



Cambios morfológicos en variedades de piña propagadas *in vitro* ('MD-2' y 'Champaka F-153') durante la fase crecimiento en condiciones de campo

Morphological changes in *in vitro* propagated pineapple varieties ('MD-2' and 'Champaka F-153') during the growth phase under field conditions

^{ID}Romelio Rodríguez Sánchez^{1*}, ^{ID}Diana Rodríguez Hernández¹, ^{ID}Exnier González Suarez¹,
^{ID}Calor C. Carvajal Ortiz², ^{ID}Gustavo Y. Lorente González²,
^{ID}Lelurlys Nápoles Borrero², ^{ID}Oscar Concepción Laffitte²

¹Unidad de Desarrollo e Innovación. Empresa Agroindustrial Ceballos. Carretera a Ceballos km. 9 ½. Ciego de Ávila, Cuba.

²Centro de Bioplasmas. Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Carretera a Morón, km 9 ½ Ciego de Ávila, Cuba.

RESUMEN: La micropropagación constituye una alternativa viable para la multiplicación acelerada piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), especialmente cuando se requiere introducir nuevas variedades a escala productiva. El presente estudio se desarrolló en la Empresa Agroindustrial Ceballos, con el objetivo de comparar el crecimiento en campo de dos variedades de piña micropropagadas (el híbrido 'MD-2' y 'Champaka F-153') bajo condiciones edafoclimáticas de Ciego de Ávila, Cuba. Las plantas se establecieron a una densidad de 68 000 plantas ha⁻¹ en canchales cubiertos con manta plástica y dispuestos en doble hilera. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con tres réplicas por tratamiento. Cada 90 días se evaluaron 20 plantas homogéneas seleccionadas aleatoriamente por parcelas. Las variables medidas incluyeron: porcentaje de supervivencia (%), masa fresca de la planta (kg), longitud de la planta (cm), número de raíces, número de hojas emitidas, masa fresca de la hoja "D" (g), longitud de la hoja "D" (cm), ancho de la hoja "D" (cm). Los resultados mostraron que 'Champaka F-153' alcanzó un 99 % de supervivencia a los 90 días, mientras que 'MD-2' alcanzó un 96%. Durante este periodo, la masa fresca 'Champaka F-153' se incrementó en 226 g, frente a 156 g en 'MD-2' con diferencias significativas entre ambas. No obstante, a los 270 días no se observaron diferencias significativas en el número de hojas, número de raíces y masa fresca de la hoja "D". Estos resultados evidencian diferencias iniciales en la capacidad de adaptación y crecimiento, las cuales tiende a atenuarse durante etapas avanzadas del ciclo vegetativo.

Palabras clave: Adaptación, micropropagación, morfología, piña, vitroplantas.

ABSTRACT: *In vitro* multiplication is a feasible technique for the accelerated propagation of pineapple (*Ananas comosus* var. *comosus*), particularly when introducing new varieties at a commercial scale. This study was conducted at the "Pineapple Production" Base Business Unit, part of the Ceballos Agroindustrial Company, to compare the field performance of two micropropagated pineapple varieties, hybrid 'MD-2' and 'Champaka F-153', under the edaphoclimatic conditions of Ciego de Ávila, Cuba. Plants were established at a density of 68,000 ha⁻¹ in double rows on raised beds covered with plastic mulch. A randomized complete block design with three replications per treatment was used. Every 90 days, 20 homogeneous plants per plot were randomly selected and evaluated for: survival rate, plant fresh mass, plant length, number of roots, number of leaves, and fresh mass, length, and width of the "D" leaf. Results indicated that 'Champaka F-153' reached 99 % survival after 90 days, while 'MD-2' reached 96 %. During this period, fresh mass increased by 226 g in 'Champaka F-153' and 156 g in 'MD-2', with significant differences between varieties. However, at 270 days, no significant differences were observed in the number of leaves, the number of roots, or the fresh mass of the "D" leaf. These findings suggest initial differences in adaptation and growth that tend to level off during later vegetative stages.

