

Propagación de tacaco (*Sechium tacaco*) mediante esquejes: efecto del ácido indol butírico

Propagation of tacaco (*Sechium tacaco*) by cuttings: effect of indole-butyric acid

Karen M. Muñoz-López¹, José E. Monge-Pérez¹

¹ Finca Experimental Interdisciplinaria de Modelos Agroecológicos, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

*Autor de correspondencia: jose.mongeperez@ucr.ac.cr

RESUMEN. Objetivos: evaluar el efecto de varias dosis de ácido indol butírico sobre el enraizamiento y crecimiento de esquejes de tacaco (*Sechium tacaco*), en la fase de establecimiento en invernadero. Metodología: se utilizaron esquejes de brote secundario con al menos tres nudos, procedentes de fincas de productores de los cantones de Alvarado y Paraíso, Cartago, Costa Rica. Cuatro dosis de ácido indol butírico fueron evaluadas: 0; 0.15; 0.30; y 0.60mg/esqueje. Los esquejes fueron sembrados en macetas, con turba como sustrato, y se mantuvieron en invernadero por 22 días. Resultados: Diferencias significativas fueron halladas para las variables peso seco de raíz, porcentaje de enraizamiento, y porcentaje de supervivencia. No hubo diferencias significativas para el cambio de altura de la planta. Los tratamientos 0.30 y 0.60mg/esqueje de ácido indol butírico lograron valores de enraizamiento (51-63%) y peso seco de raíz (27.94-39.51mg/planta) significativamente superiores, con respecto al tratamiento sin ácido indol butírico (5% y 0.20mg/planta, respectivamente). Por otra parte, el tratamiento 0.60mg/esqueje de ácido indol butírico mostró un porcentaje de supervivencia (58%) significativamente inferior, con respecto a los demás tratamientos (84-90%). Conclusiones: El mejor tratamiento para la propagación de tacaco mediante esquejes fue 0.30mg/esqueje de ácido indol butírico, correspondiente a 10,000ppm. La información generada en este estudio contribuye de manera significativa en la elaboración de un protocolo de propagación asexual de tacaco mediante esquejes, a partir de brotes secundarios de plantas madre. Este trabajo constituye el primer informe publicado sobre el efecto de ácido indol butírico sobre esquejes de *Sechium tacaco*.

Palabras clave. *Cucurbitaceae*, enraizamiento, esqueje, propagación, *Sechium tacaco*.

ABSTRACT. Objectives: to evaluate the effect of some doses of indole-butyric acid on the rooting and growth of tacaco (*Sechium tacaco*) cuttings, in the greenhouse establishment phase. Methodology: secondary-shoot cuttings with at least three nodes were used, from farms of producers in the cantons of Alvarado and Paraíso, Cartago, Costa Rica. Four doses of indole-butyric acid were evaluated: 0; 0.15; 0.30; and 0.60mg/cutting. The cuttings were planted in pots, with peat as a substrate, and kept in the greenhouse for 22 days. Results: significant differences were found for the variables root dry weight, rooting percentage, and survival percentage. There were no significant differences for the plant height change. The 0.30 and 0.60mg/cutting of indole-butyric acid treatments achieved significantly higher rooting values (51-63%) and root dry weight (27.94-39.51mg/plant), compared to the treatment without indole-butyric acid (5% and 0.20mg/plant, respectively). On the other hand, the 0.60mg/cutting of indole-butyric acid treatment showed a significantly lower survival percentage (58%) compared to the other treatments (84-90%). Conclusions: The best treatment for the propagation of tacaco by cuttings was 0.30mg/cutting of indole-butyric acid, corresponding to 10,000ppm. The information generated in this study contributes significantly to the development of a protocol for the asexual propagation of tacaco through cuttings, from secondary-shoots of mother plants. This work constitutes the first published report on the effect of indole-butyric acid on *Sechium tacaco* cuttings.

Keywords. *Cucurbitaceae*, rooting, cutting, propagation, *Sechium tacaco*.

Citación: K. Muñoz y J. Monge, "Propagación de tacaco (*Sechium tacaco*) mediante esquejes: efecto del ácido indol butírico", *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 20, no. 2, pp. (0), 2024.

Tipo de artículo: Original. **Recibido:** 18 de noviembre de 2023. **Recibido con correcciones:** 20 de febrero de 2024. **Aceptado:** 20 de febrero de 2024.

DOI: <https://doi.org/10.33412/idt.v20.2.4058>

Copyright: 2024 K. Muñoz y J. Monge. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

1. Introducción

El tacaco, *Sechium tacaco*, pertenece a la familia de las cucurbitáceas [1], [2], y sus frutos poseen gran potencial nutricional [3], [4], por lo que se comercializan en Costa Rica [2]. Asimismo, [5] informó que en las especies *S. tacaco*, *S. talamancense* y *S. pittieri*, se encuentran siete tipos de saponinas, llamadas tacacosidos, que de acuerdo con [6], presentan propiedades inhibitorias de células cancerosas, así como actividad inhibitoria del crecimiento microbial [7].

