

Short Note [Nota Corta]



EFECTO DE 6-BENCILAMINOPURINA EN DOS ESPECIES DE AGAVE COMO ESTRATEGIA DE PROPAGACIÓN EN UN SISTEMA SEMIHIDROPÓNICO †

[EFFECT OF 6-BENZYLAMINOPURINE ON TWO AGAVE SPECIES AS A PROPAGATION STRATEGY IN A SEMI-HYDROPONIC SYSTEM]

Carlos Castañeda-Cervantes and Amaury Martín Arzate-Fernández*

Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), Carretera Toluca-Ixtlahuaca Km 11.5, Municipio Toluca, C.P. 50200. Estado de México, México. Email: amaury1963@yahoo.com.mx

*Corresponding author

SUMMARY

Background. Agaves have an important agroindustrial value, however, farmers share limitations such as the long processes required by the plant to reach its reproductive stage, these species are able to propagate asexually through adventitious shoots. There are efficient techniques using synthetic growth regulators to enhance plant metabolism. 6-benzylaminopurine (6-BAP) is an exogenous cytokinin that mainly stimulates the proliferation of shoots and accelerates plant growth. **Objective:** To evaluate the effect on asexual propagation and plant growth of supplying 6-BAP directly to the pseudostem in *Agave salmiana* and *A. angustifolia* plants established in a semi-hydroponic system under greenhouse conditions. **Methodology:** In the present work, 6-BAP was supplied directly to the pseudostem of 8-month-old seedlings using the injection method in two agave genotypes established under a semihydroponic system and greenhouse conditions, and its effect on the proliferation of shoots and plant development was evaluated. Different concentrations of 6-BAP were evaluated in a single application and 6 months later the number of shoots per plant, the number of leaves, the length of the longest root, the diameter of the pseudostem, the dry weight and fresh weight of the leaves and roots were recorded. **Results:** The treatments evaluated with 6-BAP produced a greater number of shoots in contrast to the control, in addition, mechanical damage and a decrease in growth and biomass were observed in plants treated with a high concentration of cytokinin. The exogenous cytokinin 6-BAP has the ability to increase shoot production per plant and accelerate propagation processes in agave. **Implications:** This study can enhance sustainable mass propagation processes, enabling faster production of plantlets while minimizing water and space costs. **Conclusion:** The results of this research open the possibilities to use both 6-BAP and the injection technique and make propagation protocols more efficient in agave species.

Key words: cytokinin; shoots; maguey pulquero; maguey espadín; proliferation.

RESUMEN

Antecedentes: Los agaves presentan un importante valor agroindustrial, sin embargo, los agricultores comparten limitantes como largos procesos que requiere la planta para llegar a su etapa reproductiva, estas especies son capaces de propagarse de manera asexual mediante brotes adventicios. Existen técnicas eficientes utilizando reguladores de crecimiento sintéticos para potenciar el metabolismo de la planta, la 6-bencilaminopurina (6-BAP) es una citocinina exógena que principalmente estimula la proliferación de hijuelos y acelera el crecimiento en las plantas. **Objetivo:** Evaluar el efecto en la propagación asexual y en el crecimiento de la planta al suministrar 6-BAP directamente al pseudotallo en plantas de *Agave salmiana* y *A. angustifolia* establecidas en un sistema semihidropónico en condiciones de invernadero. **Metodología:** En el presente trabajo se suministró 6-BAP directamente al pseudotallo de plántulas de 8 meses de edad utilizando el método de inyección en dos genotipos de agave establecidos bajo un sistema semihidropónico y condiciones de invernadero, se evaluó su efecto en la proliferación de hijuelos y desarrollo de la planta. Se evaluaron diferentes concentraciones de 6-BAP en una sola aplicación y 6 meses después se registró el número de hijuelos por planta, el número de pencas, la longitud de la raíz más larga, el diámetro del pseudotallo, el peso seco y peso fresco de las pencas y raíces. **Resultados:** Los tratamientos evaluados con 6-BAP produjeron mayor

† Submitted August 31, 2024 – Accepted June 16, 2025. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5812>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = C. Castañeda-Cervantes <http://orcid.org/0009-0005-7820-6257>; A.M. Arzate-Fernández <http://orcid.org/0000-0001-8603-0099>

cantidad de hijuelos en contraste con el testigo, además se observaron daños mecánicos y disminución en el crecimiento y la biomasa en las plantas del tratamiento con una alta concentración de citoquinina. La citocinina exógena 6-BAP tiene la capacidad para aumentar la producción de brotes por planta y acelerar los procesos de propagación en el agave.