Key words: Adaptation, micropropagation, morphology, pineapple, vitroplants.

*Autor para correspondencia: rodriguezromelio66@gmail.com

Recibido: 09/10/2025

Aceptado: 10/04/2026

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución de los autores: **Conceptualización:** Romelio Rodríguez, Oscar Concepción. **Investigación:** Romelio Rodríguez, Diana Rodríguez, Carol Carvajal, Lelurlys Nápoles. **Redacción - borrador original:** Romelio Rodríguez, Exnier González Suarez y Gustavo Y. Lorente. **Curación de datos:** Romelio Rodríguez.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) es la especie de mayor relevancia económica dentro de la familia Bromeliaceae. Aporta más del 20 % del volumen mundial de frutos tropicales, ubicándose solo detrás del banano y el mango. En la actualidad, el híbrido 'MD-2' es la variedad más comercializada y demandada para el consumo en fresco a nivel internacional (1). Su introducción transformó el mercado global de la piña, incrementando el consumo per cápita en Estados Unidos y Europa, y exigió el desarrollo de estrategias logísticas y tecnológicas para satisfacer la creciente demanda (2).

'MD-2' se caracteriza por su alto potencial de rendimiento (hasta 100 t ha⁻¹) y atributos organolépticos superiores. No obstante, presenta mayor susceptibilidad a enfermedades fúngicas y requiere un manejo agrotécnico más intensivo que variedades como 'Cayena lisa' o 'Champaka F-153', lo que incrementa sus costos de producción, aunque estos son compensados por su mejor precio en el mercado (2). En el contexto cubano, se reconoce la necesidad de diversificar las variedades cultivadas como parte de una estrategia productiva sostenible (3,4).

'Champaka F-153', una selección de 'Cayena lisa', se distingue por su vigor, hojas sin espinas, excepto en el ápice, de color verde oscuro intenso con tonalidades rojizas y una baja emisión de hijuelos, lo que favorece el desarrollo de frutos de mayor calidad. Bajo condiciones óptimas, puede alcanzar rendimientos cercanos a 100 t ha⁻¹ con densidades de 60 000 plantas ha⁻¹ (5,6).

En Cuba, la producción de piña estuvo históricamente basada en 'Española roja' y, en menor medida, en 'Cayena lisa Serrana', genotipos bien adaptados a las condiciones agroecológicas del país (7). Sin embargo, durante la década de 1990, la reducción de áreas cultivadas y la consecuente escasez de hijuelos limitaron severamente la producción (8,9).

A partir de 2008, la Empresa Agroindustrial Ceballos lideró un programa para la recuperación del cultivo en Ciego de Ávila, en el marco de una estrategia nacional. En 2009 se introdujo el híbrido 'MD-2' (Gold Extra Sweet) procedente de Costa Rica, cuya adaptación a las condiciones locales resultó exitosa. No obstante, la disponibilidad de material vegetal de calidad constituye aún la principal limitante para la expansión de 'MD-2' y 'Champaka F-153' (10).

En 2019, el Centro de Bioplasmas de la Universidad de Ciego de Ávila inició un proyecto de innovación tecnológica orientado a estandarizar la micropropagación de ambas variedades, con el fin de establecer bancos de semilla básica en la UEB "Producción de Piña" (10). El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar los cambios morfológicos de dos variedades propagadas *in vitro* ('MD-2' y 'Champaka F-153') durante su ciclo de desarrollo vegetativo en condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Unidad Empresarial de Base (UEB) "Producción de piña" (21°47'N, 78°48'O), perteneciente a la Empresa Agroindustrial Ceballos. Se emplearon plantas micropropagadas de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) híbrido 'MD-2' y 'Champaka F-153', provenientes de la Unidad de Escalado y Transferencia Tecnológica del Centro de Bioplasmas, luego de 6,5 meses de aclimatación y endurecimiento.