En otros trabajos, se ha investigado sobre el manejo y comercialización de tacaco [8], se han caracterizado algunos genotipos [2], y se ha estudiado la variabilidad morfológica de los frutos a través del tiempo [9], donde se reveló la magnitud del flujo de genes en esta especie, y se expuso la necesidad de generar técnicas de propagación asexual que permitan el mejoramiento genético del cultivo para conservar características deseables en el fruto. Más recientemente, se han estudiado aspectos morfológicos de las plantas de tacaco [10], [11], [12].

Se ha determinado que la propagación sexual del tacaco es poco eficiente [13], además de la inconsistente calidad del fruto, debido a que se trata de una especie alógama, donde existe un flujo de genes proveniente de otras poblaciones cercanas que impediría obtener la misma calidad de frutos que la planta madre [14].

La germinación de la semilla es un proceso lento, que puede tardar hasta 6 meses, lo cual se puede acortar mediante un método de escarificación, reduciendo este período a unos 28 días [15]. Luego, se debe esperar alrededor de 4 a 6 meses para el inicio de la cosecha.

Existen pocas investigaciones sobre técnicas de propagación asexual en tacaco. Recientemente, [16] estudió la reproducción *in vitro* de tacaco, donde logró generar un protocolo mediante microestacas y ápices. También hay investigaciones preliminares de propagación asexual por medio de acodo y estacas [17]. En el cultivo de chayote (*Sechium edule*), se ha usado la propagación mediante esquejes de brotes secundarios, y el uso del regulador del crecimiento ácido indol butírico (AIB) [18], [19], [20].

Actualmente no existe una guía o estudios publicados sobre la técnica de propagación por esquejes en tacaco. En el caso de especies relacionadas, como *S. talamancense*, varios investigadores realizaron un estudio de propagación [21] mediante el uso de dos tipos

de estaca y tres dosis de un regulador de crecimiento, y hallaron un máximo de 44% de enraizamiento con uno de los tipos de estaca, y de 31% con 200ppm de AIB.

En cuanto a la etapa fenológica del cultivo al momento de recolectar los esquejes, algunos autores reportan que es imprescindible tomar los esquejes en etapas de fructificación, para poder seleccionar los materiales según la calidad del fruto [18], [19], a pesar de que la literatura en propagación asexual vegetativa señala que, para especies con dificultad de enraizamiento de estacas, se obtiene una mejor respuesta al utilizar estacas colectadas durante etapas vegetativas juveniles [22].

Las dificultades para enraizamiento y trasplante de *S. tacaco* se han reportado desde la germinación en los almácigos y el trasplante de plántulas a campo o casa sombra [23], así como también en la micropropagación por explantes de microestacas, donde se obtuvo como máximo resultado un 53% de enraizamiento en microestacas con 0.2mg/l de la auxina AIB (ácido indol butírico) [16]. Además, pruebas preliminares reportan que los esquejes de la zona media del tallo, tratados por inmersión en una solución con AIB a 50mg/l, no superaron el 15% de enraizamiento, y alcanzaron un 25% y 75% de necrosis a los 14 y 21 días, respectivamente [17]. En cuanto al uso de AIB en otro tipo de formulación como la presentación en polvo (diluida en medio sólido), no existe registro de datos ni investigaciones publicadas al respecto en esta especie.

El objetivo del ensayo fue evaluar el efecto de varias dosis de AIB sobre el enraizamiento y crecimiento de esquejes de tacaco, en la fase de establecimiento en invernadero.

2. Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en un invernadero diseñado para propagación de esquejes de chayote, ubicado en el distrito de Ujarrás, cantón de Paraíso, provincia de Cartago, Costa Rica. Los esquejes se tomaron de plantas madre de tacaco (*Sechium tacaco*) procedentes de los cantones de Alvarado y Paraíso, provincia de Cartago, Costa Rica, en el mes de mayo del 2022 (tabla 1).

Tabla 1. Ubicación del origen de los esquejes de tacaco (*S. tacaco*).

Coordenadas geográficas	Localidad
83° 48' 31.80" W	Cervantes, Alvarado, Cartago
9° 52' 43.52" N	

83° 49' 58.00" W 9° 52' 41.90" N	Lapuente, Cervantes, Alvarado, Cartago
83° 47' 14.41" W 9° 53' 12.38" N	Santiago, Paraíso, Cartago

El experimento se realizó durante los meses de mayo a junio del año 2022. Se seleccionaron plantas madre sanas, vigorosas, y que se encontraban en etapa de fructificación. Se utilizaron esquejes de brotes secundarios con al menos tres nudos, y con una longitud entre 25 y 60cm [18], [19], [20], [24]. Entre la corta de los esquejes y la aplicación del tratamiento y siembra en sustrato, transcurrieron 6 horas.

Cualquier fruto que estuviera presente en el esqueje fue retirado, así como flores y zarcillos [24]. El producto comercial que se utilizó como enraizador fue ácido indolbutírico (AIB) de la fórmula Hormolin 2 DP, con una concentración de 20mg/kg de AIB. Las dosis de enraizador utilizadas fueron de 0; 0.15; 0.30; y 0.60mg de AIB por esqueje, correspondientes a 0; 7.5; 15; y 30mg de Hormolin 2 DP por esqueje. Para asegurar que todos los tratamientos se impregnaran de manera uniforme, se utilizó talco como ingrediente inerte, para acompañar las dosis de 7.5; 15; y 30mg de Hormolin 2 DP, aforando a 30mg de producto (polvo) impregnado por esqueje (tabla 2). Una vez aplicado el producto en la base de cada esqueje, se procedió a la siembra en el sustrato.