Implicaciones: Es posible mejorar los procesos de propagación masiva de manera sustentable permitiendo obtener hijuelos en un menor tiempo y reduciendo los gastos de agua y espacio. **Conclusión:** Los resultados de esta investigación abren las posibilidades para utilizar tanto 6-BAP como la técnica de inyección y hacer más eficientes los protocolos de propagación en especies de agave.

Palabras clave: Citoquinina; hijuelos; maguey pulquero; maguey espadín; proliferación.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con el 75% del total de especies de agave que existen en el mundo (García Mendoza, 2007). La materia prima obtenida de este género es destinada a la industria alimentaria, farmacéutica y energética. *Agave salmiana* y *A. angustifolia* son especies que actualmente tienen un gran impacto cultural y un representativo valor comercial en la elaboración de bebidas alcohólicas como son el pulque y el mezcal. Sin embargo, los agricultores dedicados a la producción de planta comparten un obstáculo en los protocolos de propagación de este género debido a un largo ciclo en la etapa vegetativa del cultivo y a la baja efectividad en la fecundación de los órganos reproductivos de la planta como es el caso de *A. angustifolia* (Martínez-Martínez *et al.*, 2023), lo anterior se vuelve una limitante para la obtención de progenie a corto plazo (García Mendoza, 2007). Para estas especies se utilizan métodos convencionales de propagación utilizando los brotes del rizoma que comúnmente son llamados “hijuelos” (Ríos-Ramírez, Rodríguez Ortiz and Ruíz-Luna, 2017). En casos con esta limitante se vuelve importante promover procedimientos mediante el uso de reguladores de crecimiento vegetal para estimular la propagación asexual, aumentando así la tasa de multiplicación mediante la proliferación de hijuelos. La biotecnología ha fabricado reguladores de crecimiento sintéticos que son capaces de imitar el rol de las fitohormonas que existen de manera natural y se han convertido en herramientas que potencializan el crecimiento y la actividad bioquímica (Alcántara *et al.*, 2019). La 6-Bencilaminopurina es una citocinina sintética que tiene una gran importancia económica en la industria de la micropropagación y tiene una gran capacidad para estimular la brotación de nuevas yemas axilares y la neoformación de tallos adventicios (Azcón-Bieto *et al.*, 2013). Se ha implementado una técnica llamada inyección para hacer más eficiente la aplicación de bioestimulantes o nutrientes de manera directa al xilema de la planta (Luaces *et al.*, 2015). Sin embargo, en el género *Agave* no se cuentan con reportes que evalúen el suministro directo de 6-BAP utilizando la técnica de inyección.

Por otro lado, las técnicas de hidroponía facilitan y agilizan la producción de los cultivos al automatizar los riegos y fertilizaciones con sistemas simples, baratos y sustentables (Resh, 2006). El objetivo del

presente trabajo fue evaluar el efecto en la propagación asexual y en el crecimiento de la planta al suministrar 6-BAP directamente al pseudotallo en plantas de *A. salmiana* y *A. angustifolia* establecidas en un sistema semihidropónico en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El experimento dio inicio en Febrero de 2022 en un invernadero del campus universitario “El Cerrillo Piedras Blancas” perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, localizado en Toluca, Estado de México a 19°24'35.66" N, 99°41'25.52" O, en una altitud de 2606 msnm (Google Earth, <http://earth.google.com/>). Se utilizó un DATA LOG GSP-8 para el monitoreo de temperatura y humedad, el cual registró una temperatura promedio de 15.3° C, una máxima de 43.8° C, y una mínima de -2.9° C y una humedad promedio de 75.2% a lo largo del ciclo experimental.

