se muestran en el Cuadro 1, esto con base en las recomendaciones de la literatura consultada. También se utilizó Cloruro de Benzalconio de la marca Antibenzil concentrado®, de farmacéuticos Altamirano de México S.A de C.V.

Cuadro 1. Tratamientos de desinfección a la que fue sometida *Tillandsia usneoides* (Bioensayo 1), para su introducción a micropropagación.

TRATAMIENTO	INGREDIENTE (Concentración por litro)	TIEMPO DE INMERSIÓN (Minutos)
T1	25 mg nanopartículas NPsAG	20
T2	50 mg nanopartículas NPsAG	20
T3	100 mg nanopartículas NPsAG	20
T4	10 ml Cloruro de Benzalconio	20
T5	25 mg nanopartículas NPsAG	40
T6	50 mg nanopartículas NPsAG	40
T7	100 mg nanopartículas NPsAG	40
T8	10ml Cloruro de Benzalconio	40

Bioensayo 2

En este bioensayo se consideraron los cinco mejores resultados de los tratamientos del Bioensayo 1, los cuales tardaron más en presentar contaminación o necrosis, y se realizó un pretratamiento al heno, el cual consistió en sumergir manojos de heno por un minuto en uno de los cuatro pretratamientos, cada tres días por tres ocasiones, previo al establecimiento *in-vitro*. Para ello se utilizaron dos agroquímicos, el Antrak® 50 PH, que es un fungicida agrícola sistémico y de contacto a base de benomilo en polvo humectable y Fungimicyn 100® es una formulación a base de Sulfato de Estreptomicina y Clorhidrato de Oxitetraciclina no estéril. Lo que dio un total de 20 tratamientos al combinar los cuatro pre-lavados y los cinco post-lavados inmersiones (T2, T3, T4, T6 y T8). Incubación. Una vez concluida la siembra todos los tubos de los diferentes tratamientos se mantuvieron en la sala de incubación en condiciones asépticas, a temperatura de 25 ± 2 °C con una exposición lumínica de 16 h de luz a una intensidad $45 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ lo anterior de acuerdo con la metodología de Hernández *et al.* (2018). El Bioensayo 1. Correspondió a un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos (Cuadro 1) con 12 réplicas y cada unidad experimental consistió en un tubo de ensayo con un nudo de heno. El Bioensayo 2. Correspondió a un diseño experimental factorial, donde el factor uno fueron los tratamientos pre-lavados (Cuadro 2) y el factor dos, las cinco inmersiones post-lavado con mejores resultados del Bioensayo 1, cada uno con 11 réplicas y cada unidad experimental consistió en un tubo de ensayo con un nudo de heno. Cada tercer día durante cuatro semanas se evaluó: porcentaje de explantes con contaminación (presencia de

Cuadro 2. Tratamientos aplicados a *Tillandsia usneoides* (Bioensayo 2), combinando pre-lavado y post-lavado de para su establecimiento *in-vitro*.

