

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria**  
**Ingeniería Agronómica**



Proyecto Especial de Graduación  
**Efecto de silicio en micropropagación de camote (*Ipomoea batatas* L.)**

Estudiante

José Rodrigo Wever Urzúa

Asesoras

María Alexandra Bravo, M.Sc.

Cinthya Martínez, MAE

Honduras, junio 2023

**Autoridades**

**SERGIO RODRIGUEZ ROYO**

Rector

**ANA MARGARITA MAIER**

Vicepresidenta y Decana Académica

**CELIA O. TREJO RAMOS**

Directora Departamento Ciencia y Producción Agropecuaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Figuras .....	5
Resumen .....	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y Métodos .....	11
Localización .....	11
Fuente de Material Vegetal .....	11
Establecimiento de Explantes .....	11
Medio de Cultivo.....	11
Tratamientos Evaluados.....	12
Variables Evaluadas .....	12
Diseño Experimental y Análisis Estadístico .....	12
Resultados y Discusión.....	14
Conclusiones .....	18
Recomendaciones.....	19
Referencias.....	20

### Índice de Cuadros

Cuadro 1 Medio de cultivo basal de Murashige y Skoog modificado para la multiplicación in vitro de camote ( <i>Ipomoea batatas</i> L.) .....	12
Cuadro 2 Promedio de número de hojas de camote del subcultivo 8 en etapa de multiplicación in vitro al día 7, 14 y 21 y promedio de explantes con formación de callo al día 21 después de transferencia a medio MS suplementado con Inbiosil. ....	14
Cuadro 3 Promedio de número de hojas de camote del subcultivo 9 en etapa de multiplicación in vitro al día 7, 14 y 21 y promedio de explantes con formación de callo al día 21 después de la transferencia a medio MS suplementado con Inbiosil.....	15
Cuadro 4 Peso de materia fresca y materia seca de los segmentos nodales de camote cultivados in vitro de vitroplantas en subcultivo 8. ....	17
Cuadro 5 Peso de materia fresca y materia seca de los segmentos nodales de camote cultivados in vitro de vitroplantas en subcultivo 9. ....	17

### Índice de Figuras

Figura 1 Segmentos nodales de camote establecidos en medio MS modificado y suplementado con Inbiosil (fuente de silicio) .....	14
Figura 2 Tonalidad y coloración de los callos formados en los segmentos nodales de camote cultivados in vitro. ....	16
Figura 3 Formación de callo en los segmentos nodales de camote cultivados in vitro en medio MS suplementado con Inbiosil a. testigo sin Inbiosil, b. 0.025 mL/L, c. 0.050mL/L, d. 0.100 mL/L. ....	16

### Resumen

La micropropagación se ha convertido en un método de propagación asexual muy demandada debido a que se ha demostrado que este método *in vitro* y las técnicas que se utilizan benefician la propagación masiva, ya que se realiza en un tiempo corto, una manera eficiente y aséptica. En este estudio se evaluó el efecto que tiene el silicio en las vitro plantas de camote cuando es aplicado al medio de cultivo. Se usó como fuente de silicio el Inbiosil y el medio de cultivo con el que se trabajó fue el de Murashige y Skoog (MS). Se realizaron dos experimentos, uno con vitroplantas en subcultivo 8 y otro con vitroplantas en subcultivo 9, en los cuales se evaluó el número de hojas por explante y la presencia y característica del callo formado como la tonalidad y coloración. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos de tres dosis de Inbiosil 0.025 mL/L, 0.050 mL/L, 0.100 mL/L y un tratamiento testigo sin Inbiosil. Los tratamientos que presentaron un mayor número de hojas en el experimento del subcultivo 8 fueron las dosis de 0.050 mL/L y 0.100 mL/L, mientras que en el experimento del subcultivo 9 el tratamiento que obtuvo un mayor número de hojas fue el de 0.050 mL/L. La mayoría de los explantes formaron callo en la zona proximal del segmento nodal y en su mayoría presentaron una coloración transparente y brillante. Se tomó el peso de materia fresca y materia seca de los explantes que se establecieron en un medio de cultivo con Inbiosil, los cuales no presentaron diferencia significativa en ningún tratamiento, excepto los explantes del tratamiento de 0.050 mL/L y 0.100 mL/L del subcultivo 8, que obtuvieron un mayor peso seco.

