



Efectos del tamaño de cormo y bencilaminopurina sobre la proliferación del plátano en dos ambientes de propagación

Effects of corm size and benzylaminopurine on plantain proliferation in two propagation environments

Jorge Espinoza González¹, Antonio Bustamante González², Galo Cedeño García³



DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n1.2022.13905>

RESUMEN: La macropropagación de plátano en cámara térmica es una tecnología económica, efectiva como método de limpieza fitosanitaria, y eficiente para potenciar la producción de plántulas. El objetivo del trabajo fue evaluar los efectos del tamaño de cormo (TC) y bencilaminopurina (BAP) sobre la proliferación de plántulas del plátano cv. Barraganete en dos ambientes de propagación (AP). Los tratamientos consistieron de dos niveles de BAP (con y sin BAP), tres TC (2 ± 0.5 , 4 ± 0.5 y 6 ± 0.5 kg) y dos AP (cámara térmica y cantero). Las variables evaluadas fueron tiempo de brotación (días), tasa de multiplicación (TM) por unidad (plántulas por cormo) y por área (plántulas por m²). El tiempo de brotación fue influenciado significativamente ($p < 0.05$) por el AP, donde la cámara térmica adelantó la emergencia de brotes en 12 días, con respecto al cantero. La TM de plántulas por cormo y m², fueron influenciadas significativamente ($p < 0.05$) por las interacciones BAP x AP y TC x AP, donde la mayor producción de plántulas por cormo se produjo dentro de cámara térmica con BAP y cormos de 6 ± 0.5 kg, mientras que la producción de plántulas por m² fue mayor con cormos 2 ± 0.5 kg bajo las mismas condiciones de cámara térmica y con BAP. Los resultados de efectos principales reportaron que con BAP se produjo un 30 y 31% de incrementos de TM por cormo y por m², respectivamente, en relación al tratamiento sin BAP. Dentro de la cámara térmica la TM por cormo y por m² se incrementó en un 44% con respecto al cantero. En cuanto al efecto del TC, cormos de mayor tamaño alcanzaron mayor TM individual, mientras que los de menor tamaño alcanzaron mayor TM por área. Se recomienda utilizar cámara térmica y BAP para masificar la producción de plántulas de plátano vía macropropagación.

PALABRAS CLAVE: Musa AAB, Macropropagación, Rizoma, Cámara térmica, Fitorregulador

ABSTRACT: Macropropagation of plantain in a thermal chamber is an economic technology, effective as a method of phytosanitary cleaning, and efficient to enhance the production of seedlings. The aim of the research was to evaluate the effects of corm size (CZ) and benzylaminopurine (BAP) on the proliferation of plantain seedlings cv. Barraganete in two propagation environments (PE). The treatments consisted of two levels of BAP (with and without BAP), three CZ (2 ± 0.5 , 4 ± 0.5 and 6 ± 0.5 kg) and two PE (thermal chamber and raised bed). The variables evaluated were budding time (days), multiplication rate (MR) per unit (seedlings per corm) and per area (seedlings per m²). The budding time was significantly influenced ($p < 0.05$) by the PE, where the thermal chamber advanced the emergence of shoots by 12 days, with respect to the raised bed. The MR of seedlings per corm and m² were significantly influenced ($p < 0.05$) by BAP x PE and CZ x PE interactions, where the highest production of seedlings per corm occurred within the thermal chamber with BAP and corms of 6 ± 0.5 kg, while the production of seedlings per m² was higher with 2 ± 0.5 kg corms under the same thermal chamber conditions and with BAP. The main effects results reported that with BAP there was a 30 and 31% increase in MR per corm and per m², respectively, in relation to the treatment without BAP. Within the thermal chamber, the MR per corm and per m² increased by 44% with respect to the raised bed. Regarding the effect of CZ, larger corms reached a higher individual MR, while those of smaller size reached a higher MR per area. It is recommended to use a thermal chamber and BAP to massify the production of plantain seedlings way macropropagation.

KEYWORDS: Musa AAB, Macropropagation, Rhizome, Thermal chamber, Phytoregulator

FECHA DE RADICACIÓN: 21 de enero de 2022 **FECHA DE APROBACIÓN:** 12 de febrero de 2022

CÓMO CITAR: Espinoza González, J. ., Bustamante González, A., & Cedeño García, G. (2022). Efectos Del Tamaño De Cormo Y Bencilaminopurina Sobre La Proliferación Del Plátano En Dos Ambientes De Propagación. *Ciencia y Agricultura*, 19(1): 45-60 <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n1.2022.13905>

1. I.A. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. jorgew.espinoza@uteq.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3649-3965>.
2. Ph.D. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Quevedo, Ecuador. antonio.bustamante@iniap.gob.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1924-1843>
3. M.Sc. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador. gcedeno@espam.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0927-5807>

INTRODUCCIÓN

El cultivo de plátano (*Musa* AAB Simmonds) es de gran trascendencia para el Ecuador, dada su importancia en el orden alimentario, social y económico, puesto que el 69 % de la producción nacional es destinada al consumo local, contribuyendo a la seguridad alimentaria del país, mientras que la producción restante se destina a fines de exportación, lo cual genera fuentes de empleo y divisas para las arcas del estado (Beltrón et al., 2018; MAG, 2020).

El método de propagación más empleado por pequeños y medianos productores es la regeneración natural, donde se extraen hijuelos directamente de plantaciones comerciales sin ningún criterio de selección agronómico y fitosanitario, lo cual tiene como principal desventaja la fácil diseminación plagas y enfermedades, que puede reducir significativamente el vigor y el potencial productivo del cultivo (Njau et al., 2011; Jacobsen et al., 2019). Otra desventaja del método de propagación tradicional, es la baja tasa de proliferación, lo cual se ha relacionado con la dominancia apical ejercido por las plantas madres sobre sus hijuelos (Bangata et al., 2018; Bangata et al., 2019).

La producción masiva de plantas a través del cultivo de tejidos, es siempre la mejor alternativa de propagación, debido a la alta calidad genética, sanitaria y fisiológica del material de siembra obtenido. A pesar de lo anterior, la mayor parte de productores plataneros no pueden acceder a este tipo de material de siembra, debido principalmente a su alto costo y a la mayor exigencia de manejo que involucra la aclimatación de plántulas en etapas de vivero (Galán et al., 2018; Tumuhimbise y Talengera, 2018).