Tratamiento	Factor 1 (Pre-lavado)	Factor 2 (Post-lavado)
	Dosis-Producto	Dosis-Producto/tiempo inmersión
A-1	1mg.L ⁻¹ Antrak®	50 mg nanopartículas NPsAG / 20min
A-2	1mg.L ⁻¹ Antrak®	100 mg nanopartículas NPsAG /20 min
A-3	1mg.L ⁻¹ Antrak®	10ml Cloruro de Benzalconio/20 min
A-4	1mg.L ⁻¹ Antrak®	50 mg nanopartículas NPsAG /40 min
A-5	1mg.L ⁻¹ Antrak®	10ml Cloruro de Benzalconio/40min
F-1	1mg.L ⁻¹ Fungimicyn®	50 mg nanopartículas NPsAG / 20min
F-2	1mg.L ⁻¹ Fungimicyn®	100 mg nanopartículas NPsAG /20 min
F-3	1mg.L ⁻¹ Fungimicyn®	10ml Cloruro de Benzalconio/20 min
F-4	1mg.L ⁻¹ Fungimicyn®	50 mg nanopartículas NPsAG /40 min
F-5	1mg.L ⁻¹ Fungimicyn®	10ml Cloruro de Benzalconio/40min
C-1	Combinación	50 mg nanopartículas NPsAG / 20min
C-2	Combinación	100 mg nanopartículas NPsAG /20 min
C-3	Combinación	10ml Cloruro de Benzalconio/20 min
C-4	Combinación	50 mg nanopartículas NPsAG /40 min
C-5	Combinación	10ml Cloruro de Benzalconio/40min
Tg-1	Testigo	50 mg nanopartículas NPsAG / 20min
Tg-2	Testigo	100 mg nanopartículas NPsAG /20 min
Tg-3	Testigo	10ml Cloruro de Benzalconio/20 min
Tg-4	Testigo	50 mg nanopartículas NPsAG /40 min
Tg-5	Testigo	10ml Cloruro de Benzalconio/40min

hongos o bacterias); porcentaje de oxidación o necrosamiento (cambio de coloración); organogénesis o callogénesis (división

celularo crecimiento) y porcentaje de supervivencia. Análisis estadístico. Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza ANOVA; al no observarse diferencias significativas se procedió a un análisis descriptivo.

Resultados

Bioensayo 1. Contaminación

Se observó la mayor contaminación al tercer día de establecimiento (DDE), siendo ésta en general de casi el 60 %, presentándose en cinco de los tratamientos, para la observación tres y seis la contaminación se continuó presentando en el T1 (25 mg por 20 minutos). Para las observaciones 10 y 11 ya no se observaron explantes contaminados. Como puede observarse en la Figura 1, la tendencia en contaminación no fue homogénea, ya que en algunas observaciones se presentaba contaminación en un tratamiento y en otro no, alternadamente, lo que descarta contaminación por manejo, a partir de los 20 DDE, se estabilizó la contaminación, aunque existieron pérdidas por otro factor. Oxidación o necrosis. En este punto, el mayor porcentaje se presentó en el T7 (100 mg de nanopartículas/40 minutos) y en pequeña escala en el T3 (100 mg /20 minutos), la oxidación se presentó a los 15 DDE (Figura 2), por lo que, una vez superada la etapa de contaminación, se observó la oxidación de explantes, la cual iniciaba en la superficie de corte y descendió por todo el explante, dando un color cafésoso a éste.

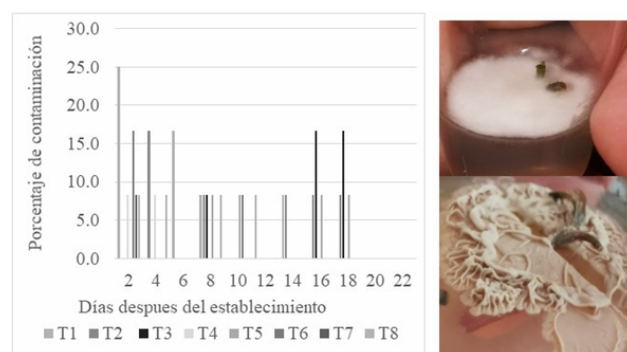


Figura 1. Contaminación observada durante el Bioensayo 1, al evaluar diferentes concentraciones y tiempos de inmersión de explantes de *Tillandsia usneoides* a nanopartículas de plata.

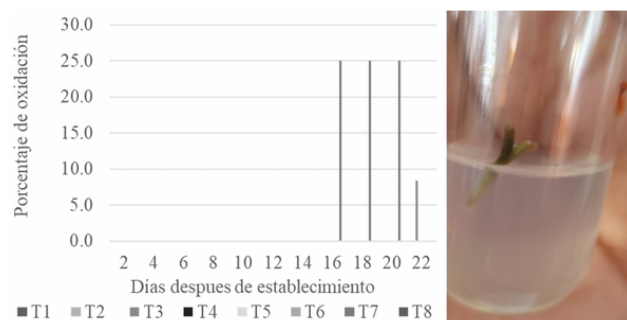


Figura 2. Oxidación/necrosis observada durante el Bioensayo 1, evaluando diferentes concentraciones y tiempos de inmersión de explantes de *Tillandsia usneoides* a nanopartículas de plata.