El suelo del área experimental se clasificó como Ferralítico Rojo Típico. Previo a la plantación, se realizó un análisis químico (Tabla 1) según las normas del Instituto Nacional de Suelos y Fertilizantes (NR. 279, 1987). El manejo del cultivo se ajustó al protocolo establecido por la UEB para plantas micropropagadas, con modificaciones en el régimen de fertilización. Durante el ciclo vegetativo se aplicaron dosis totales de 615, 310, 550, 38,25 y 0,55 kg ha⁻¹ de N, P, K, Mg y Ca, respectivamente, así como micronutrientes: Fe (1,50), Mn (6,28), Zn (1,80), B (0,57), Cu (0,17) y Mo (0,08 kg ha⁻¹). La fertilización foliar se realizó con un asperjador CLAXON (76 boquillas, 3200 L de capacidad). El riego por aspersión se ejecutó mediante un sistema de pivote central (Western, TUSA SA).

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2 × 4 (dos variedades y cuatro momentos de evaluación). Cada tratamiento se replicó en tres parcelas de 13 × 6,70 m (seis surcos en doble hilera cubiertos con nylon plástico de 90 µm), plantadas en abril de 2019 a una densidad de 58 600 plantas ha⁻¹.

Variables evaluadas

Se evaluaron 20 plantas homogéneas seleccionadas al azar por parcela a los 0, 90, 180 y 270 días después de la plantación (ddp). Las variables registradas fueron: supervivencia (%), masa fresca de la planta (g), longitud de la planta (cm), número de hojas, número de raíces, masa fresca de la hoja "D" (g), longitud de la hoja "D" (cm) y ancho de la hoja "D" (cm). Además, se calculó la tasa de crecimiento absoluto (TCA): $TCA = (MF_2 - MF_1) / (t_2 - t_1)$ donde MF es la masa fresca y t el tiempo.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el software STATISTIC 8.0. Se verificaron los supuestos de normalidad (Kolmogorov-Smirnov, $P \leq 0,05$) y homogeneidad de varianzas (Levene, $P \leq 0,05$). Se aplicó un ANOVA factorial y la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) para la comparación de medias.

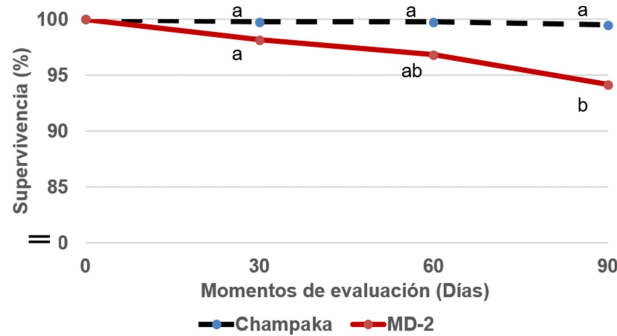
Tabla 1. Características químicas del suelo en el área experimental

K ₂ O (mg 100 ⁻¹ g S.)	P ₂ O ₅ (mg 100 ⁻¹ g S.)	M.O. (%)	Mg (Cmol kg ⁻¹)	Ca (Cmol kg ⁻¹)	pH (KCl)
29,40	15,0	2,46	2,27	2,86	4,5

Los porcentajes de supervivencia se transformaron mediante $y' = 2 \arccos(y/100)^{0.5}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La **Figura 1** muestra el comportamiento de la supervivencia de las dos variedades en los primeros 90 días luego de su plantación en condiciones de campo.