Ante este escenario, la macropropagación en cámara térmica se ha sugerido como un método alternativo para la propagación de plátano, el mismo que consiste en seleccionar hijuelos provenientes de plantas sanas y de alto potencial productivo, que luego son limpiados, desinfectados para ser colocados en cámaras de propagación previa extirpación del meristemo apical, con la finalidad de inhibir dominancia apical y acelerar la brotación de yemas axilares (Álvarez et al., 2013; Cedeño et al., 2016a; Ntamwira et al., 2017).

Además, las cámaras térmicas han sido sugeridas como ambientes de limpieza fitosanitaria, debido a la termoterapia que ejercen las altas temperaturas alcanzadas en su interior, puesto que, según estudios previos, los agentes patógenos se degradan a temperaturas inferiores al umbral térmico soportado por el material vegetativo (Lassois et al., 2012; Panattoni et al., 2013). En este sentido, de acuerdo a investigaciones desarrolladas por Rodríguez et al. (2013) y Cedeño et al. (2016) dentro de cámaras térmicas se pueden alcanzar temperaturas entre 50 a 70°C, que contribuyen a la limpieza del material de siembra, y a una rápida inducción y proliferación de yemas laterales. Por lo anterior, en términos de tasa de multiplicación, la macropropagación en cámara térmica ha sido considerado como un método de propagación

intermedio entre la producción de plantas por el método tradicional y el método de cultivo de tejidos (Njau et al., 2011; Álvarez et al., 2013; Cedeño et al., 2016).

De acuerdo a varios autores para incrementar la tasa de multiplicación de musáceas vía macropropagación, es importante considerar el tamaño del rizoma. En este sentido, Álvarez et al. (2013) establecieron que un tamaño adecuado de cormo para la propagación de plátano cv. Hartón en cámara térmica esta entre 1 a 2 kg. Por su parte, Koné et al. (2011) reportaron que cormos de 600 g de los cultivares de plátano Corne 1, Orishele y French 2, mostraron mayor tasa de multiplicación en contraste a cormos de menor peso. Así mismo, Koné et al. (2016) obtuvieron mayor tasa de multiplicación en cormos de plátano (*Musa AAB*) con peso superior a 750 g. La efectividad de fitorreguladores en procesos de macropropagación de banano principalmente, ha sido demostrado en varias investigaciones (Cedeño et al., 2016; Deo et al., 2019; Opatá et al., 2020). En este sentido, investigaciones desarrolladas por Thiemele et al. (2015) y Cedeño et al. (2016) concluyeron que el uso de bencilaminopurina (BAP), potenciaron la tasa de multiplicación de cultivares de plátano Corne 1, Orishele, FHIA-21, Pita-3 y banano cv. Williams, con relación a tratamientos sin BAP. Resultados semejantes fueron alcanzados por Ramírez et al. (2016) y Opatá et al. (2020) con aplicación de BAP en rizomas de banano cv. Saba y KTR sometidos a macropropagación en cámaras de crecimiento.

Las investigaciones previas relacionadas al uso de BAP y efecto de tamaños de cormo en la propagación de musáceas, han sido mayormente direccionadas a banano, razón por la cual existe una carencia de información en plátano que no permite ajustar la tecnología para pequeños productores. Este hecho, sumado a la gran demanda de material de siembra de calidad y de bajo costo por parte de productores plataneros, es justificativo de la investigación. Por lo anterior, el objetivo principal del trabajo fue evaluar los efectos del tamaño de cormo y bencilaminopurina sobre la proliferación del plátano cv. Barraganete en dos ambientes de propagación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de la investigación

La investigación fue desarrollada durante la época seca del año 2021, en el campus experimental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, en Calceta, Manabí, Ecuador. El ensayo se ubicó geográficamente en las coordenadas 0°49'10" de latitud sur y 80°10'40" de longitud oeste, a una altitud de 21 msnm y temperatura ambiente promedio de 27.6°C

Material vegetal

El material de siembra utilizado fueron cormos de plátano cv. Barraganete, los cuales se limpiaron con cuchillo con la finalidad de remover restos biológicos de plagas y patógenos. Posteriormente fueron sumergidos en agua hirviendo por 25 segundos, con fines de desinfección fitosanitaria de acuerdo a lo sugerido por Coyne et al. (2010). Seguidamente, se procedió con la extirpación del meristemo apical del cormo principal y sus yemas secundarias con el propósito de inhibir la dominancia apical e inducir la activación y crecimiento de yemas axilares y multiyemas.

Cámara térmica y canteros

La estructura de la cámara térmica y cantero fueron construidos con materiales de la zona (caña guadua y madera), con dimensiones de 2 x 6 x 1.5 m de ancho, largo y alto, respectivamente, donde la cámara térmica fue cubierta con plástico transparente de 0.6 mm de espesor. Posteriormente, tanto el plástico de la cámara térmica y la armazón del cantero fueron cubiertos con malla sarán al 50 % de sombra, con la finalidad de reducir daño al tejido de las plántulas por fotooxidación. En el interior de la cámara térmica y canteros se construyeron platabandas sobre el nivel del suelo de 1.0 m de ancho y 0.25 m de alto, que fueron llenados de sustrato compuesto por cascarilla de arroz, compost y arena de río en relación volumétrica 1:1:1. Previo a la siembra de los cormos, los sustratos fueron esterilizados en tanques metálicos colocados sobre fuego durante seis horas, esto según lo recomendado por Koné et al. (2011).