Tabla 2. Dosis de Hormolin 2 DP y talco aplicadas a los tratamientos, en esquejes de *S. tacaco*.

Tratamiento de AIB (mg/esqueje)	Concentración de AIB aplicada (ppm)	Dosis de Hormolin (mg por esqueje)	Dosis de talco (mg por esqueje)
0	0	0	0
0.15	5,000	7.5	22.5
0.30	10,000	15	15
0.60	20,000	30	0

Nota: El talco utilizado contiene silicato de magnesio, estearato de magnesio, carbonato de magnesio y perfume.

Una vez tratados con AIB, los esquejes se colocaron en el invernadero, en macetas con capacidad de un litro, rellenas de sustrato 100% turba, humedecida a capacidad de campo. En cada maceta se sembró un solo esqueje, y además se verificó que la parte basal fuera enterrada sin tocar las paredes del agujero, y con al menos 5cm de profundidad. Los esquejes plantados se mantuvieron en

el invernadero por 22 días, luego de la aplicación de los tratamientos.

A lo largo del experimento se mantuvo riego por nebulización por periodos cortos (entre 5 y 10 segundos) pero continuos (entre 3 y 5 minutos), sobre los esquejes de tacaco. La frecuencia y duración del riego dependió de las condiciones climáticas que se presentaron a lo largo del ensayo. El principal objetivo fue procurar una elevada humedad relativa en el ambiente durante la etapa de formación de raíces [18], [19]. No se aplicó riego directamente a las macetas.

La unidad experimental estuvo constituida por 10 esquejes (un esqueje por maceta) colocados en una hilera de 130cm de largo por 13cm de ancho, con una distancia entre esquejes e hileras de 13cm.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de enraizamiento (respecto al número de plantas vivas), porcentaje de supervivencia, peso seco de raíces, y cambio de altura del esqueje.

Las mediciones se realizaron a los 22 días después de siembra (dds), momento en que se consideró que muchas plantas ya habían desarrollado un sistema radical apropiado. El porcentaje de enraizamiento se determinó a partir del número de esquejes que mostraron la presencia de al menos una raíz, y ese dato se dividió entre el número de esquejes que se encontraban vivos al momento de la evaluación. El porcentaje de supervivencia se consideró a partir del número de plantas que se observaban sanas, con buena hidratación, y con la típica tonalidad verde oscuro del esqueje, así como la presencia de puntos de crecimiento activos, independientemente de la presencia o ausencia de raíz. Para las mediciones de peso seco, a los 22 dds se extrajo el sistema radical de cada esqueje, se lavaron las raíces con agua, se escurrieron, y se depositaron en bolsas de papel debidamente identificadas. Luego, fueron colocadas en una estufa por 5 días, a una temperatura constante de 60°C, para finalmente ser pesadas en una balanza analítica. En cuanto al cambio en la altura de los esquejes, la medición se realizó desde la base del esqueje en contacto con el suelo, hasta la punta del brote terminal, con una medición inicial a los 0 dds, y una medición final a los 22 dds.

El diseño experimental fue irrestricto completamente al azar, con cuatro tratamientos (dosis de AIB), ocho repeticiones, y con diez esquejes por repetición.

Para cada variable de medición y conteo, se realizó un análisis de varianza, con un nivel de significancia igual a 0.05. En las variables donde hubo diferencias significativas entre tratamientos, se realizó una prueba de

Tukey ($p \leq 0.05$). Para todos los análisis de datos se utilizó el paquete estadístico InfoStat [25].

3. Resultados y discusión

En cuanto al porcentaje de enraizamiento (respecto al número de plantas vivas) a los 22 dds, se presentaron diferencias significativas entre el tratamiento sin AIB, con un valor de 5% de enraizamiento, con respecto a los demás tratamientos. Por otro lado, el porcentaje de enraizamiento obtenido con 0.60mg/esqueje de AIB fue significativamente mayor, con respecto a 0.15mg/esqueje de AIB. Por lo tanto, sí se determinó un efecto de las concentraciones de AIB sobre el enraizamiento (figura 1).

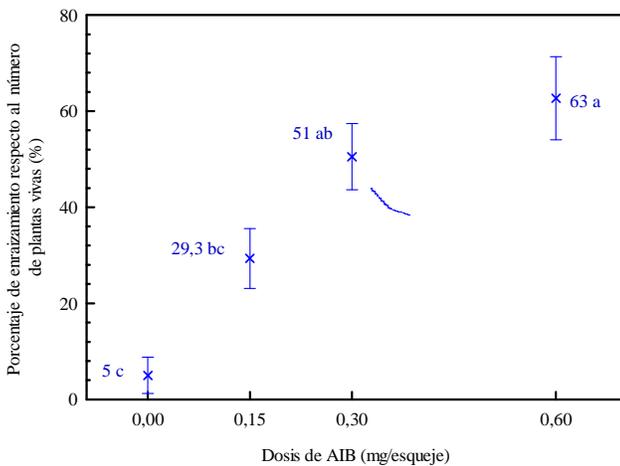


Figura 1. Porcentaje de enraizamiento respecto al número de plantas vivas de *S. tacaco* sometidas a diferentes dosis de AIB, a 22 dds. Las barras indican el error estándar. Medias que comparten la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Los resultados de peso seco de las raíces indicaron que existen diferencias significativas entre los tratamientos. El peso seco obtenido con la dosis de 0.60mg/esqueje fue significativamente superior, en comparación con el obtenido por los tratamientos de 0.15mg/esqueje y sin AIB, pero no fue diferente de 0.30mg/esqueje de AIB. No hubo diferencia significativa entre la no aplicación de AIB y el tratamiento de 0.15mg/esqueje de AIB (figura 2). Por lo tanto, la formación y desarrollo de las raíces en esquejes de tacaco fue mayor al usar 0.30 y 0.60mg/esqueje de AIB.