Material vegetal y siembra en almácigos

Se utilizaron semillas de *A. salmiana* (maguey pulquero) y *A. angustifolia* (agave espadín) ambas recolectadas en el Estado de México, México. Para la desinfección de semillas estas se sumergieron en peróxido de hidrógeno al 3% durante 24 horas (Aguilar-Rito *et al.*, 2023). Posteriormente fueron enjuagadas en agua potable y sembradas en almácigos usando una mezcla homogénea de agrolita, peatmoss y fibra de coco en la misma proporción (1:1:1) la cuál fue previamente esterilizada en autoclave. Los almácigos fueron regados de acuerdo a las condiciones ambientales, procurando mantener húmedo el sustrato.

Trasplante y establecimiento en el sistema semihidropónico

Al cumplir un periodo de 3 meses después de la siembra las plantas alcanzaron 5 cm en su penca más larga y fueron transferidas 100 plantas de cada especie a un sistema semihidropónico de tipo NFT (Nutrient Film Technique), para ello se utilizaron vasos de plástico con capacidad de 12Oz, como sustrato se utilizó tepojal previamente tamizado con una malla de 5x5 mm, los parámetros para la nutrición en el depósito

del sistema semihidropónico fueron: solución Steiner (1984) al 50% (Enríquez-del Valle *et al.*, 2009), pH 5.8-6.0 y C.E. 1.5-2.5 dS/m, los riegos se automatizaron de acuerdo a las condiciones ambientales, generalmente un riego diario de 10 a 20 minutos.

Inyección de citocininas al pseudotallo de las plantas

Se utilizó el producto comercial KITIN® de la marca Química Sagal® cuyo único ingrediente activo es 6-BAP al 1.9%. Para cada especie se evaluaron cuatro tratamientos: con 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mL del producto respectivamente. La aplicación de 6-BAP se realizó 5 meses después de haberlas transferido al sistema semihidropónico cuando la mayoría de las plantas alcanzaron 10 cm en su penca más larga, para ello se utilizó una jeringa de 5 mL siguiendo el método utilizado por (Silva-Arero *et al.*, 2022) el cual busca garantizar que el producto agroquímico logre penetrar los vasos del xilema, por ello la inyección se aplicó en un ángulo de entre 45° a 60° en tres diferentes puntos del pseudotallo en cada planta de agave.

Diseño experimental y variables evaluadas

Se utilizó un diseño totalmente aleatorio compuesto por cuatro tratamientos y cinco repeticiones, se tomó registro a los 6 meses después de aplicar la inyección y las variables evaluadas en cada planta fueron: número de brotes, longitud de la raíz más larga, peso seco y fresco de las hojas y de las raíces, diámetro del pseudotallo y número de pencas. Para ello se utilizó cinta métrica y un vernier digital, ambos de la marca Truper®, para la determinación del peso fresco y seco se utilizó una estufa de secado a temperatura constante de 60° y pasadas 72 horas se pesaron las muestras en una báscula analítica de la marca Sartorius®.

Análisis estadístico

Los resultados de cada variable registrada se sometieron a una prueba de ANOVA ($p < 0.05$). Para las variables número de pencas, número de hijuelos, longitud de hojas, longitud de raíz y diámetro de tallo, se evaluaron cinco repeticiones; en el caso de peso seco y peso fresco se tomaron tres repeticiones. Seguido de ello las variables que mostraron diferencias significativas también se analizaron en una prueba de Tukey (≤ 0.05), tomando en cuenta para cada variable cuatro diferentes tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento, en total veinte muestras por especie.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la variable número de hijuelos para *A. salmiana* no se observó diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$), sin embargo, cabe mencionar que, como se

muestra en la tabla 1, el tratamiento en el que se suministró 1.0 mL del producto a base de 6-BAP fue el que obtuvo mayor número de hijuelos (11) seguido del tratamiento con 1.5 mL (8 hijuelos) y del tratamiento con 0.5 mL (6 hijuelos), en el tratamiento sin regulador de crecimiento se obtuvo únicamente un hijuelo a lo largo del periodo experimental, estos datos coinciden con Espinoza *et al.* (2022), quienes reportaron que la producción de plántulas de banano fue mayor en los tratamientos con la aplicación de 6-BAP, con 31% de incremento en comparación al tratamiento testigo, esto podría deberse a que la citocininas están directamente implicadas en la división celular de las plantas (Weaver, 1990), y la incorporación de este regulador a la planta cumple como principal función la activación de la división celular para la obtención de brotes (Bhojwani and Dantu, 2013) (Figura 1).