Tratamientos, diseño y unidad experimental

El experimento se estableció con un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial de parcelas subdividas, donde a las parcelas grandes se asignó el factor ambiental de propagación (cámara térmica y canteros), a las parcelas pequeñas el factor hormonal (con BAP y sin BAP) y a las subparcelas el factor tamaño de cormo (2 ± 0.5 , 4 ± 0.5 y 6 ± 0.5 kg). En total, el experimento se desarrolló con 12 tratamientos, tres repeticiones y 36 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de parcelas de 1 m², donde se colocaron 12, 9 y 6 cormos por m² de 2 ± 0.5 , 4 ± 0.5 y 6 ± 0.5 kg, respectivamente, de acuerdo a los tratamientos evaluados. Como fuente de BAP se utilizó 6-benzylaminopurine de la marca Sigma, con una pureza superior al 99%. La aplicación de BAP se realizó una vez desinfectados los cormos e inhibida su dominancia apical, colocando una solución de 4 mL de BAP por cormo a una concentración de 40 mg L⁻¹. La solución de BAP fue aplicada en la cavidad dejada en el centro del cormo por la extirpación del punto de crecimiento. Luego de este procedimiento, los

cormos fueron dejados por 24 horas a la sombra con la finalidad de permitir que la solución de BAP aplicada sea absorbida por el tejido del cormo y evitar su descomposición por radiación solar. Finalmente, pasado este periodo, los cormos fueron colocados semienterrados sobre la superficie del sustrato de la cámara térmica y canteros.

Variables respuesta y análisis de datos

Las variables registradas fueron días a brotación, tasa de multiplicación por cormo (número de plántulas por cormo) y tasa de multiplicación por área (número de plántulas por m²). Los días a brotación fueron registrados cuando el 50% de los cormos emitieron brotes. La tasa de multiplicación por cormo fue estimada con la ecuación [1], a los 90 días de la emergencia de los primeros brotes. El número de plantas totales por m² se cuantificó contabilizando en cada unidad experimental a los 90 días de iniciada la brotación.

$$TM = \frac{\text{Número de plantas totales}}{\text{Número de cormos iniciales}} \quad [1]$$

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y la separación de medias con prueba de Tukey, ambas pruebas con el 5% de probabilidades de error. Se utilizó el paquete estadístico InfoStat versión 2019.

Manejo específico del experimento

En ambos ensayos, se realizó la fertilización de los cormos a los 15 días después de la siembra, colocando una dosis única de 20 g de un fertilizante soluble compuesto alrededor de cada cormo. La composición del fertilizante fue de N (12%), P₂O₅ (11%), K₂O (18%), MgO (2.7%), S (8%), B (0.015%), Fe (0.2%), Mn (0.02%) y Zn (0.02%). Seguidamente, se dejó el plástico de cámara térmica abierto durante 24 horas, con la finalidad de evitar la gasificación del fertilizante por efecto de la temperatura. El riego se realizó manualmente con ayuda de una manguera, aplicando el agua en drench superficial alrededor del cormo hasta dejar el suelo en capacidad de campo. Finalmente, con el propósito de evitar pudrición del centro del cormo por la caída de gotas de agua condensadas desde la cubierta del plástico y alta humedad generada en la cámara térmica, se procedió a aplicar cal hidratada encima del cormo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis de varianza, el tiempo de brotación solo fue influenciado significativamente ($p = 0.0001$) por el factor ambiente de propagación (AP), mientras que los factores bencilaminopurina (BAP), tamaños de cormo (TC) y sus respectivas interacciones, no influyeron esta variable (Tabla 1).

Lo anterior indica que la mayor temperatura alcanzada en el interior de la cámara térmica estimuló la activación y emergencia de yemas axilares de los cormos, en relación al cantero que se mantuvo a temperatura ambiente. Dentro de la cámara térmica la brotación de yemas se produjo en menor tiempo, en comparación con los canteros donde la brotación fue más tardía, con una diferencia de 12 días (Figura 1).

TABLA I. Significancia estadística de días a brotación y tasa de multiplicación de plántulas de plátano por cormo y por m² de ambiente de propagación.

Fuente de variación	p-valor ANOVA		
	Días a brotación	Tasa de multiplicación	
		Por cormo	Por área (m ²)
Ambiente de propagación (AP)	0,0001**	0,0001**	0,0001**
Bencilaminopurina (BAP)	0,4737 ^{NS}	0,0001**	0,0001**
Tamaños de cormo (TC)	0,8142 ^{NS}	0,0001**	0,0001**
AP x BAP	0,4737 ^{NS}	0,0001**	0,0001**
AP x TC	0,9917 ^{NS}	0,0226*	0,0214*
BAP x TC	0,8992 ^{NS}	0,3144 ^{NS}	0,2982 ^{NS}
AP x BAP x TC	0,8141 ^{NS}	0,5067 ^{NS}	0,8320 ^{NS}
C.V. %	6,85	7,24	7,41

CV = coeficiente de variación; *Significativo al 0.05; **Significativo al 0.01; ^{NS} No significativo al 0.05

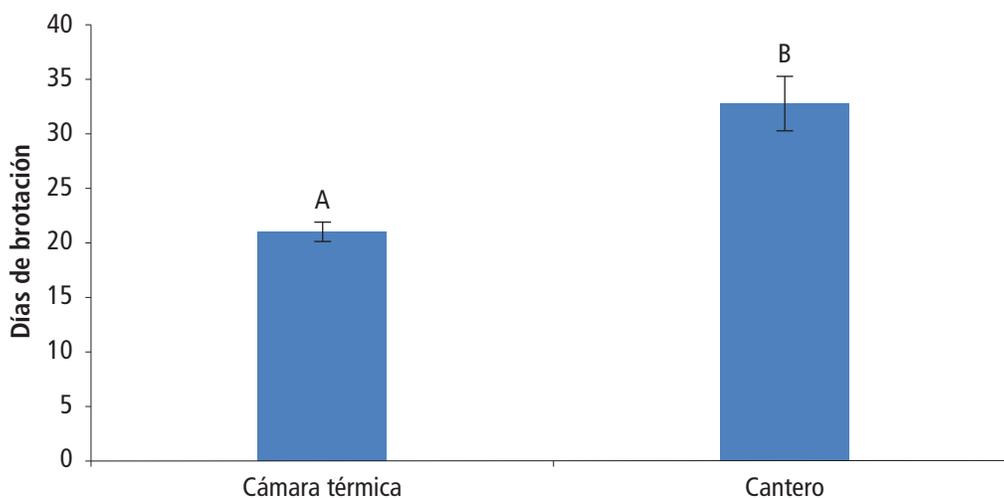


FIGURA 1. Efecto del ambiente de propagación sobre el tiempo de brotación de cormos de plátano cv. Barraganete. Cada barra representa la media de tres repeticiones (±desviación estándar). Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre medias (Tukey, $P < 0.05$).