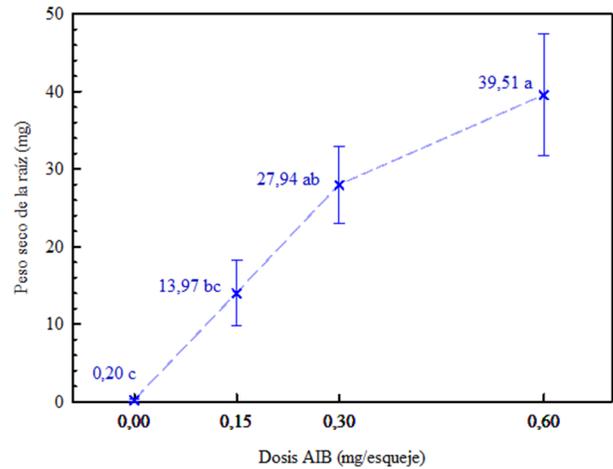


Figura 2. Peso seco de las raíces de esquejes de *S. tacaco* sometidos a diferentes dosis de AIB, a 22 dds. Las barras indican el error estándar. Medias que comparten la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

En relación con el porcentaje de supervivencia obtenido a los 22 dds, se observaron diferencias significativas entre la concentración más alta de AIB (58%), y los demás tratamientos (84-90%) (figura 3). Por lo tanto, el tratamiento con la concentración más alta de AIB causó un efecto negativo sobre el número de plantas vivas.

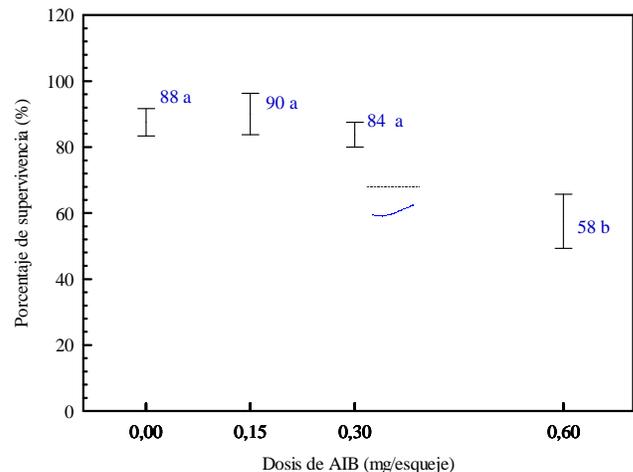


Figura 3. Porcentaje de supervivencia en esquejes de *S. tacaco* sometidos a diferentes dosis de AIB, a 22 dds. Las barras indican el error estándar. Medias que comparten la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Mientras tanto, para los resultados sobre el cambio de altura de plantas de tacaco entre los 0 y 22 dds, no se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos (figura 4).

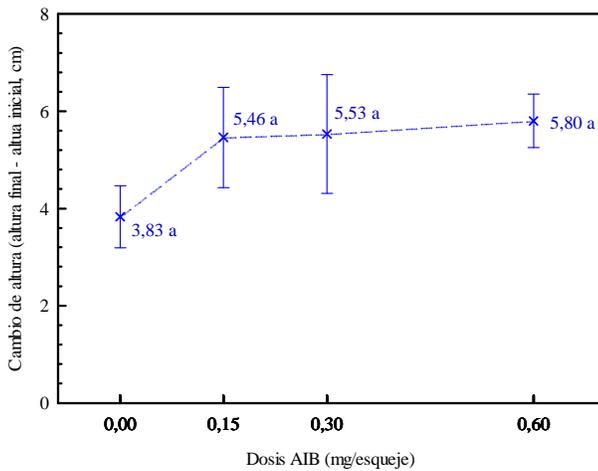


Figura 4. Cambio de altura de esquejes de *S. tacaco* sometidos a diferentes dosis de AIB, entre 0 y 22 dds. Las barras indican el error estándar. Medias que comparten la misma letra no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

En resumen, el tratamiento con 0 mg/esqueje de AIB mostró valores significativamente inferiores para el peso seco de raíces y el número de plantas enraizadas, en comparación con los demás tratamientos. Asimismo, el tratamiento de 0.60mg/esqueje de AIB obtuvo valores estadísticamente inferiores con respecto a los demás tratamientos, para la variable de porcentaje de supervivencia. Entre los otros dos tratamientos, no hubo diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas, aunque los mejores resultados fueron hallados con la dosis de 0.30mg/esqueje de AIB, en comparación con 0.15mg/esqueje de AIB.