Elongación

Durante el bioensayo1, no se observó organogénesis, ni formación de callo, solo en algunos tratamientos, solo se observó una mínima elongación (1mm) en algunas fracciones de nudo, lo que es de resaltar que sólo se observó en los tratamientos con inmersiones por 20 minutos, y en la dosis mínima de plata por 40 minutos (Figura3).

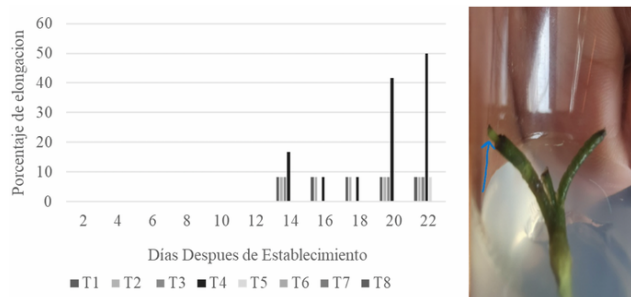


Figura 3. Presencia de elongación de explantes observado durante el Bioensayo1, evaluando diferentes concentraciones y tiempos de inmersión de explantes de *Tillandsia usneoides* a nanopartículas de plata.

Bioensayo 2. Contaminación

Nuevamente se observó la presencia de contaminación principalmente por hongos, similares a los encontrados en el bioensayo 1, como se observa en la Figura4, continuó mermando el número de explantes a lo largo del experimento. Durante las observaciones 16 y 22 no se observaron explantes con contaminación, sin embargo, posteriormente se notó la reincidencia de contaminación tanto por hongos como por posibles bacterias. A pesar de la presencia de contaminación, fue menor el porcentaje comparado con el Bioensayo 1, se esperaba que la interacción de pre-lavados y post-lavados disminuyeran aún más la contaminación.

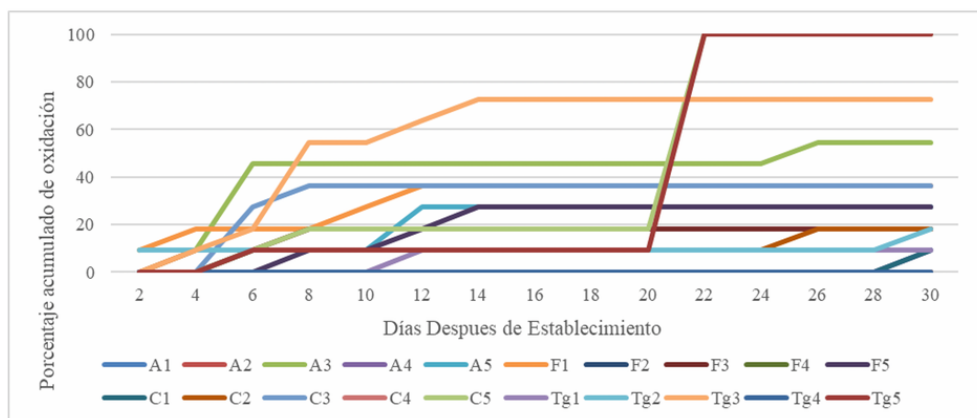


Figura 4. Porcentaje acumulado de contaminación observado durante el Bioensayo 2, con explantes de *Tillandsia usneoides* evaluando la combinación de pre-lavados donde A: Antrax® 1mg.L⁻¹, F: Fungimycin® 1mg.L⁻¹, C la combinación de A+F y Tg: testigo; y post-lavados donde 1: 50 mg (NPs)/20min, 2: 100 mg nanopartículas de plata/20min, 3: 10ml Cloruro de Benzalconio/20min, 4: 50mg de (NPs)/40min y el número 5: 10ml de Cloruro de Benzalconio/40min.