Los resultados de tiempo de brotación son cercanos a los reportados por Ramírez et al. (2016), quienes obtuvieron un tiempo de brotación en banana cv. Saba de 17 días bajo condiciones de cámara húmeda, en contraste a los 20 días de brotación que se produjo en cormos colocados a temperatura y humedad ambiente. Del mismo modo, Álvarez et al. (2013) reportaron

tiempos de brotación en plátano cv. Hartón de 18 días bajo condiciones de cámara térmica, en relación a los 29 días que tardó la brotación en canteros.

Las tasas de multiplicación de plántulas por cormo y por área, fueron afectadas significativamente ($p < 0.05$) por los factores ambientes de propagación (AP), bencilaminopurina (BAP) y tamaños de cormo (TC), además de las interacciones AP x BAP y AP x TC, mientras que las interacciones BAP x TC y AP x BAP x TC no fueron significativas ($p > 0.05$) para las tasas de multiplicación (Tabla 1).

Dentro de la interacción AP x BAP el tratamiento con BAP en cámara térmica alcanzó la mayor producción de plántulas por cormo, con un incremento del 34, 48 y 59 % con relación a los tratamientos sin BAP en cámara térmica, con BAP y sin BAP en canteros, respectivamente (Tabla 2). En la interacción AP x TC, el cormo de 6 ± 0.5 kg en cámara térmica logró la mayor tasa de multiplicación de plántulas por cormo, con un incremento diferencial de 6, 10, 15, 18 y 21 plántulas con relación a los cormos de 4 ± 0.5 y 2 ± 0.5 kg en cámara térmica y los cormos de 6 ± 0.5 , 4 ± 0.5 y 2 ± 0.5 kg en canteros, respectivamente (Tabla 2).

TABLA II. Efecto de interacción entre ambientes de propagación (AP) x bencilaminopurina (BAP) y ambiente de propagación (AP) x tamaños de cormo (TC) sobre la tasa de multiplicación de plántulas de plátano por cormo a los 90 días después de la brotación.

Interacción AP x BAP		
Bencilaminopurina (BAP)	Ambiente de propagación (AP)	
	Cámara térmica	Cantero
Con BAP	36,22 a ^{1/}	19,00 c
Sin BAP	23,89 b	14,78 d
Interacción AP x TC		
Tamaños de cormo (TC)	Ambiente de propagación (AP)	
	Cámara térmica	Cantero
2 ± 0.5 kg	25,33 c ^{1/}	14,17 e
4 ± 0.5 kg	29,67 b	16,72 de
6 ± 0.5 kg	35,17 a	19,83 d

1/ Medias con letras distintas representan separación de medias de las interacción entre AP x BAP y AP x TC de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error

Al comparar el efecto principal de BAP, independientemente del efecto del AP y el TC, la aplicación de BAP incrementó la producción de plántulas en un 30%, con respecto al tratamiento sin BAP (Figura 2 A). Por otra parte, independientemente del efecto de BAP y AP, con el cormo de mayor tamaño, la producción de plántulas se incrementó en un 16 y 28 %, con relación a los cormos de 4 ± 0.5 y 2 ± 0.5 kg (Figura 2 B). Además, independientemente del efecto de BAP y TC, la producción de plántulas dentro de cámara térmica mostró un incremento de 13 plántulas, con respecto al cantero (Figura 2 C).