Tabla 1. Número de hijuelos en *A. salmiana* 6 meses después del suministro de 6-BAP al pseudotallo.

Número de repetición	Concentraciones del producto con 6-BAP (mL)			
	0.0	0.5	1.0	1.5
R1	1	0	0	4
R2	0	0	0	1
R3	0	1	1	1
R4	0	4	4	1
R5	0	1	1	1
Total	1	6	11	8

También se observó que los brotes en las plantas provenían de tres diferentes zonas, en el tratamiento sin 6-BAP el hijuelo proliferó específicamente en la zona radicular en contraste con los demás tratamientos cuyos brotes provenían de las zonas axilares y del plato basal (Figura 2). Por otro lado, *A. angustifolia* no presentó brotes en ninguno de los cuatro tratamientos.

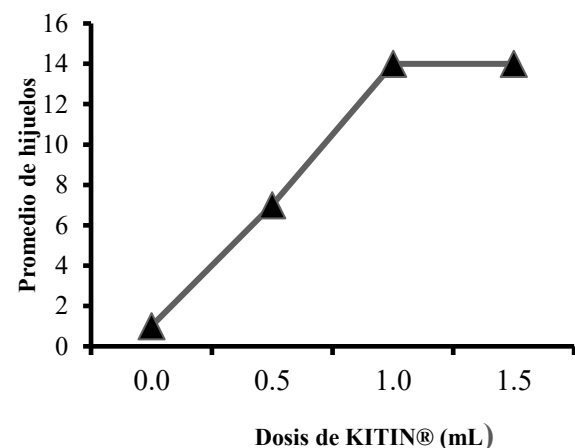


Figura 1. Número en plantas de *A. salmiana* tratadas con 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mL de KITIN®.



Figura 2. Zonas de proliferación de brotes y efecto de 6-BAP en plantas de *A. salmiana* y *A. angustifolia* tratadas con 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mL de KITIN®: a) hijuelos en una planta con 1.5 mL de KITIN®, b) brotación de un hijuelo en la zona basal de planta tratada con 1.0 mL de KITIN®, c) hijuelos en la zona axilar y zona basal de la planta del tratamiento con 1.5 mL de KITIN®, d) hijuelo proveniente de una radícula en una planta del tratamiento testigo e) Marchitez y necrosis en planta de *A. salmiana* con 1.5 mL de KITIN® f) deformación de pencas y marchitez en planta de *A. angustifolia* con 1.5 mL de KITIN®.

Para la variable número de pencas, el análisis mostró que *A. salmiana* tuvo diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre tratamientos, las concentraciones que presentaron mayor producción de hojas fueron el tratamiento con 0.0 y 1.0 mL, mientras que en *A. angustifolia* este factor no fue relevante estadísticamente, así que el 6-BAP no tuvo un efecto favorable en ambas especies; además se pudo observar un fuerte estrés en las plantas tratadas con 6-BAP principalmente en el tratamiento con mayor dosis (1.5 mL), esto se vio reflejado en la deformación de pencas, ablandamiento de los tejidos, necrosis y marchitez.

Se pudo observar que hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) en la variable número de hijuelos con respecto a la zona de proliferación, así como en la zona radicular de *A. salmiana*, comparando las plantas tratadas con el regulador sintético. El tratamiento con mayor concentración de 6-BAP también mostró mayor afectación en el desarrollo de las raíces ya que las plantas más afectadas detuvieron su crecimiento, el tratamiento testigo fue el que presentó en promedio mayor longitud en la raíz más larga (17.8 cm), estos resultados confirman que una sobredosis de citocinina puede inhibir el crecimiento radicular (Miguel Luna *et al.*, 2014). *A. angustifolia* no mostró diferencias

significativas entre las diferentes concentraciones de 6-BAP y la longitud de la raíz más larga (Tabla 2).