Oxidación

Como se puede observar en la Figura 5, la oxidación continuó en algunos tratamientos, lo interesante fue que en un período dejó de aparecer para después reaparecer. Esto es visible entre las observaciones 18 y 24, aunque se reactiva y con altos porcentajes en algunos tratamientos.

Elongación

En este trabajo, se esperaba observar la formación de callo o el desarrollo de la planta (crecimiento de ramificaciones o raíces). No obstante, únicamente se detectó una ligera elongación en algunos ejemplares (Figura 3), la cual fue inferior a 1 mm.

Supervivencia

Como se puede observar en la figura 7, la mayor supervivencia se presentó en el tratamiento C1 con un 90 %, seguido con más del 70 % por el A1, A5, F5, C5, y Tg1, y los más bajos fueron el F1, C4 y Tg3 con menos del 30 %. Al analizar los pre-lavados y post-lavados por separado se observa una supervivencia mayor al 40 %. Sin embargo, la calidad de la planta, con el paso del tiempo no fue la idónea para la generación de respuestas. Lo que podría indicar una latencia o muerte del tejido. Y debido a que el heno tiene un desarrollo complejo que impide observar a simple vista el estatus de vida, dificulta su análisis a través de un tubo de ensayo. Ya que es una especie que puede sobrevivir de manera natural, largas temporadas en aparente latencia y “reverdecir o generar nuevos brotes”.

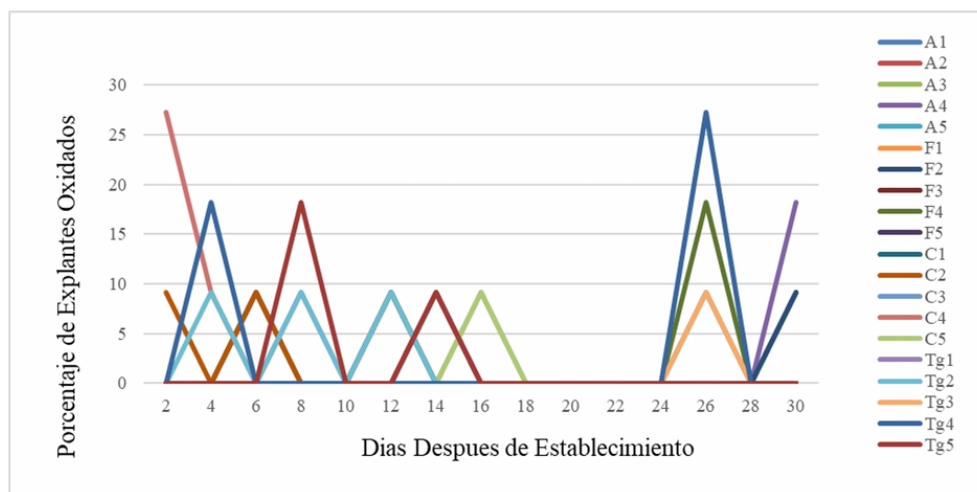


Figura 5. Porcentaje de oxidación observado durante el Bioensayo 2 con explantes de *Tillandsia usneoides* evaluando la combinación de: pre-lavados donde A: Antrax® 1mg.L⁻¹, F:Fungimicyn® 1mg.L⁻¹, C la combinación de A+F y Tg: testigo; y post-lavados donde 1: 50 mg (NPs)/20min, 2: 100 mg nanopartículas de plata/20min, 3: 10ml Cloruro de Benzalconio/20min, 4: 50mg de (NPs)/40min y el número 5: 10ml de Cloruro de Benzalconio/40min.