*Palabras clave:* callo, explantes, *in vitro*, medio de cultivo, silicio.

### Abstract

Micropropagation has become a highly demanded asexual propagation method because it has been shown that this *in vitro* method and the techniques that are used benefit mass propagation, since it is done in a short time, in an efficient and aseptic manner. In this study, the effect of silicon on sweet potato vitroplants was evaluated when applied to the culture medium. Inbiosil was used as a source of silicon and the culture medium used was Murashige and Skoog (MS). Two experiments were carried out, one with vitroplants in subculture 8 and the other with vitrolants in subculture 9, in which the number of leaves per explant and the presence and characteristics of the callus formed as the tonality and coloration. A completely randomized design (CRD) was used with three treatments (0.025 mL/L, 0.050 mL/L, 0.100 mL/L of Inbiosil) and a control treatment without Inbiosil. The treatments that presented a greater number of leaves in the subculture 8 experiment were the doses of 0.050 mL/L and 0.100 mL/L, while in the subculture 9 experiment the treatment that obtained a greater number of leaves was 0.050 mL/L. Most of the explants formed callus in the proximal zone of the nodal segment and most of them presented a transparent and brilliant coloration. The weight of fresh and dry matter of the explants that were established in a culture medium with Inbiosil was taken, which did not present a significant difference in any treatment, except the explants of the 0.050 mL/L and 0.100 mL/L treatment of the subculture 8, which obtained a higher dry weight.

*Keywords:* callus, explants, *in vitro*, medium culture, silicon.

## Introducción

El camote (*Ipomoea batatas* L.) es un tubérculo perteneciente a la familia Convolvulaceae, originario de Centroamérica y Sudamérica, conocido por ser una raíz comestible con un sabor dulce y una cáscara que puede variar su coloración, siendo los colores blancos, amarillo, naranja, morado, rosa y rojizo dependiendo de la variedad del cultivo (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural 2016). Este es un cultivo de fácil propagación. El contenido nutricional del camote lo hace un cultivo sumamente importante debido a que lo convierten en un cultivo de alto valor nutritivo, siendo una alternativa para los países en vía de desarrollo con escasez de alimentos (Vidal et al. 2018).

El mayor productor y consumidor de camote a nivel mundial es China, registrando en el año 2021 una producción de alrededor de 47 millones de toneladas anuales, siendo casi 89 millones de toneladas la producción a nivel mundial (FAO 2021).

Existen cuatro métodos por el cual se puede propagar el camote, los cuales son: por semilla botánica, a partir de sus verdaderas raíces reservantes, por medio de los esquejes de la planta o por micropropagación (CIP 2015). El método por semilla es un método de reproducción sexual, en cambio, los métodos de esquejes y micropropagación son métodos de reproducción asexual. La reproducción asexual es una forma de reproducción en la cual se requiere de un solo organismo sin la necesidad de aparearse con otro organismo debido que a partir de una o varias células se desarrolla otro individuo. Este tipo de reproducción no involucra la unión de células y en ella los individuos se desarrollan para dar otros idénticos a ellos (Costas 2016).

La micropropagación es un método de propagación de cultivos *in vitro*, en el cual el objetivo es obtener clones, es decir, plantas que sean genotípicamente idénticas a la planta madre. Este método suele implementarse para obtener una producción masiva y para producir cultivos que libres de patógenos (Gisbert Doménech y Picó Sirvent 2015).

La propagación *in vitro* de camote, con el objetivo de producir plantas sanas, se realiza por medio de meristemas que son extraídos de la planta madre, debido a que en estos meristemas hay

una alta concentración de auxinas y promueven la división celular, formación de raíces y elongación de los tallos. Una vez se establecen los explantes en el medio de cultivo, estos son multiplicados y luego aclimatadas a alta humedad y luz relativamente baja para luego ser trasplantados a campo.