Las concentraciones de 6-BAP influyeron directamente en el diámetro del pseudotallo de las plantas al resultar una diferencia altamente significativa ($p<0.01$) en ambas especies, en *A. salmiana* el tratamiento sin citocinina fue el que desarrolló los pseudotallos más gruesos en contraste con la dosis más alta (1.5 mL) la cual tuvo tallos más delgados y estadísticamente fue diferente de los demás tratamientos, el tratamiento con 1.5 mL redujo el

grosor hasta en un 48% seguido del tratamiento con 1.0 mL donde solo se redujo en un 17% y del tratamiento con 0.5 mL el cual solo disminuyó en promedio un 3% respecto del tratamiento control (Tabla 2). Estos datos resultan importantes al tomar en cuenta que el pseudotallo de esta especie es un órgano de gran interés comercial ya que en él se almacenan fructanos que son carbohidratos de reserva de la planta utilizados en la industria de destilados, jarabes y prebióticos en donde la fructosa es el principal compuesto para la producción de estos (Van Arkel *et al.*, 2013; Barajas Ja, Ortiz E and Aguirre Cr, 2018).

Tabla 2. Longitud promedio (cm) de raíz más larga (LRML) y diámetro de pseudotallo (DP) en dos especies de agave. * = significativo ($p<0.05$); ** = altamente significativo ($p<0.01$).

KITIN® (mL)	<i>A. salmiana</i>		<i>A. angustifolia</i>	
	LRML*	DP**	LRML*,**	DP**
0	17.76 a	4.12 a	7.68	2.24 abc
0.5	15.06 ab	3.98 ab	6.96	2.62 a
1	12.16 bc	3.44 abc	7.84	2.44 ab
1.5	6.54 d	2.16 d	6.1	1.42 bcd
s.e.m	4.76	0.05	—	0.07

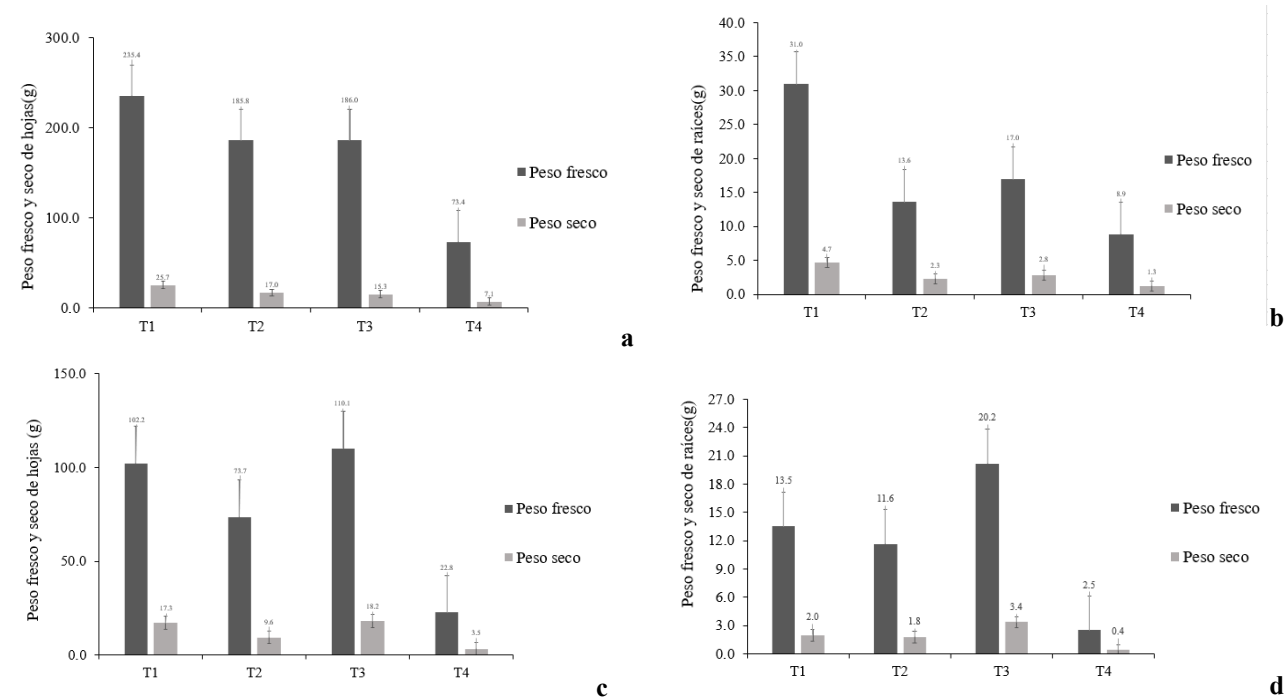


Figura 3. Promedio de peso fresco (PF) y peso seco (PS) de raíces y hojas en *A. salmiana* y *A. angustifolia*, 12 meses después de la siembra. a) PF y PS de hojas de *A. salmiana* b) PF y PS de raíces de *A. salmiana* c) PF y PS de hojas de *A. angustifolia* d) PF y PS de raíces de *A. angustifolia*. Barras de dispersión indican la desviación estándar.