Los productores de tacaco de la zona de Paraíso y Alvarado, Cartago, reconocen al tacaco como una especie de difícil enraizamiento. La aplicación de auxina a los esquejes, así como el complemento de un sistema de riego por nebulización, podrían haber sido factores claves en los resultados de enraizamiento o formación de al menos una raíz en el sitio del corte, donde se aplicó el AIB en los esquejes de tacaco (figura 1).

La formación de raíces adventicias también se puede ver afectada por factores ambientales, genéticos y endógenos, lo que frecuentemente se relaciona con el contenido de carbohidratos solubles y almacenados, debido a que se considera un proceso de alta demanda energética [26]. En numerosos estudios se ha observado el efecto del AIB sobre las plantas, lo que sugiere que permite la acumulación de un mayor contenido de carbohidratos de reserva, así como la estimulación de la síntesis de ADN, lo cual resulta en una mayor división

celular [27], [22]. Esto podría explicar el efecto hallado del AIB sobre el aumento del peso seco en raíces de tacaco, según la concentración de AIB utilizada (figura 2). El rol de transporte de carbohidratos del AIB, podría ser el que esté estrechamente relacionado con la mayor formación y desarrollo de raíces observado en los esquejes, ya que se ha relacionado a los carbohidratos con un papel nutricional importante en el desarrollo de raíces adventicias en estacas [22], [28].

La variación de las respuestas obtenidas en el enraizamiento y crecimiento a diferentes concentraciones de AIB en esquejes de *S. tacaco* podría deberse a que la cantidad de auxina exógena necesaria para estimular el enraizamiento depende de la especie y de la concentración de auxina presente en el tejido vegetal [29]. Estas diferencias de respuesta entre concentraciones de AIB, también se observaron en estacas de *Sechium talamancense*, donde se obtuvo entre 7.5% y 31% de enraizamiento, al evaluar dosis de 100 y 200ppm de AIB [21], lo que es una concentración mucho más baja que la aplicada en el presente ensayo con *S. tacaco*. Mientras que en una especie semileñosa, como romero (*Rosmarinus officinalis*), se encontró que el mayor efecto sobre enraizamiento se obtuvo al utilizar una dosis de 2,500ppm de AIB por estaca, y se desestimaron concentraciones inferiores o superiores a los 2,500ppm por mostrar respuestas inferiores en las variables de crecimiento estudiadas [30]. La respuesta en el enraizamiento de las plantas, probablemente no solo se relaciona con la variación en la concentración del AIB aplicado, sino también en la sensibilidad de un tejido u órgano a la auxina, ya que puede variar con la edad y las condiciones ambientales. Los factores más importantes de los que depende la sensibilidad, son la concentración de receptores hormonales, la efectividad de la unión receptor-hormona, y la cadena de acontecimientos que sucede después de dicha unión, de la que depende la respuesta final [31].

La sensibilidad del tejido vegetal a la auxina podría ser un factor importante, además de los factores endógenos, como el nivel nutricional de la planta madre, y exógenos, como la época del año de la recolección de los esquejes, que juegan un papel determinante en los resultados de enraizamiento y supervivencia de estacas tratadas con AIB [32]. En el presente ensayo, los mejores resultados entre todas las variables estudiadas se obtuvieron con las dosis intermedias de 0.15 y 0.30mg/esqueje de AIB, en comparación con las dosis de 0 y 0.60mg/esqueje de AIB, de manera que se logró encontrar ese balance entre

factores endógenos y exógenos, que demuestran el efecto de sensibilidad del tejido.

Se ha informado que las auxinas, en concentraciones altas, pueden provocar un efecto de inhibición del crecimiento radical, e incluso llegar a causar efectos fitotóxicos según la concentración utilizada [33]. Un ejemplo que confirma lo anterior es el caso observado en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*), donde se encontró que, al aplicar AIB en concentraciones de 1,500 y 3,000ppm en esquejes herbáceos, se obtenían mayores valores de enraizamiento y crecimiento de la planta, mientras que una concentración de 10,000ppm producía efectos adversos, como malformaciones y agrietamiento de tejidos [34], lo cual no ocurrió en el presente ensayo con *S. tacaco*. Un efecto adverso similar se obtuvo en el presente estudio, dado que los esquejes de tacaco que recibieron 0.60mg/esqueje de AIB presentaron una menor supervivencia, que posiblemente se relacione con algún tipo de fitotoxicidad.

El tratamiento sin AIB mostró un 88% de supervivencia (figura 3), mientras que el porcentaje de enraizamiento fue de solo el 5% (figura 1); también presentó un promedio de cambio de altura de 3.83cm (figura 4), así como 0.20mg/esqueje de peso seco de raíz (figura 2), lo que refleja que hubo esquejes de tacaco que mostraron crecimiento, a pesar de contar con cantidades bajas o nulas de raíz. Se infiere entonces que este tratamiento presentó plantas que se mantuvieron vivas durante 22 días, con tejido que se observó sano, fresco, color verde oscuro y con puntos de crecimiento activos, a pesar de tener poca o ninguna raíz. Por otra parte, el tratamiento con 0.60mg/esqueje de AIB presentó los valores más altos en peso seco de raíz (39.51mg/esqueje) y porcentaje de enraizamiento (63%), pero también los valores de supervivencia más bajos (58%) (figura 3); por lo tanto, hubo esquejes que presentaron un buen desarrollo radical, pero con una alta mortalidad.