Los medios de cultivo en la micropropagación están compuestos sales inorgánicas, componentes orgánicos, y agentes gelificantes. El medio de cultivo dependerá del cultivo, el tipo de explante que se utilizará, la vía de regeneración y la etapa en el que se encuentre el cultivo. El medio puede ser modificado con el fin de ajustar o agregar cierta concentración de algunos componentes o antioxidantes con el fin de obtener mejores resultados en el cultivo. En la etapa de establecimiento *in vitro* en algunas especies es necesario agregar antioxidantes al medio de cultivo para evitar la oxidación del medio de cultivo o de los explantes (Murashige 1974). En la micropropagación por medio de organogénesis directa, se busca aumentar formación de brotes de las vitroplantas para incrementar la tasa de multiplicación.

El silicio es un elemento estructural que refuerza la pared celular del cultivo protegiéndolo del ataque de agentes externos (Cultifort 2022). El silicio circula en la planta por medio del xilema, formando una barrera protectora entre la cutícula y la epidermis, lo cual dificulta la entrada de hifas de los hongos y las partes bucales de algunos insectos plaga. Otros beneficios de la aplicación del silicio en los cultivos son que aumenta la productividad, disminuye el efecto de las heladas, disminuye el ataque de enfermedades por hongos y plagas, regula la transpiración, incremento en la formación de fitoalexinas y brinda mayor tolerancia a las tensiones medio ambientales como exceso de frío, calor, sequía, salinidad, toxicidad mineral o deficiencias y permite que la planta obtenga un mejor aprovechamiento del agua del suelo (Inbioma 2021).

El silicio (Si) tiene varios efectos benéficos en distintos cultivos debido a que tiene distintas funciones de carácter estructural y química, desde el punto de vista de la resistencia de la planta a estreses bióticos y abióticos. En cultivos *in vitro* se toman en cuenta distintos factores como la alta concentración de sales, exceso de agua, desbalances de iones, exposición a reguladores de

crecimiento, daños mecánicos y exposición a agentes antimicrobianos, los cuales inducen diferentes tipos de estrés fisiológico que pueden afectar la eficiencia y homogeneidad en micropropagación de plantas (Hernández Pridybailo 2015). El adicionar silicio al medio de cultivo mejora la organogénesis, embriogénesis, crecimiento vegetativo y las características morfológicas, anatómicas y fisiológicas de las plantas. Asimismo, mejora la tolerancia a bajas temperaturas y salinidad, provee protección a las células de la toxicidad de los metales, previene la oxidación por fenoles y reduce la incidencia de hiperhidricidad en varias plantas (Sivanesan y Park 2014).

Hernández Pridybailo (2015) evaluó el efecto de la suplementación de silicio en el medio de cultivo en explantes de bambú (*Dendrocalamus giganteus*). Los resultados mostraron mayor número de brotes en las vitroplantas a las que se les aplicó silicio. Asimismo, se encontraron casos de hiperhidricidad, lo que podría dar indicio de que hay presencia de estrés oxidativo en los explantes. También se ha estudiado el efecto del silicio en las plantas *in vitro* en el cultivo de banano, comprobando que la suplementación de silicio a través de los medios de cultivo incrementa el crecimiento de las vitroplantas (Toala Vera 2022).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del silicio en el desarrollo de las vitroplantas en el cultivo de camote (*Ipomoea batatas* L.).

## Materiales y Métodos

### Localización

El estudio se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos, del Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, situado en el kilómetro 30 carretera a Tegucigalpa Danlí, Valle del Yeguaire, municipio de San Antonio del Oriente, Francisco Morazán, Tegucigalpa, Honduras.

### Fuente de Material Vegetal

Para los experimentos se utilizó segmentos nodales con yemas sin brotar, extraídos de vitroplantas en etapa de multiplicación. Se realizaron dos experimentos, para el primero se usó vitroplantas en subcultivo 8 y para el segundo experimento en subcultivo 9.