Medias con letras diferentes indican significación (ANOVA factorial Tukey $P \leq 0,05$). Los datos se transformaron según $y' = 2 \arccos(y/100)^{0.5}$. Cada dato representa la media para $n=20$

Figura 1. Comportamiento de la supervivencia (%) de las plantas de piña 'MD-2' y 'Champaka F-153' durante los primeros 90 días luego de su plantación en condiciones de campo

A los 90 días ddp 'Champaka F-153' presentó una supervivencia significativamente superior (99,5%) a la de 'MD-2' (94,1%) (**Figura 1**). No obstante, en evaluaciones previas (30 y 60 ddp) no se detectaron diferencias significativas. Estos resultados indican una rápida capacidad de adaptación de ambas variedades a condiciones de alta radiación y estrés hídrico, aunque con ventaja para 'Champaka F-153' en la fase final del período de establecimiento. Los valores de supervivencia superan los reportados para 'MD-2' (90,19 %) (7), lo que podría atribuirse al mayor tamaño de las plantas al momento del trasplante (11).

La coloración amarillenta observada durante los primeros meses, más acentuada en 'Champaka F-153', es indicativa de fotoinhibición, probablemente asociada a la alta radiación solar y temperatura. Estos síntomas disminuyeron progresivamente, lo que sugiere una efectiva recuperación de los sistemas fotosintéticos y la activación del metabolismo CAM constitutivo (12,13). Los daños en los fotosistemas por alta radiación desencadenan la producción de especies

reactivas del oxígeno. Estas especies dañan estructuras proteicas, membranas celulares y componentes celulares como el ADN y el ARN (14-16).

Los primeros 90 días son cruciales en cuanto a la adaptación de las plantas a las nuevas y estresantes condiciones ambientales a que se transfieren las plantas micropropagadas a condiciones de campo. La **Tabla 2** muestra el desarrollo que alcanzaron ambas variedades durante los primeros 90 días.

Durante los primeros 90 días (ddp), 'Champaka F-153' mostró incrementos significativamente superiores a 'MD-2' en masa fresca (226 vs. 156 g), longitud de la planta, número de hojas y número de raíces (**Tabla 2**). No se observaron diferencias en la longitud radical. La TCA fue de 2,5 g día⁻¹ para 'Champaka F-153' y 1,7 g día⁻¹ para 'MD-2'. Estos resultados confirman un mayor vigor inicial de 'Champaka F-153' en condiciones de campo (17).

Los resultados demuestran que la variedad 'Champaka F-153' tiene una mayor tasa de crecimiento que 'MD-2' en los primeros 90 días luego de ser transferidas las plantas a condiciones de campo. Parece indicar que la misma acumula mayores reservas, a partir de la emisión de nuevos órganos, lo que favorece elevar los niveles de supervivencia (**Figura 1**).

En la **Figura 2** se puede apreciar el desarrollo de las plantas 'MD-2' y 'Champaka F-153' en condiciones de campo.



Figura 2. Plantas de 'MD-2' (superiores) y 'Champaka F-153' (inferiores) durante el proceso de crecimiento en campo a los 90 días (izquierda) y 180 días (derecha)

Tabla 2. Comportamiento de algunas variables morfológicas de las plantas de MD-2 y 'Champaka F-153' (CPK) en los primeros 90 días de plantadas en campo

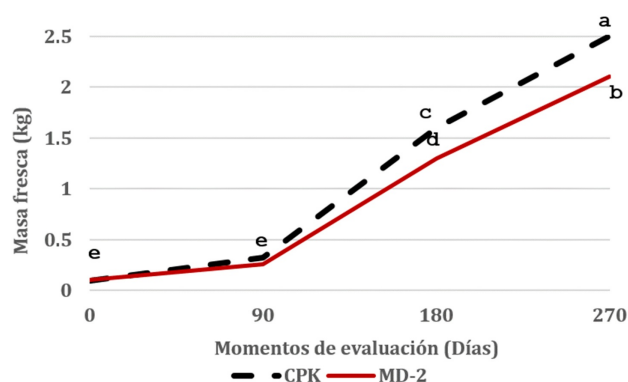
Momentos evaluación	Masa fresca (g)		Longitud de la planta (cm)		Número de hojas		Número de raíces		Longitud de la raíz (cm)	
	CPK	MD-2	CPK	MD-2	CPK	MD-2	CPK	MD-2	CPK	MD-2
Siembra	96,0 c	104,5 c	33,0 b	34,0 b	26,0 b	23,5 c	12,8 c	14,2 c	28,2 b	38,5 a
90 días	322,0 a	261,0 b	39,9 a	34,6 b	29,6 a	26,9 b	51,3 a	35,3 b	34,4 a	34,6 a
EE.	35,8		1,3		0,7		4,8		3,2	