Existen estudios que indican que los reguladores de crecimiento a nivel endógeno pueden crear un balance o antagonismo entre el enraizamiento y el crecimiento de la parte aérea, donde influyen diversos factores como el tipo de estaca, etapa fisiológica de la planta madre, época del año en la recolección de estacas, factores ambientales como la luz, temperatura y humedad, e incluso el tipo de sustrato [22], [28]. Es posible que alguno de los factores mencionados haya influido en los esquejes de tacaco no tratados con AIB y que mostraron ausencia de raíces a los 22 dds, cuyos valores en las variables de crecimiento y porcentaje de supervivencia fueron positivos, en relación con los demás tratamientos que sí presentaban un sistema

radical y fueron tratados con AIB. La principal interrogante para este caso es cómo lograron estos esquejes crecer y sobrevivir durante más de 22 días sin un sistema radical, qué pudo haber ocurrido a nivel endógeno para que no se formaran raíces y sí ocurriera crecimiento y elongación del tallo. Para obtener la emisión de las raíces en esquejes se requiere un adecuado equilibrio endógeno, especialmente entre auxinas, giberelinas y citoquininas, es decir, equilibrio entre promotores e inhibidores del proceso de iniciación de la raíz [35], [33]. Posiblemente, el equilibrio entre promotores e inhibidores del proceso de iniciación de raíces sí llegó a ocurrir en los esquejes de tacaco no tratados con AIB, pero sólo con los compuestos endógenos, y también ocurrieron otros procesos endógenos que favorecieron el crecimiento de la parte aérea y la conservación de los tejidos.

El tipo de esqueje utilizado en este estudio, a partir de brotes secundarios o tallos laterales, ha sido poco valorado en cucurbitáceas, pero sí se ha mencionado en programas de semilla prebásica y básica de papa criolla (*Solanum phureja*). Estos estudios indican que este tipo de esqueje produce mayores porcentajes de supervivencia, en comparación con esquejes de tallo juvenil, porque los primeros a nivel fisiológico tienen una mayor concentración de hormonas (auxinas principalmente) y fotoasimilados, ya que poseen meristemos apicales en crecimiento activo, en comparación con esquejes de tallo juvenil, los cuales no tienen la acumulación de hormonas y fotoasimilados necesaria [35]. Por lo tanto, es posible que los esquejes de tallos laterales de tacaco presentaran la cantidad suficiente de fotoasimilados y hormonas endógenas para justificar un valor alto en el porcentaje de supervivencia, que mostraron aumento de altura del tallo, con tejido que se observaba sano, fresco, color verde y con puntos de crecimiento activos, hasta 22 dds, y a pesar de no contar con ningún tipo de formación de raíz.

Por otra parte, las plantas madre utilizadas para la extracción de este tipo de esqueje fueron plantas adultas que se encontraban en el inicio de su etapa de fructificación. Según [22], en especies con dificultad de enraizamiento, puede ser importante si las estacas se obtienen de plantas madre en etapa vegetativa o en floración, ya que aparentemente existe un antagonismo entre la regeneración vegetativa y la floración, asociado a los niveles de auxina. Contenidos elevados de estas hormonas en tallos durante la iniciación de raíces adventicias tienden a inhibir la iniciación de flores, por lo que se recomienda extraer estacas de plantas madre en

estado vegetativo o después del periodo de floración, y no durante el mismo; sin embargo, en el presente ensayo los esquejes se tomaron de plantas en estado de floración, dado que el período de floración en *S. tacaco* abarca prácticamente todo el período reproductivo, de varios meses, luego del estado de crecimiento vegetativo. Esto posiblemente explicaría por qué los esquejes de tallo lateral de tacaco sin AIB, y cosechados en etapas reproductivas, presentaron niveles significativamente inferiores en el número de esquejes enraizados y peso seco de raíces, con respecto a los tratamientos donde sí se aplicó AIB a diferentes dosis por esqueje. A pesar de esto, los esquejes sin AIB mostraron un buen vigor, supervivencia y crecimiento, relacionado posiblemente a un buen contenido de fotoasimilados y hormonas, como se mencionó anteriormente.

Los efectos positivos de enraizamiento en tacaco demuestran la efectividad del uso de AIB sobre el incremento en el volumen y número de raíces. Un sistema radicular de calidad en esquejes mejora la absorción de agua y nutrientes en las primeras etapas de desarrollo para la producción de plántulas a gran escala, lo que permite una implementación exitosa en el campo [20], [36]. En el presente ensayo, el uso de AIB a una dosis de 0.30mg/esqueje de tacaco, en la fase de invernadero (0 a 22 dds), permitió esquejes con la calidad adecuada para el establecimiento de plántulas en campo.

4. Conclusiones

El mejor tratamiento para la propagación de tacaco mediante esquejes fue 0.30mg de AIB por esqueje, correspondiente a 10,000ppm de AIB.

La información generada en este estudio contribuye de manera significativa en la elaboración de un protocolo de propagación asexual de tacaco mediante esquejes, a partir de brotes secundarios de plantas madre.

Este trabajo constituye el primer informe publicado sobre el efecto de AIB sobre esquejes de *Sechium tacaco*.