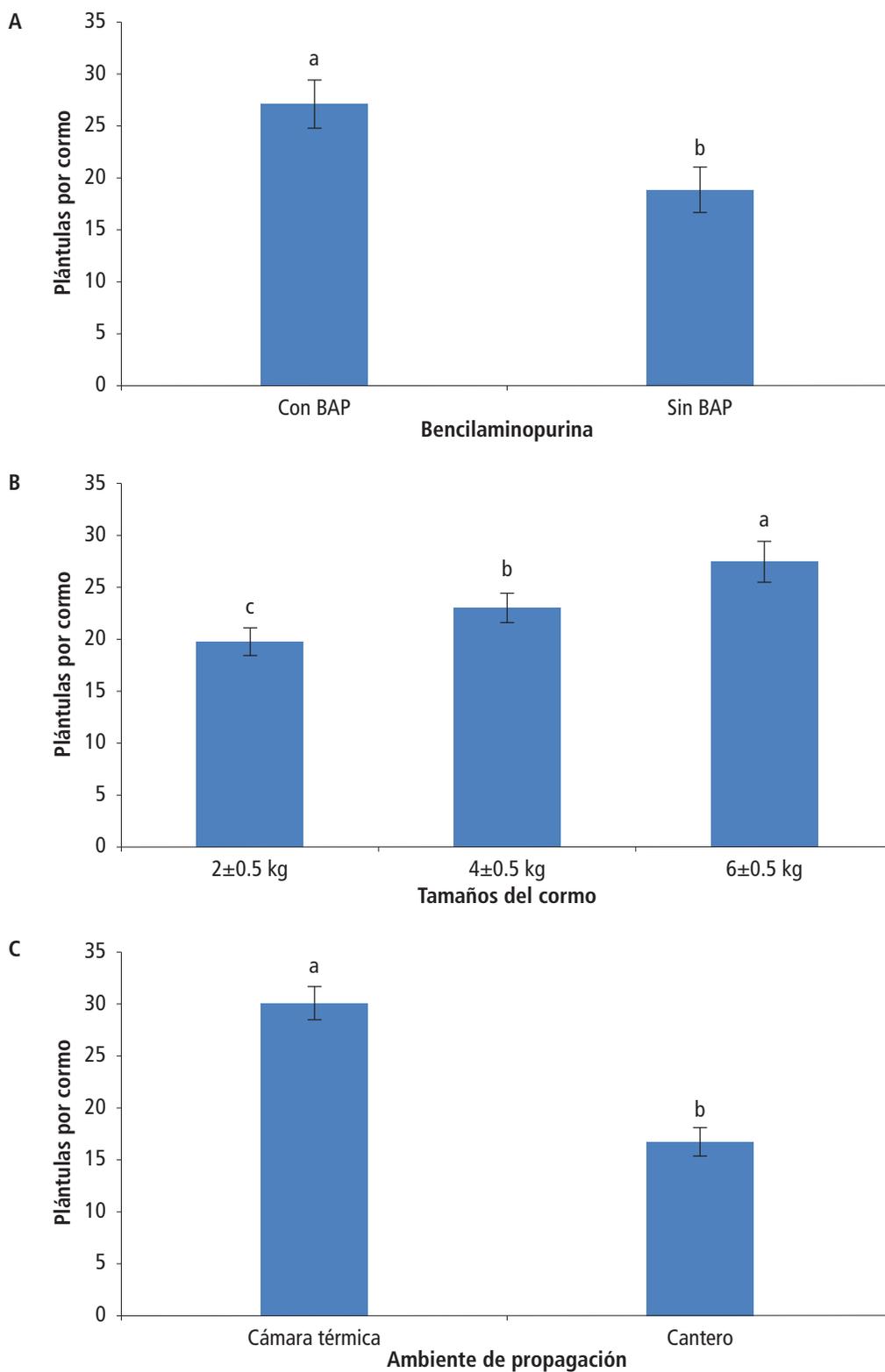


FIGURA 2. Efecto principal de bencilaminopurina (A), tamaños de cormo (B) y ambientes de propagación (C) sobre la tasa de multiplicación por cormo.

Dentro del análisis de interacción AP x BAP, el tratamiento BAP en cámara térmica logró la mayor tasa de multiplicación por área, con 423 plántulas por m², que superó a los tratamientos de cámara térmica sin BAP, canteros con BAP y sin BAP con 148, 201 y 255 plántulas por m², respectivamente (Tabla 3). Por su parte, en la interacción AP x TC, el tratamiento de cámara térmica con cormos de 2±0.5 kg produjo la mayor tasa de producción de plántulas por m², superando en un 6, 17, 44, 48 y 53 % a los cormos de 4±0.5 y 6±0.5 sembrados en cámara térmica y a los cormos de 2±0.5, 4±0.5 y 6±0.5 kg establecidos en canteros, respectivamente (Tabla 3).

TABLA III. Efecto de interacción entre ambientes de propagación (AP) x becilaminopurina (BAP) y ambientes de propagación (AP) x tamaños de cormo (TC) sobre la tasa de multiplicación de plántulas por m² a los 90 días después de la brotación.

Interacción AP x BAP		
Bencilaminopurina (BAP)	Ambiente de propagación (AP)	
	Cámara térmica	Cantero
Con BAP	423,00 a ^{1/}	222,00 c
Sin BAP	274,89 b	167,52 d
Interacción AP x TC		
Tamaños de cormo (TC)	Ambiente de propagación (AP)	
	Cámara térmica	Cantero
2±0.5 kg	377,68 a ^{1/}	210,15 c
4±0.5 kg	354,00 a	197,00 c
6±0.5 kg	315,17 b	177,14 d

1/ Medias con letras distintas representan separación de medias de las interacción entre AP x BAP y AP x TC de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error

En cuanto al efecto principal de BAP, independientemente del efecto de AP y TC, la producción de plántulas por m² fue mayor con aplicación de BAP, con el 31 % de incremento, en comparación al tratamiento sin BAP (Figura 3 A). Por su parte, el efecto principal de TC, independientemente del AP y BAP, la mayor proliferación de plántulas por m² se alcanzó con los cormos de menor tamaño (2±0.5 kg), que produjo una cantidad adicional de 18 y 47 plántulas por m², con respecto a los cormos de 4±0.5 y 6±0.5 kg, respectivamente (Figura 3 B). Así mismo, el efecto principal de AP, independientemente del efecto de BAP y TC, muestran que bajo condiciones de cámara térmica la tasa de multiplicación por m² se incrementó en un 44 %, con relación al cantero (Figura 3 C).