### Establecimiento de Explantes

Para el establecimiento *in vitro* se utilizaron domos meristemáticos provenientes de yemas axilares de camote de la variedad Beauregard. Las vitroplantas resultantes de la etapa de establecimiento fueron trasladadas a un medio de multiplicación

### Medio de Cultivo

Se utilizó el medio de cultivo de Murashige y Skoog (MS) modificado para la multiplicación *in vitro* de camote (Cuadro 1). Además, se le adicionó Inbiosil como fuente de silicio. El Inbiosil es un fertilizante compuesto, suspensión concentrada, complejo de fósforo y potasio para aplicación foliar de la casa comercial Inbioma SAS. La fuente de silicio en el Inbiosil es el Dióxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>). El Inbiosil está compuesto por 25.7% de silicio total y el 21.5% es silicio disponible.

De la suspensión concentrada de Inbiosil se tomó 100 mL y se diluyó en 100 mL de agua destilada, se esperó que los sólidos se precipitaran y el líquido sobrenadante se tomó para agregarlo a los medios de cultivo.

Como agente gelificante se utilizó Phytigel® 1.8 g/L. Se colocó 20 mL de medio de cultivo por cada frasco de 100 mL, se cubrió con papel aluminio y se esterilizó en la autoclave a 1 Kg/cm<sup>2</sup> durante

20 minutos a una temperatura de 121°C. Los segmentos nodales permanecieron en el medio de multiplicación durante 21 días.

### Cuadro 1

*Medio de cultivo basal de Murashige y Skoog modificado para la multiplicación in vitro de camote (Ipomoea batatas L.)*

Componentes	Fórmula	Nombre común	mg/L
Macroelementos	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Nitrato de amonio	1650.000
	KNO <sub>3</sub>	Nitrato de potasio	1900.000
	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	Sulfato de magnesio heptahidratado	370.000
	CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	Cloruro de calcio bihidratado	440.000
Microelementos	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fosfato monobásico de potasio	170.000
	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Ácido bórico	6.200
	CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	Cloruro de cobalto hexahidratado	0.025
	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	Sulfato de cobre pentahidratado	0.025
	KI	Yoduro de potasio	0.830
	MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O	Sulfato de manganeso tetrahidratado	22.300
	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	Molibdato de sodio bihidratado	0.250
	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	Sulfato de zinc heptahidratado	8.600
Hierro	FeNa EDTA	Hierro Sodio Etilendiaminotetraacético	50.000
Vitaminas		Inositol	100.000
		Tiamina	1.000
Carbohidratos		Sacarosa	70000.000

*Nota.* Adaptado de Jarret (1991)

### Tratamientos Evaluados

Se evaluaron cuatro tratamientos, tres dosis de Inbiosil a 0.025 mg/L, 0.05 mg/L, 0.1 mg/L y un tratamiento testigo sin Inbiosil.

### Variables Evaluadas

Las variables evaluadas fueron el número de hojas por explante cada siete días hasta el día 21; se evaluó también el desarrollo de callo en los explantes y sus características al día 21. Evaluación de peso fresco y peso seco a 10 vitroplantas de cada tratamiento usando una balanza analítica y horno de secado (60 °C por 3 horas).

### Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos: tres dosis de Inbiosil de 0.025 mL/L, 0.050 mL/L y 0.100 mL/L, y un testigo sin Inbiosil. El experimento se realizó dos veces una vez con vitroplantas en subcultivo 8 y otra vez con vitroplantas en subcultivo 9. El

experimento con las vitroplantas en subcultivo 8 se estableció el 21-25 de marzo 2023, y el experimento con las vitroplantas en subcultivo 9 se estableció el 30 de marzo 2023. En ambos experimentos se realizaron 25 repeticiones por tratamiento, dando un total de 100 unidades experimentales por experimento.