En cada variable letras distintas indican diferencias significativas para prueba T-Students. Cada dato representa la media para $n=20$. EE= Error estándar

En la **Figura 2** se observa la típica coloración verde en las hojas de la 'MD-2' (superior), mientras que se aprecia un color verde-rojizo en las hojas de 'Champak F-153' (inferior). Desde el momento en que se expusieron las plántulas a las drásticas condiciones de ambiente natural (mayor intensidad de luz y temperatura) presentaron estas apariencias típicas de ambas variedades (2,18).

También se observó una ligera amarillez en las hojas de las plántulas propia de la desnaturalización de las clorofilas, síntomas de fotoinhibición. Aunque se pudo observar una pronta recuperación de estos síntomas en la evaluación realizadas posteriormente, lo que indica la pronta adaptación y rápida recuperación a los cambios ambientales característicos en las plantas CAM (19). Por otro lado, en 'Champak F-153' se evidenció que las hojas son de mayor grosor y más caedizas que en la 'MD-2', las cuales tienden a ser más estrechas y alargadas y con una posición más vertical respecto al eje central de la planta (2,18).

En la **Figura 3** se puede observar el comportamiento de la masa fresca de las plantas durante su desarrollo en las condiciones de campo.



Medias con letras diferentes indican significación (ANOVA factorial Tukey $P \leq 0,05$). Cada dato representa la media para $n=20$

Figura 3. Comportamiento de la masa fresca de las plantas de 'MD-2' y 'Champak F-153' (CPK) durante los 270 días luego de su plantación en condiciones de campo

Los resultados muestran que en los primeros 90 días, aunque existió un ligero incremento en las masas frescas, no se observan diferencias significativas entre las dos variedades. Sin embargo, en la evaluación realizada a

los 180 días se aprecian diferencias significativas entre ambas variedades y con respecto a la evaluación que le antecedió, con valores de 1,27 kg para 'Champak F-153' y 1,03 kg en 'MD-2' en apenas 90 días. Al final de la fase vegetativa (270 días), se observan diferencias significativas entre ambas variedades, así como con todos los momentos de evaluación anteriores, los incrementos de masas en esta etapa fueron de 900 y 800 g para 'Champak F-153' y 'MD-2' respectivamente (20).

Desde el momento de siembra hasta antes de la inducción artificial de la floración, la variedad 'Champak F-153' incrementó 2,49 kg, mientras que 'MD-2' logró 2,09 kg con una diferencia de 400 g durante el mismo período de tiempo y bajo las mismas condiciones ambientales y agrotécnicas. Estos resultados corroboran que durante los primeros tres meses las plantas de piña se encuentran adaptándose a las nuevas condiciones donde se plantaron y debe desarrollar nuevos órganos (hojas y raíces), por lo que la planta depende de las reservas que acumuló previamente, luego de esta nueva emisión de hojas y raíces, estas alcanzan un crecimiento exponencial de las masas fresca (7,17).

Sin embargo, cuando se analizó la Tasa de Crecimiento Absoluta (TCA) en los últimos 90 días en campo (180 a 270 d) se evidenció que las plantas de 'Champak F-153' alcanzan 10 gramos por día, mientras que 'MD-2' logra 8,8 gramos (1,2 g de diferencia diaria). Estos resultados ponen de manifiesto que las plantas propagadas *in vitro* de 'Champak F-153' tiene una tasa de crecimiento superior a 'MD-2'. Estos resultados difieren de lo reportado en la literatura, donde se plantea que la planta 'MD-2' alcanza el peso para la inducción con al menos un mes adelantada a las demás variedades comerciales (2,21).