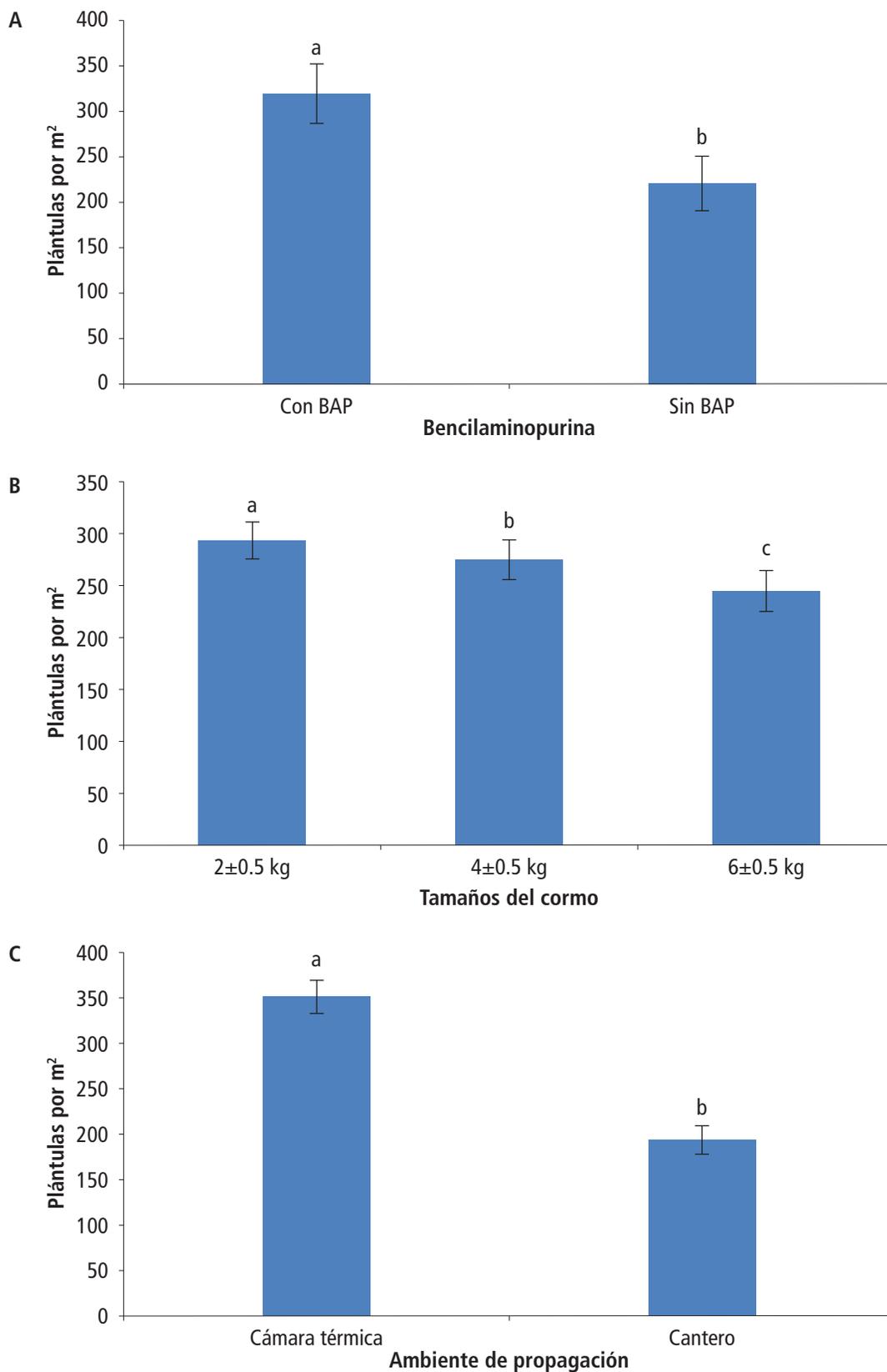


FIGURA 3. Efecto principal de bencilaminopurina (A), tamaños de cormo (B) y ambientes de propagación (C) sobre la tasa de multiplicación por m².

Los resultados alcanzados también indicaron un incremento directamente proporcional de la tasa de multiplicación de plántulas por cormo con el aumento del TC, y una tasa de multiplicación de plántulas por m² inversamente proporcional con el aumento del TC (Figura 4). La mayor producción de plántulas en cormos grandes, puede deberse a que estos rizomas presentan mayor cantidad de yemas activas y de reservas nutritivas, en relación a cormos de tamaño inferior. Lo anterior puede relacionarse con un estado fisiológico más avanzado, que podrían promover formación nuevos tejidos y órganos (Taji y Williams, 2005; Smith, 2013). En relación a lo anterior, varios autores han concluido que, en varias especies vegetales, los explantes y semillas de mayor tamaño, dependen en menor medida de los nutrientes del medio donde se desarrollan, dado la mayor cantidad de reservas nutritivas en sus órganos y tejidos, que pueden destinarse al crecimiento de nuevas estructuras (Shi et al., 2019).

Por otra parte, la mayor producción de plántulas por m² obtenidas en cormos de menor dimensión, puede explicarse por la mayor cantidad de cormos contenidos por superficie de cámara térmica y cantero.

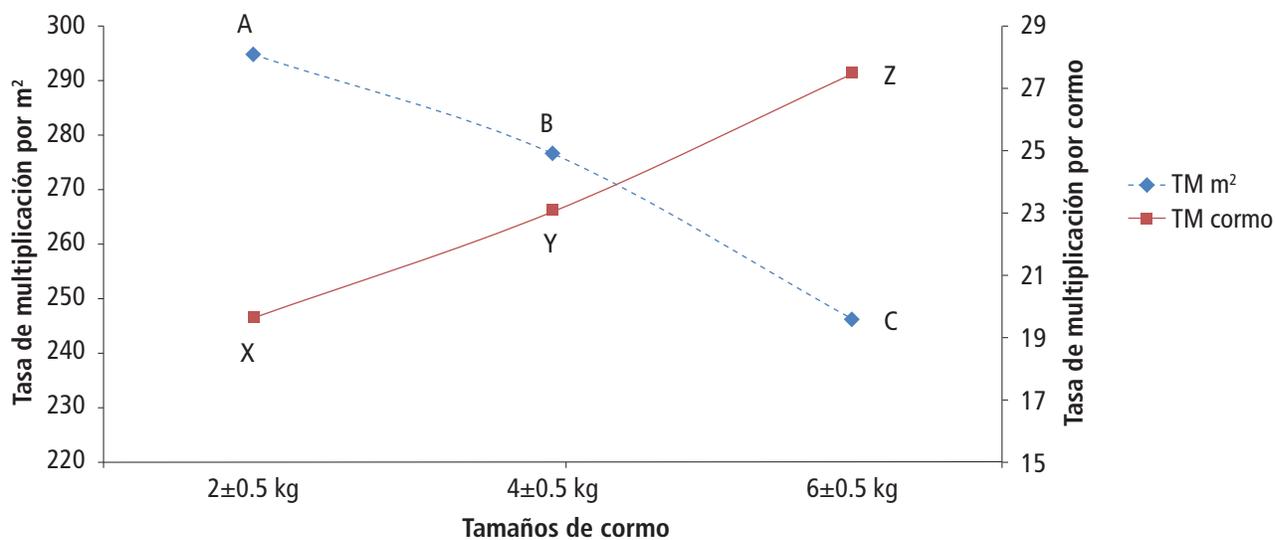


FIGURA 4. Tendencia de producción de plántulas de plátano por cormo y por m² de superficie, en función de los tamaños de cormo evaluados. Letras distintas indican diferencias estadísticas entre tamaños de cormo dentro de cada variable (Tukey, $P < 0.05$).

Los resultados alcanzados en relación al efecto del tamaño de cormo (TC) son cercanos a los obtenidos por Koné et al. (2016) quienes reportaron mayor producción de plántulas en rizomas de mayor tamaño. De manera similar, los resultados reportados por Ashango (2017) concluyeron que en cormos de *Ensete ventricosum* de 7 kg se alcanzó mayor proliferación de plántulas, en relación a rizomas de menor dimensión. Por su parte, Baganta et al. (2019) reportaron mayor producción de plántulas de plátano por m² a medida que el tamaño del cormo disminuía, contabilizando 942, 485 y 258 plántulas por m², en cormos de 1 – 1.5, 1.6 – 2.0 y 2.1 – 4.0 kg, respectivamente.