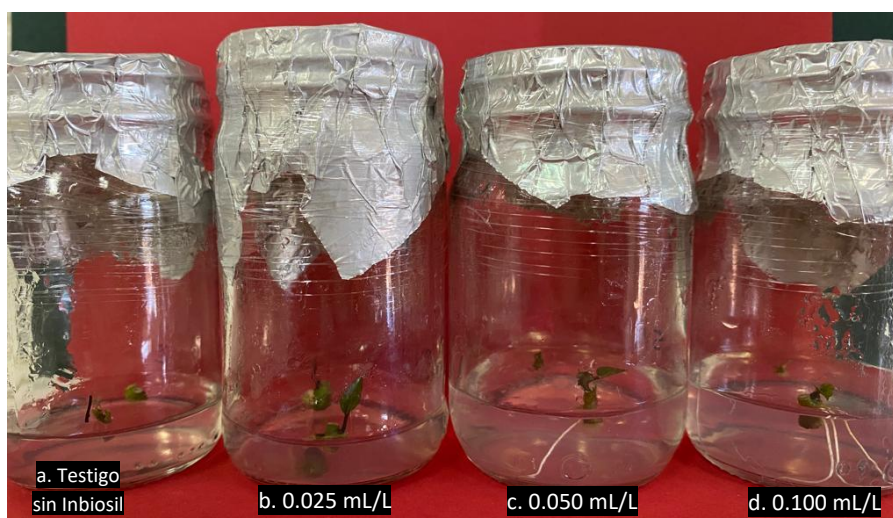
Se realizó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov para comprobar si los datos seguían una distribución normal. Luego se realizó un Análisis de Varianza no paramétrico de Kruskal Wallis con un nivel de significancia ( $p \leq 0.05$ ). Para el análisis se usó el programa estadístico InfoStat (versión 2020).

## Resultados y Discusión

En el experimento con vitroplantas del subcultivo 8 los explantes en los tratamientos de 0.050 mL/L y 0.100 mL/L de Inbiosil suplementado al medio de cultivo presentaron diferencia significativa en la variable número de hojas al día 7, 14 y 21 dando los mejores resultados ( $p < 0.0001$ ) (Figura 1, Cuadro 2).

### Figura 1

*Segmentos nodales de camote establecidos en medio MS modificado y suplementado con Inbiosil (fuente de silicio).*



### Cuadro 2

*Promedio de número de hojas de camote del subcultivo 8 en etapa de multiplicación in vitro al día 7, 14 y 21 y promedio de explantes con formación de callo al día 21 después de transferencia a medio MS suplementado con Inbiosil.*

Tratamiento	Promedio de número de hojas			Callo (%)
	Día 7	Día 14	Día 21	
Testigo	0.70 b	0.91 c	1.25 c	0 a
Inbiosil 0.025mL/L	0.76 ab	0.96 cb	1.52 c	21 b
Inbiosil 0.050 mL/L	0.88 a	1.19 b	2.06 b	67 c
Inbiosil 0.100 mL/L	0.88 a	1.62 a	2.77 a	52 c
P	0.0039	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Coefficiente de Variación (%)	2.18	2.75	5.24	8.53

Los explantes del subcultivo 9 en el tratamiento de 0.050 mL/L presentaron mayor número de hojas a los 7 y 21 días ( $p < 0.05$ ), mientras que en el día 14 los explantes no presentaron diferencia significativa en esta variable en ningún tratamiento (Cuadro 3). Estos resultados concuerdan con los de Hasing (2007) quien aplicó concentraciones de 0.005, 0.050, 0.500 y 5 mL/L de silicio (silicato de potasio) en medios de cultivo para evaluar ciertos parámetros agronómicos, entre ellos el número de hojas, en vitroplantas de banano de las variedades Cavendish y Williams, donde se obtuvo un mayor desarrollo del número de hojas en las plantas que crecieron en medios enriquecidos con silicio en concentraciones de 0.050 mL/L y 0.500 mL/L (Hasing Larreátegui 2007).