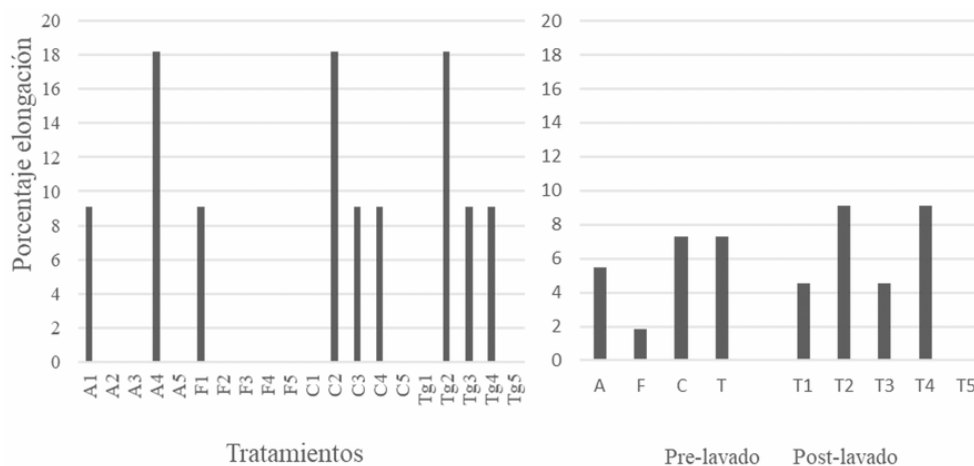


Figura 6. Porcentaje de explantes que presentaron elongación en el Bioensayo2, evaluando pre-lavados y post-lavados a explantes de *Tillandsia usneoides* con nanopartículas de plata.

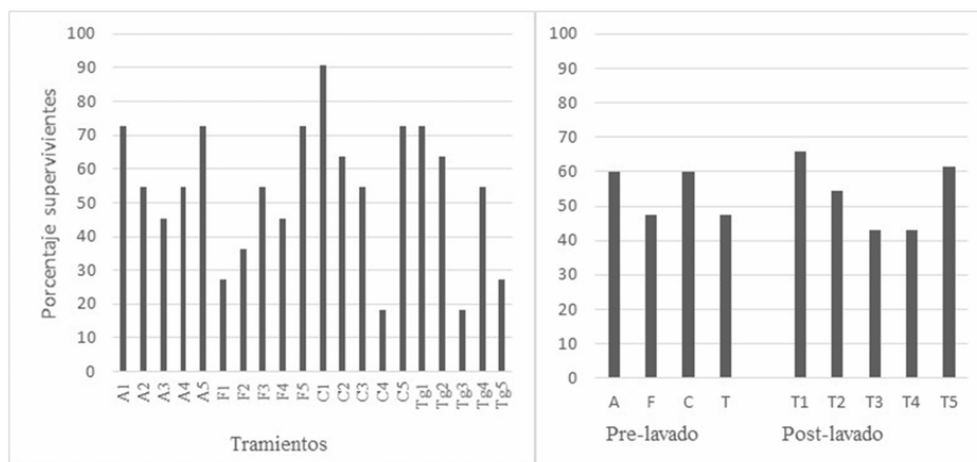


Figura 7. Porcentaje de supervivencia observado durante el Bioensayo 2, evaluando la combinación de pre-lavados y post-lavados a explantes de *Tillandsia usneoides* a nanopartículas de plata.