En ambas especies en las variables de peso fresco y peso seco no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, como se muestra en la figura 3 tanto en las pencas como en las raíces con las concentraciones 0.0, 0.5 y 1.0 mL se alcanzaron pesos

promedio similares. Para la variable peso fresco en *A. salmiana* el tratamiento sin citocinina fue el que registró los pesos más altos tanto en las hojas como en raíces, 235.4 g y 31.0 g, respectivamente. Por otro lado, en la especie *A. angustifolia* las plantas con

mayor peso fresco fueron las tratadas con 1.0 mL las cuales presentaron pesos de 110.1 g en hojas y 20.2 g en raíces. La variable peso seco tuvo el mismo comportamiento puesto que en *A. salmiana* el tratamiento control (0.0 mL) resultó el mejor tratamiento en hojas (25.7 g) y raíces (4.7 g) y en *A. angustifolia* al tratamiento cuyas plantas se les suministró 1.0 mL presentaron los valores más altos de peso en hojas (18.2 g) y raíces (3.4 g).

Tanto en peso fresco como en peso seco en las dos especies de agave el tratamiento con mayor concentración del regulador (1.5 mL) fue el más afectado y disminuyó considerablemente tanto en hojas como en raíces respecto de los demás tratamientos, esto demuestra que en ambas especies y en todos los tratamientos el aumento de peso (g) en hojas es proporcional al aumento de peso (g) en la raíz. Por ello, establecer la concentración adecuada de un regulador exógeno en los protocolos de propagación del agave se vuelve clave al querer potenciar la formación de nuevos brotes y el crecimiento adecuado de las plantas ya que el peso fresco y peso seco de la piña se consideran entre los indicadores más relevantes en la acumulación de biomasa en la especie, esto es de gran interés para los productores pues el cosechar plantas con mayor peso eleva las producciones del pulque, del mezcal y de los demás derivados utilizados en la industria (Cruz García *et al.*, 2013; Miguel Luna *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la citocinina exógena 6-BAP potencializa la capacidad en *A. salmiana* para inducir nuevos brotes, también el método de inyección resulta una técnica eficiente para la asimilación de este regulador en el metabolismo vegetal. Una sobredosis de 6-BAP puede ocasionar daños mecánicos e irreversibles para la planta. Es importante establecer dosificaciones adecuadas para cada especie con la finalidad de aumentar el rendimiento en las producciones sin afectar el crecimiento y desarrollo de la planta.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma del Estado de México y a la Facultad de Ciencias Agrícolas por el préstamo de sus instalaciones, también especial agradecimiento a Química Sagal® por haber otorgado el producto agroquímico utilizado en el presente trabajo experimental. Al Dr. Jesús-I. Reyes-Díaz por la revisión del manuscrito y sus aportaciones en la parte estadística.

Funding. This research is part of the project “Production of Agave spp. Plants from an in vitro Germplasm Bank” with code 6624/2022/CIP, funded by the Autonomous University of the State of Mexico.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest associated with the results of this publication, especially with Química Sagal®.

Compliance with ethical standards. The authors declare this research was supervised by the internal bioethics committee of the Autonomous University of the State of Mexico under the authorization of project 6624/CIP.

Data availability: Data is available from the corresponding author upon reasonable request.

Author contribution statement (CRediT). **C. Castañeda-Cervantes** – Conceptualization, Methodology, Software, Research, Resources, Preparation original draft, Review and editing, Project administration, Funding acquisition. **A.M. Arzate-Fernández** – Conceptualization, Validation, Formal analysis, Resources, Data curation, Review and editing, Visualization, Supervision, Funding acquisition.