### Cuadro 3

*Promedio de número de hojas de camote del subcultivo 9 en etapa de multiplicación in vitro al día 7, 14 y 21 y promedio de explantes con formación de callo al día 21 después de la transferencia a medio MS suplementado con Inbiosil.*

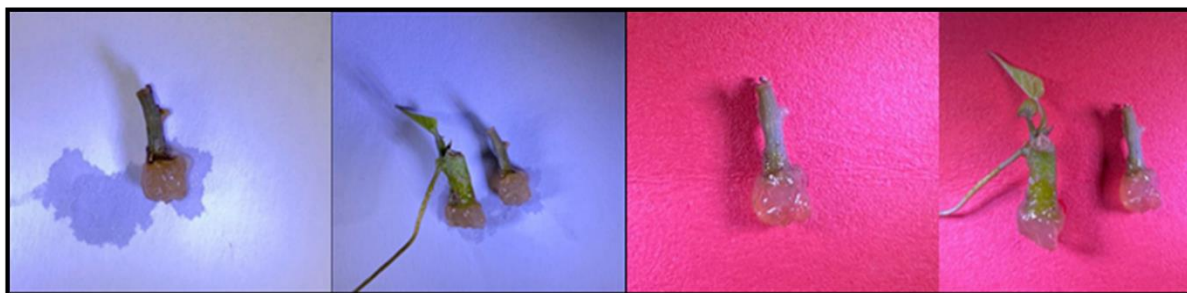
Tratamiento	Promedio de número de hojas			Callo (%)
	Día 7	Día 14	Día 21	
Testigo	0.68 b	1.26	2.50 ab	0 a
Inbiosil 0.025 mL/L	0.88 ab	1.34	2.06 b	88 b
Inbiosil 0.050 mL/L	0.96 a	1.40	2.82 a	96 b
Inbiosil 0.100 mL/L	0.88 ab	1.32	2.16 b	100 b
p	0.0181	0.6605	0.0350	<0.0001
Coeficiente de Variación (%)	2.13	2.81	5.60	5.69

Se observó en los dos experimentos la formación de callo en los tratamientos con Inbiosil. El mayor número de explantes con callo se observó con las dosis más altas de silicio (Cuadros 2 y 3). Al día 21 en su mayoría los callos presentaron coloración transparente y brillante (Figura 2), se observó callos compactos y nodulares. Varios estudios han demostrado que la inclusión de silicio al medio de cultivo promueve la formación de callos y estimula la embriogénesis somática. En 2014 se realizó un estudio donde se evaluó el efecto del silicio en la embriogénesis somática en palma, donde el porcentaje más alto de formación de embriogénesis somática y grado de callo se obtuvo en el medio

MS suplementado con silicato de potasio (Abo El Fadl 2014). La mayoría de los explantes formaron callo en la zona distal del segmento nodal (Figura 3).

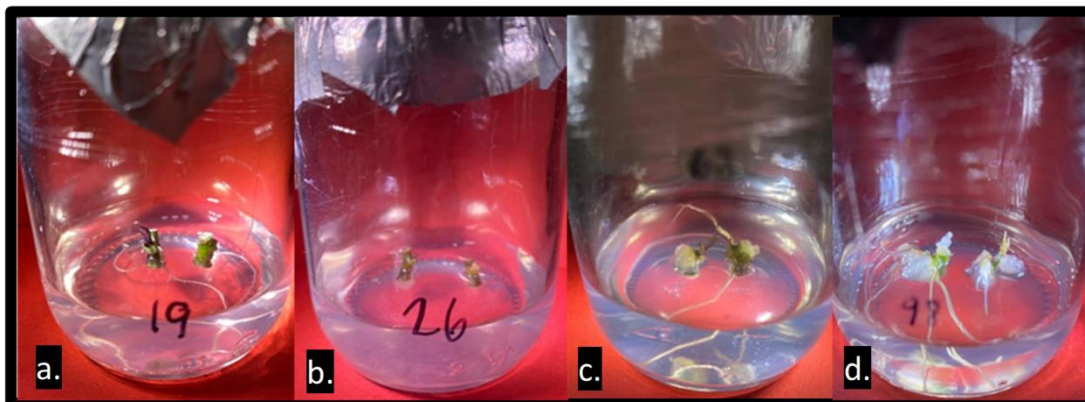
### Figura 2

*Tonalidad y coloración de los callos formados en los segmentos nodales de camote cultivados in vitro en medio MS suplementado con Inbiosil.*