Discusión

Tal como lo mencionan Hernández y González (2010), la contaminación microbiana en la micropropagación de especies vegetales genera enormes pérdidas tanto para los trabajos de investigación como a nivel comercial, siendo así una de las problemáticas dentro de esta área, sin embargo, los hongos, los virus, fitoplasmas e incluso algunos artrópodos son otros organismos que se asocian a la contaminación de cultivos *in vitro*, siendo como lo podemos ver en esta especie, muy probable que estos contaminantes sean de origen sistémico, pues aun siendo sometidas a pre-lavados y post-lavados se continuo observando el problema. La presencia de contaminación, en el bioensayo 2, fue menor y se esperaba que la interacción de pre-lavados y post-lavados disminuyeran aún más la contaminación, quizás como lo realizado por Álvarez-Carvajal *et al.*, (2020) quienes demostraron que nanopartículas de plata (AgNP) estabilizadas con quitosano fueron significativamente efectivas para reducir la gravedad e inhibir el crecimiento micelial de *F. oxysporum* en plántulas de tomate hasta en más del 70 %, lo que podría ser una alternativa más a probar con esta especie, ya que en esa ocasión se utilizó solo las nanopartículas y en diversas concentraciones y tiempos de inmersión.

Debido a que las mayores oxidaciones se observaron en las concentraciones de 100 mg de nanopartículas, se descartaron para posteriores usos en el Bioensayo 2, dicha necrosis coincide con lo reportado con Vázquez-Flores *et al.* (2023), para la también bromelia, pero en semilla *T. ionantha*, en cuanto al daño de los explantes sometidos a altas concentraciones de nanopartículas de plata. Aunque el objetivo de este trabajo fue demostrar la implementación de las nanopartículas en el cultivo *in vitro* por su capacidad de eliminar contaminación por hongos, bacterias y virus sin dañar el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Bello y Spinoso, 2023), poco se conoce de su influencia en la oxidación o necrosis de los explantes, como lo expresaron también Lujan-Santiago *et al* (2023), al germinar semillas de Heno.

Aunque no se presentó organogénesis, salvo una pequeña elongación, se esperaba que tuviera una relación con el hecho de que diversas nanopartículas (NPs) han sido estudiadas principalmente por su capacidad antimicrobiana y anticancerígena, pero más recientemente se ha destacado su potencial como promotores del crecimiento tanto *in vivo* como *in vitro*, esto debido a que su tamaño nanométrico les permite interactuar con los diferentes tejidos de la planta, siendo transportadas a través del xilema y/o floema, y alcanzando todos los tejidos para interactuar directamente con las células vegetales (Pérez-Labrada *et al.*, 2020); sin embargo, como se mencionó en este estudio fue mínima su influencia y no se observó tendencia significativa en su efecto,

aunque sí se vio en tres de los cuatro lavados con 50 mg de nanopartículas/40 min y en dos de cuatro con lavado con 100 mg de nanopartículas/20 min y ninguno se presentó los lavados con Benzalconio/40min.

Conclusiones

Los tratamientos a los que fue sometido el heno resultaron en una disminución de la contaminación, sin embargo, en algunos casos provocó el daño de los tejidos al presentarse la oxidación o necrosis de algunos de éstos, además de una latencia que no generó cambio alguno en el explante durante el periodo en el que se desarrolló este experimento, se podrían realizar otras pruebas con menores tiempos y concentraciones con el fin de explorar mejores resultados.