Se recomienda evaluar la misma metodología de propagación por esquejes de tacaco con diferentes tipos de sustrato, y diferentes tipos de reguladores de crecimiento, como el ácido naftalenacético (ANA). También se pueden considerar algunos factores para mejorar los resultados del porcentaje de enraizamiento, como un mejor control del riego que mantenga la humedad relativa alta, pero que no permita que el sustrato supere la capacidad de campo, ya que esto aumenta la incidencia de enfermedades en los esquejes. Además, se puede optimizar el proceso de recolección y transporte de

esquejes para reducir el tiempo en que estos permanecen separados de la planta, y así los esquejes sufrirán una menor deshidratación antes de ser sembrados. Otro aspecto a considerar es la aplicación de aminoácidos, ácidos húmicos u otro tipo de sustancias estimulantes del crecimiento de la planta, para favorecer la sanidad y el vigor vegetativo de las plantas durante la fase de invernadero.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento recibido por parte de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, así como la colaboración de Jorge Moya, José Araya, Juan Miguel Calderón, Jadder González y Zaida Morales, y de las empresas B&C Exportadores del Valle de Ujarrás S. A., Coseinca S. A., y Suplidora Verde S. A., en el trabajo de campo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

CONTRIBUCIÓN Y APROBACIÓN DE LOS AUTORES

K.M.M.L. se encargó del trabajo de campo, recolección y análisis de datos, y redacción del documento.

J.E.M.P. se encargó del trabajo de campo, recolección y análisis de datos, y redacción del documento.

Todos los autores afirmamos que se leyó y aprobó la versión final de este artículo

REFERENCIAS

- [1] A. Brenes, «Situación actual y perspectivas del tacaco [*Sechium tacaco* (Pittier) C. Jeffrey] en Costa Rica,» *Boletín Agrario*, vol. 11, n° 39, pp. 1-23, 1992.
- [2] J. E. Monge-Pérez y M. Loría-Coto, «Caracterización de frutos de cinco genotipos de tacaco [*Sechium tacaco* (Pittier) C. Jeffrey] en Costa Rica,» *Tecnología en Marcha*, vol. 30, n° 3, pp. 71-84, 2017. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/3274
- [3] C. Hidalgo, C. Cortés y M. Cerdas, «Generation of analytical food composition data for traditionally consumed fruits and vegetables in Costa Rica,» *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 123, n° 105546, pp. 1-8, 2023.
- [4] Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), «Tabla de composición de alimentos de Centroamérica,» INCAP, Guatemala, 2007.