### Figura 3

*Formación de callo en los segmentos nodales de camote cultivados in vitro en medio MS suplementado con Inbiosil a. testigo sin Inbiosil, b. 0.025 mL/L, c. 0.050 mL/L, d. 0.100 mL/L.*



En la variable materia fresca no se observó diferencia significativa en los tratamientos del subcultivo 8 y 9 (Cuadros 4 y 5). Para materia seca sí se observó diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en los pesos de los explantes del subcultivo 8, siendo los del tratamiento de 0.050 mL/L y 0.100 mL/L los que presentaron un mayor peso seco (Cuadro 4), en los explantes del subcultivo 9 no se observó diferencia en peso seco (Cuadro 5). Estos resultados son similares a los que reportaron Costa B et al. (2020) (2020), quienes evaluaron el peso de materia seca y fresca de explantes de banana Cavendish enana

en un medio líquido y semi sólido con Si (silicato de potasio) adicionado a los medios de cultivo, presentando un mayor peso fresco y seco en los medios líquidos con silicio, sin embargo, los medios semi sólidos a los cuales se les había adicionado silicio no presentaron diferencia significativa (Costa B et al. 2020). Es posible que el gelificante del medio de cultivo semi sólido tenga un efecto en el movimiento del silicio hacia la planta, siendo la absorción de Si menos efectiva en el medio semi sólido que en el medio líquido. De igual manera, en esta investigación se utilizó Inbiosil, el cual tiene como fuente de silicio el Dióxido de Silicio, por lo tanto, es posible que el silicato de potasio tenga un efecto diferente que el dióxido de silicio en las vitroplantas.

#### Cuadro 4

*Peso de materia fresca y materia seca de los segmentos nodales de camote cultivados in vitro de vitroplantas en subcultivo 8.*

Tratamiento	Subcultivo 8	
	Materia Fresca (g)	Materia Seca (g)
Testigo	0.84	0.06 a
Inbiosil 0.025 mL/L	0.85	0.08 a
Inbiosil 0.050 mL/L	1.26	0.18 b
Inbiosil 0.100 mL/L	1.08	0.25 b
p	0.2246	0.0008
Coeficiente de Variación (%)	2.37	0.44

#### Cuadro 5

*Peso de materia fresca y materia seca de los segmentos nodales de camote cultivados in vitro de vitroplantas en subcultivo 9.*

Tratamiento	Subcultivo 9	
	Materia Fresca (g)	Materia Seca (g)
Testigo	1.01	0.15
Inbiosil 0.025 mL/L	1.06	0.20
Inbiosil 0.050 mL/L	1.20	0.22
Inbiosil 0.100 mL/L	1.03	0.20
p	0.9762	0.0506
Coeficiente de Variación (%)	1.52	0.28

### **Conclusiones**

Suplementar el medio de cultivo para multiplicación de camote con 0.050 mL/L y 0.100 mL/L beneficia en obtener un óptimo desarrollo y un mayor número de hojas por explante.

El silicio promueve la formación de callo en los explantes, mientras más alta la dosis de Inbiosil en el medio de cultivo, se presenta más formación de callo.

### **Recomendaciones**

Evaluar el efecto del silicio en subcultivos de camote más jóvenes para observar si se obtiene un mayor número de hojas y mejor rendimiento en las vitroplantas.

Evaluar dosis más altas de Inbiosil y observar su efecto.

Realizar un análisis costo-beneficio para determinar si es factible el uso de Inbiosil en el medio de cultivo para la micropropagación de camote.

Repetir el experimento con más unidades experimentales para poder realizar un análisis del contenido de silicio de los explantes.

Realizar el experimento con un medio líquido y un medio semi sólido para observar si el gelificante tiene un efecto negativo en la absorción del silicio en las vitroplantas.