Por otra parte, los resultados obtenidos en cuanto al efecto de BAP, se asemejan a los reportados por Thiemele et al. (2015) y Cedeño et al. (2016), quienes con aplicación de BAP, obtuvieron incrementos de tasas de multiplicación en banano macropropagado del 50 y 80%, respectivamente, con relación a tratamientos sin BAP. En este mismo contexto, resultados cercanos también fueron obtenidos por Ramírez et al. (2016) y Opata et al. (2020), quienes reportaron tasas de multiplicación en banano y plátano de 73 y 33 plántulas por cormo con aplicación de BAP, en relación a tratamientos sin BAP que obtuvieron menor producción de plántulas. Por su parte, López et al. (2021) informaron que en plátano tratado con 40 mg L⁻¹ de BAP la producción de plántulas por cormo y m² de cámara térmica se incrementó en un 44%, con respecto al tratamiento sin BAP.

La mayor producción de plántulas en cormos tratados con BAP, puede deberse a que este fitorregulador modificó el balance hormonal citocininas/auxina a favor de las citocininas, lo cual contribuyó a una mayor activación de meristemos axilares. Esta teoría fue propuesta por Skoog y Miller en 1957 y aún sigue vigente (Cheng et al., 2013; Su y Zhang, 2014). Además, se ha demostrado que la aplicación de citocininas exógenas a órganos carentes de esta hormona induce mayores tasas de división celular. Por otra parte, se ha confirmado que la dominancia apical de los meristemos gobernada por auxinas, se suprime con altas concentraciones de citocininas, lo cual favorece la organogénesis hacia la formación de yemas axilares (Pereira et al., 2018; Shin et al., 2020).

En relación al ambiente de propagación (AP), los resultados alcanzados guardan similitud a los obtenidos por Álvarez et al. (2013), quienes reportaron una tasa de multiplicación en plátano de 90 brotes por m² por mes dentro de cámara térmica, en relación los 35 brotes por m² por mes obtenidos en canteros. En este mismo contexto, resultados hallados por Ramírez et al. (2016), reportaron una tasa de multiplicación en banano de 54 brotes por cormo dentro de una cámara de crecimiento con humidificador, en contraste a los 36 brotes por cormo alcanzados sin humidificador. Por su parte, Ntamwira et al. (2017) reportaron en promedio una producción de 13 plántulas por cormo bajo condiciones de cámara de crecimiento, con respecto a las 8 plántulas por cormo logradas en un cantero convencional a temperatura ambiente.

La mayor producción de plántulas dentro de cámaras térmicas con relación a los canteros, puede deberse a que la alta temperatura provocada por el plástico aceleró la respiración celular de los cormos, lo cual promovió una mayor tasa de división y crecimiento celular, que conllevó a una rápida activación de yemas latentes y formación de brotes adventicios y callos. En este sentido, el efecto de la temperatura sobre la modificación del crecimiento vegetal está ampliamente documentado (Dhaval y Keara, 2009; Hatfield y Prueger, 2015).

CONCLUSIONES

El uso de bencilaminopurina (BAP) fue efectivo para incrementar la tasa de multiplicación individual de los cormos y masificar la producción de plántulas por m². El tamaño de cormo influyó la tasa de multiplicación en cámara térmica y canteros, donde cormos grandes produjeron mayor cantidad de plántulas por cormo, pero menor cantidad por m². El efecto contrario se obtuvo con cormos pequeños. El calor y humedad generada por la cámara térmica fue efectivo para acelerar la brotación de los cormos y potenciar la tasa de multiplicación de plántulas de plátano. Se recomienda el uso de cámara térmica como método efectivo de macropropagación de plátano, cuya efectividad puede mejorarse con el uso de fitohormonas como BAP.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, por haber financiado parte de la investigación a través del proyecto institucional CUP 381232 “Selección de clones élites de plátano (Musa AAB Simmonds.) de alto potencial productivo a partir de fincas plataneras de Manabí”, que se ejecutó durante el periodo 2017-2021 como consta en la Secretaría de Planificación del Estado Ecuatoriano. También agradecemos al Programa de Banano, Plátano y otras Musáceas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, por la colaboración en el diseño y ejecución del trabajo de investigación.

REFERENCIAS

- Álvarez, E., G. Ceballos, L. Gañán, D. Rodríguez, S. González y A. Pantoja. (2013). Producción de material de «siembra» limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 16 p.
- Ashango, T. (2017). Effect of corm and corm pieces on regeneration and multiplication of enset (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman). *International Journal of Research – GRANTHAALAYAH*, 5(5), 281-289. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v5.i5.2017.1860>.
- Beltrón C., A. Sánchez y M. Ortiz. (2018). El fortalecimiento de la comercialización del plátano mediante formas asociativas. caso de estudio del cantón El Carmen de la provincia de Manabí. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* (agosto 2018). Recuperado en línea: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/08/comercializacion-platano-ecuador.html>
- Bangata, B., K. Mobambo, M. Kasongo, D. Shungu, K. Vuvu, P. Vangu. et al. (2018). Évaluation du potentiel prolifératif de six cultivars de bananier (cv. AAB, ABB, et AAA) par macropropagation en République Démocratique du Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 127(1), 12770-12784. <https://doi.org/10.4314/jab.v127i1.3>.