- [5] J. Ramírez-Wong, «Estudio fitoquímico preliminar de varias especies del género *Sechium*, endémicas de Costa Rica,» Escuela de Química, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica, 1996.
- [6] V. Castro, E. Ramírez, G. Mora, Y. Iwase, T. Nagao, H. Okabe, H. Matsunaga, M. Katano y M. Mori, «Structures and antiproliferative activity of saponins from *Sechium pittieri* and *S. talamancense*,» *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, vol. 45, pp. 349-358, 1997.
- [7] M. Herrera, M. V. Ramírez, E. Burgueño, E. Cepillo, C. Mirón y B. Hernández, «Screening of antitopoisomerase, antioxidant, and antimicrobial activities of selected triterpenes and saponins,» *Revista Latinoamericana de Química*, vol. 40, n° 3, pp. 165-177, 2012.
- [8] M. Cerdas y J. Castro, «Caracterización postcosecha de frutos de tacaco (*Sechium tacaco* (Pittier) en Cartago, Costa Rica,» *Agronomía Mesoamericana*, vol. 28, n° 1, pp. 141-148, 2017.
- [9] J. E. Monge-Pérez y M. Loría-Coto, «Variabilidad morfológica en frutos de una población de tacaco [*Sechium tacaco* (Pittier) C. Jeffrey] a través del tiempo,» *Tecnología en Marcha*, vol. 31, n° 4, pp. 15-24, 2018. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/3956/3544
- [10] J. E. Monge-Pérez y M. Loría-Coto, «Primer informe sobre heteroblastia en protofilas de tacaco (*Sechium tacaco*),» *Tecnología en Marcha*, vol. 36, n° 1, pp. 33-41, 2023. https://181.193.125.13/index.php/tec_marcha/article/view/5899
- [11] J. E. Monge-Pérez y M. Loría-Coto, «Novedad: Presencia de cuatro y ocho suturas longitudinales completas en frutos de tacaco [*Sechium tacaco* (Pittier) C. Jeffrey],» *Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 26, pp. 42-46, 2022. <https://revistasacademicas.uco.mx/index.php/agropecuaria/article/view/232/189>
- [12] J. E. Monge-Pérez y M. Loría-Coto, «Primer informe sobre presencia de yemas cotiledonares en plántulas de tacaco [*Sechium tacaco* (Pittier) C. Jeffrey],» *Tecnología en Marcha*, vol. 36, n° 2, pp. 32-36, 2023. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/5999/6441
- [13] A. Brenes y R. Campos, «Efecto de la posición de la semilla de tacaco (*Sechium tacaco* (Pittier) C. Jeffrey) sobre la germinación,» *Uniciencia*, vol. 9, n° 1, pp. 13-18, 1992.
- [14] J. E. Monge-Pérez y M. Loría-Coto, «Cuantificación de la variabilidad entre progenies de tacaco (*Sechium tacaco*),» *Revista Pensamiento Actual*, vol. 18, n° 30, pp. 67-77, 2018. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/33813>
- [15] J. C. Saborío y A. Brenes, «Variación del porcentaje de germinación de la semilla de tacaco [*Sechium tacaco* (Pittier) C. Jeffrey], a lo largo del ciclo productivo de la planta,» de XI Congreso Agronómico Nacional y de Recursos Naturales, San José, Costa Rica, 1999.
- [16] M. E. Murillo-Quesada, «Establecimiento in vitro de tacaco *Sechium tacaco* (Pittier) C. Jeffrey syn. *Frantzia tacaco*,» Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica, 2019.
- [17] J. E. Monge-Pérez, Entrevistado, Propagación asexual de tacaco. [Entrevista]. 20 enero 2022.
- [18] W. Gamboa, Producción agroecológica: una opción para el desarrollo del cultivo del chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.), San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica, 2005.
- [19] J. Brenes, S. Alvarenga y A. Abdelnour, «Enraizamiento de estacas de chayote (*Sechium edule* Jacq. SW),» *Alcances Tecnológicos*, vol. 8, n° 1, pp. 63-72, 2010.
- [20] A. Abdelnour, J. Brenes y S. Alvarenga, «Establecimiento de un programa de abastecimiento de semilla certificada de chayote en Ujarrás,» Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2015.
- [21] J. C. Saborío, A. Brenes y M. Vega, «Propagación vegetativa de *Sechium talamancense* (Wunderlin) C. Jeffrey,» de XI Congreso Agronómico Nacional y de Recursos Naturales, San José, Costa Rica, 1999.
- [22] H. Hartmann y D. Kester, *Hartmann and Kester's Plant Propagation: Principles and practices*, Pearson New International, 2014.
- [23] J. Araya, Entrevistado, Reproducción de tacaco. [Entrevista]. 10 enero 2022.
- [24] J. Moya, Entrevistado, Reproducción de chayote mediante esquejes. [Entrevista]. 7 diciembre 2021.
- [25] J. Di Rienzo, F. Casanoves, M. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. Robledo, «Infostat (programa de cómputo),» Córdoba, Argentina, 2011.
- [26] A. Husen, «Changes of soluble sugars and enzymatic activities during adventitious rooting in cuttings of *Grewia optiva* as affected by age of donor plants and auxin treatments,» *American Journal of Plant Physiology*, vol. 7, n° 1, pp. 1-16, 2012.
- [27] H. Ruiz-Solsol y F. Mesén, «Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estacilla en el enraizamiento de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.),» *Agronomía Costarricense*, vol. 34, n° 2, pp. 269-285, 2010.
- [28] B. E. López-Corona, I. Mondaca-Fernández, P. Gortares-Moroyochi, J. Holguín, M. M. Meza-Montenegro, J. D. J. Balderas-Cortés, J. M. Vargas-López y E. O. Rueda-Puente, «Técnica de esquejes en agricultura: una alternativa a la vanguardia,» *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 22, n° 2, pp. 505-517, 2019.
- [29] E. d. S. C. Junior, M. S. d. M. Barbosa, C. M. A. Silva, R. C. S. Silva, L. H. P. Kiill y M. Z. Beckmann-Cavalcante, «Vegetative propagation of *Rhaphiodon echinus* Schauer (Lamiaceae): effects of the period of cutting in rooting, cuttings arrangement and IBA concentrations for seedlings production,» *Ornamental Horticulture*, vol. 24, pp. 238-247, 2018.

- [30] D. Paulus, R. Valmorbida, R. Valmorbida y E. Paulus, «Ácido indolbutírico na propagação vegetativa de alecrim,» *Horticultura Brasileira*, vol. 34, pp. 520-528, 2016.
- [31] M. Acosta, J. Sánchez y M. Bañón, «Auxinas,» de Fundamentos de fisiología vegetal, Barcelona, McGraw-Hill Interamericana de España S. L. y Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, 2013, pp. 377-398.
- [32] M. L. M. Véras, R. M. N. Mendonça, C. M. C. Ramires, S. D. M. Silva y W. E. Pereira, «Effect of ethephon and indolebutyric acid on yellow mombin propagation via cutting,» *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 47, pp. 416-423, 2017.
- [33] L. Taiz y E. Zeiger, Fisiología vegetal, Barcelona: Universitat Jaume I, 2006.
- [34] D. García, J. W. Jiménez, A. Peña y J. E. Rodríguez, «Propagación vegetativa de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) mediante enraizamiento de esquejes,» *Agricultura Técnica en México*, vol. 27, nº 1, pp. 27-33, 2001.
- [35] J. M. Cotes y C. E. Ñustez, «Evaluación de dos tipos de esquejes en la producción de semilla pre básica de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et. Buk) variedad "yema de huevo",» *Agronomía Colombiana*, vol. 18, nº 1-3, pp. 71-77, 2001.
- [36] C. A. Solís, V. Jiménez y J. Arias, «Propagación asexual de azul de mata (*Justicia tinctoria* (Oerst.) D. N. Gibson, Fam. Acanthaceae) por medio de estacas,» *Agronomía Costarricense*, vol. 39, nº 2, pp. 91-103, 2015.