## Referencias

- Abo El Fadl R. 2014. Effect of silicon on somatic embryogenesis and shoot regeneration of dry date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv bartamuda. Egyptian Journal of Desert Research. 64(1):65–82. doi:10.21608/ejdr.2014.5810.
- [CIP] Centro Internacional de la Papa. 2015. Como crece el camote. Lima, Perú: [sin editorial]; [actualizado el 30 de mar. de 2023; consultado el 30 de mar. de 2023]. <https://cipotato.org/es/sin-categorizar/como-crece-el-camote/>.
- Costa B, Rúbio Neto A, Chagas EA, Chagas PC, Pasqual M, Vendrame WA. 2020. Influence of silicon and *in vitro* culture systems on the micropropagation and acclimatization of “Dwarf Cavendish” banana. Acta Sci. Agron. 43:e47490. doi:10.4025/actasciagron.v43i1.47490.
- Costas G. 2016. Reproducción Sexual y Asexual en las plantas. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 3 de dic. de 2022; consultado el 30 de mar. de 2023]. <https://cienciaybiologia.com/reproduccion-sexual-y-asexual-en-las-plantas/>.
- Cultifort. 2022. La importancia del Silicio en la agricultura. España: [sin editorial]; [actualizado el 1 de ago. de 2022; consultado el 7 de abr. de 2023]. <https://www.cultifort.com/importancia-silicio-agricultura/>.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2021. FAOSTAT. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 29 de mar. de 2023; consultado el 29 de mar. de 2023]. <https://www.fao.org/faostat/en/>.
- Gisbert Doménech C, Picó Sirvent MB. 2015. Micropropagación. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; [consultado el 30 de mar. de 2023]. 7 p. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/51895/Gisbert%20and%20Pico\\_2015%20micropropagaci%F3n.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/51895/Gisbert%20and%20Pico_2015%20micropropagaci%F3n.pdf?sequence=1).
- Hasing Larreátegui FM. 2007. Impacto de las Aplicaciones de un Mineral Bio-activo sobre Parámetros Agronómicos y Fitosanitarios en Plantas de Banano del Grupo Cavendish, Variedad Williams a Nivel de Laboratorio e Invernadero [Tesis]. Ecuador: Escuela Politécnica del Litoral; [consultado el 7 de may. de 2023]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4376>.
- Hernández Pridybailo A. 2015. Efecto de la aplicación de silicio en el medio de cultivo sobre distintos parámetros fisiológicos en explantes de *Dendrocalamus giganteus* Munro [Tesis]. Costa Rica: Universidad de Costa Rica; [consultado el 7 de abr. de 2023]. <http://repo.sibdi.ucr.ac.cr/jspui/bitstream/123456789/3881/1/39003.pdf>.
- Inbioma. 2021. La importancia del Silicio en la nutrición vegetal - Inbioma. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 16 de mar. de 2021; consultado el 7 de abr. de 2023]. <https://inbioma.com/la-importancia-del-silicio-en-la-nutricion-vegetal/>.
- Jarret J. 1991. Cultivo de Tejidos en la Agricultura; [consultado el 12 de jun. de 2023]. 422–446. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/biblioteca/Cultivo\\_de\\_tejidos\\_en\\_la\\_agricultura.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/Cultivo_de_tejidos_en_la_agricultura.pdf).
- Murashige T. 1974. Plant Propagation Through Tissue Cultures. Annu. Rev. Plant. Physiol. 25(1):135–166. doi:10.1146/annurev.pp.25.060174.001031.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2016. Camote, una especial papa dulce. México: [sin editorial]; [actualizado el 28 de mar. de 2023; consultado el 28 de mar. de 2023]. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/camote-una-especie-de-papa-dulce>.

- Sivanesan I, Park SW. 2014. The role of silicon in plant tissue culture. *Front Plant Sci.* 5:571. eng. doi:10.3389/fpls.2014.00571.
- Toala Vera WG. 2022. Evaluación de dos formas de aplicación de silicio con dos dosis en plantas in vitro en el cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA) [Tesis]. Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. 72 p; [consultado el 12 de abr. de 2023]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/TOALA%20VERA%20WASHINGTON%20GABRIEL.pdf>.
- Vidal AR, Zaucedo-Zuñiga AL, Ramos-García MdL. 2018. Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*; [consultado el 28 de mar. de 2023]. 19(2):1–15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81357541001>.