- Baganta, B. M., N. Ngbenelo et K. Mobambo. (2019). Evaluation du potentiel de prolifération d'explants de différentes dimensions de bananier plantain (*Musa sp. cv. AAB*) par la macropropagation en conditions semi-contrôlées. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 2(2), 25-31.
- Cedeño, G. A., H. Soplín, S. Helfgott, G. Cedeño y I. Sotomayor. (2016). Aplicación de biorreguladores para la macro-propagación del banano cv. Williams en cámara térmica. *Agron Mesoam*, 27(2), 397-408. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v27i2.24390>
- Cheng, Z., Wang, L., Sun, W., Zhang, Y., Zhou, C., Su, Y., Li, W., Sun, T., Zhao, X., Li, X., Cheng, Y., Zhao, Y., Xie, Q., and Zhang, X. (2013). Pattern of Auxin and Cytokinin Responses for Shoot Meristem Induction Results from the Regulation of Cytokinin Biosynthesis by AUXIN RESPONSE FACTOR3. *Plant Physiology*, 161(1), 240-251. <https://doi.org/10.1104/pp.112.203166>
- Dhaval, P., and Keara, F. (2009). Temperature-regulation of plant architecture. *Plant Signaling & Behavior*, 4(7), 577-579. <https://doi:10.4161/psb.4.7.8849>.
- Deo, B., Keshari, B and Pradhan, B. (2019). In vitro propagation of popular banana cultivar (*Musa spp. Cv. Patakpura*). *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 44(4), 641-648. <https://doi.org/10.3329/bjar.v44i4.45699>
- Galán, V., Rangel, A., Lopez, J., Perez, J., Sandoval, J., y Souza, H. (2018). Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*, 40, 4, e-574. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018574>
- Hatfield, J., and Prueger, J. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 10, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>.
- Jacobsen, K., Omondi, B., Almekinder, C., Alvarez, E., Blomme, G., Dita, M., Iskra-Caruana, M., Ocimatii, W., Tinzaara, W., Kumar, P., and Staver, C. (2019). Seed degeneration of banana planting materials: strategies for improved farmer access to healthy seed. *Plant Pathology*, 68(1), 207-228. <https://doi.org/10.1111/ppa.12958>
- Coyne, D., A. Wasukira, J. Dusabe, I. Rotifa and T. Dubois. (2010). Boiling water treatment: A simple, rapid and effective technique for nematode and banana weevil management in banana and plantain (*Musa spp.*) planting material. *Crop Protection*, 29(12), 1478-1482. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.08.008>
- Koné, T., Koné, M., Teixeira, J., Koné, D., and Kouadio, J. (2011). Effect of substrate type and bulb size on in vivo production of seedlings in three cultivars of plantain (*Musa spp.*). *The African Journal of Plant Science and Biotechnology*, 5(1), 50-55.
- Koné, T., Soumahoro, A., Coulibaly, Z., Traore, S., Koné, D., and Koné, M. (2016). Effects of substrates, weight and physiological stage of suckers on massive propagation of plantain (*Musa paradisiaca L.*). *International Journal of Research – GRANTHAALAYAH*, 4(1), 1-13. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v4.i1.2016.2837>.
- Lassois L., Lepoivre P., Swennen R., van den Houwe I., and Panis B. (2012) Thermotherapy, Chemotherapy, and Meristem Culture in Banana. In: Lambardi M., Ozudogru E., Jain S. (eds) *Protocols for Micropropagation of Selected Economically-Important Horticultural Plants. Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols)*, vol 994. Humana Press, Totowa, NJ. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-074-8_32

- López, J., Cedeño, G., y Cedeño, G.A. (2021). Efectos de bencilaminopurina y tipo de brotes en la producción y calidad de plántulas de plátano vía macropropagación. *Revista ALFA*, 5(15), 386-399. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.124>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2020). Sistema de Información Pública Agropecuaria, Ficha técnica del cultivo de plátano (*Musa AAB*). Recuperado en línea: <https://n9.cl/5d6fp>
- Njau, N., Mwangi, M., Gathu, R., Mbaka, J., and Muasya, R. (2011). Banana weevil (*Cosmopolites sordidus*) reduces availability of corms for seedling production through macropropagation technology. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 12(1), 1537-1542.
- Ntamwira, J., Sivirihauma, C., Ocimati, W., Bumba, M., Vutseme, L., Kamira, M., and Blomme, G. (2017). Macropropagation of banana/plantain using selected local materials: A cost-effective way of mass propagation of planting materials for resource-poor households. *European Journal of Horticultural Science*, 82(1), 38-53. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2017/82.1.5>
- Opata, J., Melichar, P., Hegele, M., Hegele, S., Dzomeku, B., and Wünsche, J. (2020). Macropropagation of plantain (*Musa AAB*): Responses to hormonal and mechanical corm manipulation. *Fruits*, 75(3), 123-129. <https://doi.org/10.17660/th2020/75.2.3>
- Panattoni, A., Luvisi, A., and Triolo, E. (2013). Review. Elimination of viruses in plants: twenty years of progress. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(1), 173-188. <https://doi.org/10.5424/sjar/20131111-3201>
- Pereira, G., Santaella, M., Alves, L., Silva, E., Flenga, A., and Santos, D. (2019). Concentrations of 6-Benzylaminopurine (BAP) in micropropagation of banana 'Farta Velhaco' (*AAB*). *Comunicata Scientiae*, 9(1):58-63. <https://doi.org/10.14295/CS.v9i1.2034>
- Ramirez, J., Batoom, G., and Sacayanan, A. (2016). Macropropagation of Saba Banana Using Misting System and Different Plant Growth Enhancers. *MAYFEB Journal of Agricultural Science*, 4, 28-33.
- Rodríguez, D., Ceballos, G., Mejía, J., Álvarez, E., y Lugo, O. (2013). Construcción, implementación y estandarización de cámara térmica para producción de semilla de plátano libre enfermedades. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, COL.
- Su, Y., and Zhang, X. (2014). The Hormonal Control of Regeneration in Plants. *Current Topics in Developmental Biology*, 108, 35-69. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391498-9.00010-3>
- Smith, R. (2013) *Plant Tissue Culture (Third Edition)*. Chapter 4, Pages 45-51 - Explant Preparation. Academic Press Elsevier, San Diego. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415920-4.00004-9>
- Shi, W., Villar-Salvador, P., Li, G., and Jiang, X. (2019). Acorn size is more important than nursery fertilization for outplanting performance of *Quercus variabilis* container seedlings. *Annals of Forest Science*, 76, 22. <https://doi.org/10.1007/s13595-018-0785-8>
- Shin, J., Bae, S., and Seo, P. (2020). De novo shoot organogenesis during plant regeneration. Review paper. *Journal of Experimental Botany*, 71(1), 63-72. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz395>

- Taji, A., and Williams, R. (2005). Use of in vitro breeding strategies in the development of Australian native plants. *Acta Horticulturae*, 683, 87-93. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.683.7>
- Thiemele, D., Issali, A., Traore, S., Kouassi, K., Aby, N., Gnonhour, P., Kobenan, J., Yao, T., Adiko, A., and Zakra, A. (2015). Macropropagation of plantain (*Musa* spp.) Cultivars PITA 3, FHIA 21, ORISHELE and CORNE 1: effect of benzylaminopurine (BAP) concentration. *Journal of Plant Development*, 22, 31-39.