REFERENCES

- Aguilar-Rito, M.G., Arzate-Fernández, A.M., García-Núñez, H.G. and Norman-Mondragón, T.H., 2023. Establishment of an efficient protocol for in vitro disinfection of seeds of seven *Agave* spp. species. *Revista Mexicana de Fitopatología*, [online] 42(1), pp.5. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2310-1>
- Alcántara Cortes, J.S., Acero Godoy, J., Alcántara Cortes, J.D. and Sanchez Mora, R.M., 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), pp.109–129.
- Azcón Bieto, J. and Talón, M., 2013. *Fundamentos de fisiología vegetal*. Segunda edición ed. Madrid: McGraw-Hill España.
- Barajas Ja, M., Ortiz E, M. and Aguirre Cr, S., 2018. Quick Method for Determination of Fructose-Glucose Ratio in *Agave Syrup*. *Journal of Food Processing & Technology*, [online] 09, pp. 710. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000710>
- Bhojwani, S.S. and Dantu, P.K., 2013. *Plant tissue culture: an introductory text*. New Delhi: Springer.
- Cruz García, H., Enriquez-del Valle, J.R., Velazco, V.A., Ruiz Luna, J., Campos Angeles, G.V. and Aquino García, D.E., 2013. Nutrientes y carbohidratos en plantas de *Agave*

- angustifolia* Haw. y *Agave karwinskii* Zucc. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, pp.1161–1173.
- Enríquez-del Valle, J.R., Velasco, V.A., Campos A., G.V., Hernández-Gallardo, E. and Rodríguez-Mendoza, M.N., 2009. *Agave angustifolia* plants grown with different fertigation doses and organic substrates. *Acta Horticulturae*, 843, pp.49–56. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.843.4>
- Espinoza González, J., Bustamante González, A. and Cedeño García, G., 2022. Efectos del tamaño de cormo y bencilaminopurina sobre la proliferación del plátano en dos ambientes de propagación. *Ciencia y Agricultura*, [online] 19(1), pp.45-60. <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n1.2022.13905>
- García Mendoza, A.J., 2007. Los Agaves de México. *Revista Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 087, pp.14–23.
- Luaces, P.A., Elvira, M.M.Y., Monzón, M.D.C., Jeandet, S.M.M., Ramos, V.A.R.D.S. and Bearzzotti, G.C.M., 2015. Effects of nutritional trunk injections on valencia late orange production. *Cultivos Tropicales*, 36(2), pp. 142-147. [online] <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31938.17608>
- Martínez-Martínez, S.Y., Arzate-Fernández, A.M., Hernández-Solis, M. and Acosta-Villagran, L., 2023. Evaluación del efecto de la putrescina exógena durante la maduración y germinación *in vitro* de embriones somáticos en dos genotipos de agave. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, [online] 26(3), pp.094. <https://doi.org/10.56369/tsaes.4804>
- Miguel Luna, M.E., Enríquez del Valle, J.R., Velasco, V.A., Villegas Aparicio, Y. and Carrillo Rodríguez, J.C., 2014. Concentración de benciladenina, tipo y dosis de carbohidratos en el medio de cultivo para la proliferación de brotes de *Agave americana*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cuyo*, 46(1), pp.97–107.
- Resh, H.M., 2006. *Cultivos hidropónicos: nuevas técnicas de producción ; una guía completa de los métodos actuales de cultivo sin suelo*. 4a ed. Madrid: Mundi-Prensa.
- Ríos-Ramírez, S.D.C., Rodríguez Ortiz, G. and Ruiz-Luna, J., 2017. Benzylaminopurine and indol-3-acetic acid concentrations in in vitro proliferation of *Agave angustifolia* adventitious shoots. *Ciencia e investigación agraria del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca*, 44(3), pp.284–293. <https://doi.org/10.7764/rcia.v44i3.1810>
- Silva-Arero, E.A., Cardona, W.A., Bolaños-Benavides, M.M. and Morales-Orsorio, H., 2022. Inyección de nutrientes: una técnica eficiente para incrementar el rendimiento del cultivo de plátano (Musa AAB. *Agronomía Mesoamericana*, p.48192. <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.48192>
- Van Arkel, J., Sévenier, R., Hakkert, J.C., Bouwmeester, H.J., Koops, A.J. and Van Der Meer, I.M., 2013. Tailor-made fructan synthesis in plants: A review. *Carbohydrate Polymers*, 93(1), pp.48–56. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.02.001>
- Weaver, R.J., 1990. *Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura*. México: Trillas.