Literatura citada

- Alvarez-Carvajal, F., Gonzalez-Soto, T., Armenta-Calderón, A. D., Méndez Ibarra, R., Esquer-Miranda, E., Juárez, J., y Encinas-Basurto, D. (2020). Silver nanoparticles coated with chitosan against *Fusarium oxysporum* causing the tomato wilt. *Biotecnia*, 22(3), 73-80. <https://biotecnia.unison.mx>
- Aragón, C. E., González-Olmedo, J., Escalona, M., Carvalho, L., y Amancio, S. (2014). Comparison of plantain plantlets propagated in temporary immersion bioreactors and gelled medium during in-vitro growth and acclimatization. *Biol Plant*, 58, 29–38.
- Bello-Bello, J. J., y Spinoso-Castillo, J. L. (2023). Utilización de nanopartículas de plata en la micropropagación de plantas. *Mundo Nano*, 16, 1–14.
- Bello-Bello, J. J., Schettino-Salomón, S., Ortega-Espinoza, J., y Spinoso-Castillo, J. L. (2021). A temporary rary immersion system for mass micropropagation of pitahaya (*Hylocereus undatus*). *3 Biotech*, 11, 3–8.
- Billings, F. (1904). A Study of *Tillandsia usneoides*. *Botanical Gazette*, 38, 99–121.
- Castro-González, C. G., Sánchez-Segura, L., Gómez-Merino, F. C., y Bello-Bello, J. J. (2019). Exposure of stevia (*Stevia rebaudiana* B) to silver nanoparticles *in vitro*: transport and accumulation. *Scientific Reports*, 10.
- Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A. R., Martínez-Correa, N., & Pulido-Esparza, V. A. (2007). Bromelias flora de Oaxaca, México: richness and distribution. *Acta Bot. Mex.*, 81, 71–147.
- Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A. R., Ramírez-Morillo, I., Holst, B. K., Luther, H. E., y Walter, T. (2004). Checklist of Mexican Bromeliaceae with Notes on Species Distribution and Levels of Endemism. *Selbyana*, 25(1), 33–86. <https://www.jstor.org/stable/41760147?seq=1&cid=pdf->
- Flores-Palacios, A., y Valencia-Díaz, S. (2007). Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biol. Conserv*, 136, 372–387.
- Hernández M., E. Rangel E., S. E., López P., Ma. C. G., Guerrero H., A., Ortiz G., G., y Martínez B., L. (2018). Germinación, viabilidad y regeneración *in vitro* de plantas de *Vriesea heliconioides* (Kunth) Hook. ex Walp. *Revista fitotecnica mexicana*, 41(2), 99–106. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.99-106>
- Luján-Santiago, V., Valdez-Hernández, E. F., Juárez-Hernández, M. de J., Sánchez-Carrillo, R., y Vázquez-Flores, X. (2024). Evaluación de tratamientos pregerminativos de heno (*Tillandsia usneoides* L.) en condiciones *in vitro*. *e-Cucba*, 11(21), 189–194. <https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi21.337>
- Manh-Cuong, D., Cong Du, P., y Tung, H. T. (2021). Silver nanoparticles as an effective stimulant in micropropagation of *Panax vietnamensis* a valuable medicinal plant. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*.
- Pérez-Labrada, F., y Hernández-Hernández, H., López-Pérez, M., González-Morales, S., y Benavides-Mendoza, A. (2020). Nanoparticles in plants: morphophysiological, biochemical, and molecular responses. 10.1016/B978-0-12-818204-8.00016-3.
- Ricker M, Ramírez-Krauss, I., Ibarra-Manríquez, G., Martínez, E., Ramos, C., González-Medellín, G., Palacio-Prieto, J. L., y Hernández, H. M. (2007). Optimizing conservation of forest diversity: a country-wide approach in Mexico. *Biodivers Conserv*, 16, 1927–1957.
- Salama, D. M., Abd El-Aziz, M. E., Rizk, F. A., y Abd Elwahed, M. S. A. (2021). Applications of nanotechnology on vegetable crops. *Chemosphere*.
- Spinoso-Castillo, J. L., Chávez-Santoscoy, R. A., Bogdanchikova, N., Pérez-Sato, J. A., Morales-Ramos, V., y Bello-Bello, J. J. (2017). Antimicrobial and hormetic effects of silver nanoparticles on *in vitro* regeneration of vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) using a temporary immersion system. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 129, 195–207.
- Vázquez-Flores X., Valdez-Hernández E.F., Mata-Alejandro H y Castañeda-Chávez M.R. (2023). Uso de nanopartículas de plata para desinfección de semillas de *Tillandsia ionantha* PLANCH. *in vitro*. En: López-Vázquez, Tosquy-Valle, Peralta-Antonio, Rebolledo-García y Capetillo Burela. Ciencia y tecnología para un campo productivo y sustentable. INIFAP :2395-2402