La **Tabla 3** muestra el comportamiento en el tiempo de algunas variables morfológicas evaluadas en las plantas desde el momento de la siembra hasta antes del momento de inducción artificial de la floración (270 días).

A los 270 ddp, 'Champak F-153' superó significativamente a 'MD-2' en longitud de la planta (97,7 vs. 77,3 cm), aunque no se observaron diferencias en número de hojas, número de raíces, ni masa fresca de la hoja "D" (**Tabla 3**). Esta última variable no alcanzó los valores recomendados para inducción floral (70-80 g), lo que sugiere que las condiciones ambientales o de manejo pudieron limitar la acumulación de reservas (12).

Tabla 3. Comportamiento de algunas variables morfológicas de las plantas de 'MD-2' y 'Champak F-153' (CPK) desde el momento de plantación y hasta los 270 días en campo

Momentos evaluación	Longitud de la planta (cm)		Número de hojas		Masa fresca de Hoja "D" (g)		Número de raíces	
	CPK	MD-2	CPK	MD-2	CPK	MD-2	CPK	MD-2
Plantación	33,0 d	34,0 d	26,0 bc	23,5 c	-	-	12,8 d	14,2 d
90 días	39,9 d	34,6 d	29,6 b	26,9 bc	21,8 d	20,3 d	51,3 b	35,3 c
180 días	61,6 c	63,1 c	31,6 b	28,1 b	33,3 c	31,2 c	58,2 a	61,3 a
270 días	97,7 a	77,3 b	50,4 a	48,9 a	55,0 a	58,0 a	58,5 a	57,6 a
EE	10,5		2,6		3,1		3,6	

En cada variable letras distintas indican diferencias significativas (ANOVA factorial Tukey $P \leq 0,05$). Cada dato representa la media para $n=20$. EE= Error estándar

Al parecer los incrementos en las masas frescas de las plantas de 'Champaka F-153' están relacionados a los mayores valores alcanzados en las variables longitud de la planta (20,4 cm) y número de hojas emitidas. La mayor masa fresca encontrada en la hoja "D" puede estar asociada a un mayor desarrollo de tejidos de reservas en sus hojas bajo las mismas condiciones de cultivos, por ser 'MD-2' menos rústica que la 'Champaka F-153'.

Es conocido que el crecimiento de las plántulas de piña es lento, motivado entre otras causas por el metabolismo de fijación del carbono (Metabolismo Acido de las Crasuláceas (CAM del inglés) que la mismas presentan (22). Su metabolismo puede operar como "CAM inducible o "CAM facultativa" en condiciones *in vitro* y durante las etapas de aclimatización (19,23), pero ya en condiciones de campo las plantas de piña se comportan como "CAM constitutiva" o "CAM obligada". Estas variaciones hacen que su comportamiento en cuanto al crecimiento y desarrollo tenga una gran relación con las atenciones agrotécnicas y de cultivo que se realicen a las plantas en condiciones de campo (24,25). Sin embargo, si las condiciones donde se desarrolla el cultivo son favorables (riego, fertilización, sanidad, temperatura etc.) estas pueden comportarse como plantas facultativas e inducibles (26). Metabolismo que estimulará un mayor crecimiento en las plantas de piña y con ello reducción del tiempo de producción, lo que puede estar sucediendo con estas variedades bajo las condiciones donde se desarrolló el experimento.

CONCLUSIONES

- Las plantas micropropagadas de 'MD-2' y 'Champaka F-153' mostraron elevados porcentajes de supervivencia en condiciones de campo, aunque 'Champaka F-153' presentó valores significativamente superiores a los 90 días. Durante esta fase, 'Champaka F-153' evidenció un crecimiento más rápido, reflejado en mayores incrementos de masa fresca, número de hojas y número de raíces.
- No obstante, a los 270 días, las diferencias morfológicas entre ambas variedades se atenuaron, sin detectarse diferencias significativas en número de hojas, número de raíces y masa fresca de la hoja "D".
- Estos resultados sugieren que, pese a un establecimiento inicial más lento, 'MD-2' posee capacidad de compensación durante etapas avanzadas del ciclo vegetativo. Se recomienda continuar la evaluación hasta la cosecha para determinar el impacto de estas diferencias en el rendimiento y la calidad del fruto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Torres-Avila A, Aguilar-Ávila J, Santoyo-Cortés VH, Martínez-González EG, Aguilar-Gallegos N. Innovation in the pineapple value chain in Mexico: Explaining the global adoption process of the 'MD-2' hybrid. *Agricultural Systems*. 2022;198:103386. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103386>
2. Vázquez Jiménez J, Bartholomew D, Wilkerson C, Hoogenboom G, Vargas Leitón B. Optimizing agronomic practices for pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr. 'MD-2' cultivar) production based on growth stages. *Fruits*. 2023;78(3):1-10. Available from: <https://doi.org/10.17660/th2023/001>
3. Rodríguez-Alfonso D, Isidró-Pérez M, Alfonso-González D, Grajal-Martín MJ, Hormaza-Uroz JI, Herrera-Isidró L. Diversity of pineapple genetic resources in Cuba: threats and actions for minimizing losses. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2017;40(1):93-101. Available from: <https://doi.org/10.35196/rfm.2017.1.93-101>
4. Aguilera-Arango GA, Puentes-Díaz CL, Morillo-Coronado Y. Importance of genetic resources of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr. var. *comosus*) in Colombia. *Agronomía Mesoamericana*. 2022;33(2). Available from: <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47233>
5. Uriza-Ávila DE, Torres-Ávila A, Aguilar-Ávila J, Santoyo-Cortés VH, Zetina-Lezama R, Rebolledo-Martínez A. La piña mexicana frente al reto de la innovación. *Avances y retos en la gestión de la innovación*. Colección Trópico Húmedo. Universidad Autónoma Chapingo (UACH); México 2018. Available from: <https://www.google.com>
6. Rebolledo-Martínez A, Peralta-Antonio N, Rebolledo-García RL, Becerril-Román AE, Rebolledo-Martínez L, Jaén-Contreras D, et al. Nitrogen, phosphorus and potassium content in different organs of pineapple cultivars at different planting density. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2023;26(2):081. Available from: <https://doi.org/10.56369/tsaes.4567>
7. Rodríguez R, Becquer R, Pino Y, López D, Rodríguez RC, Lorente González GY. Fruits production of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) 'MD-2' from vitroplants. *Cultivos Tropicales*. 2016;37(especial):40-8. Available from: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4732.3765>
8. Isidró M. Caracterización del germoplasma de piña colectado en Cuba mediante prospección Nacional: Localización, diversidad genética y situación actual. *Cultivos Tropicales*. 2003;24(1):65-71. Available from: <http://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/603>
9. Rodríguez-Alfonso D, Isidró-Pérez M, Barrios O, Fundora Z, Hormaza JI, Grajal-Martín MJ. Minimal morphoagronomic descriptors for Cuban pineapple germplasm characterisation. *Horticultural Science (Prague)*. 2020;47(1):28-35. Available from: <https://doi.org/10.17221/60/2018-HORTSCI>
10. Ávila R, Rodríguez R. Introduction and diversification of new pineapple cultivars in Ceballos Agroindustrial Enterprise, Cuba. *Newsletter of the Workgroup Pineapple, International Society for Horticultural Science*. 2019;(26):26-7. Available from: <https://www.google.com>
11. Abdi G. Optimizing *in vitro* nutrient and *ex vitro* soil mediums-driven responses for multiplication, rooting, and acclimatization of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cv. Smooth Cayenne. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2026;158(1):12. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11240-026-02845-2>

12. Saha I, Dolui D, Ghosh A, Sarkar B, De AK, Adak MK. Assessment of Irradiation Stress in Crop Plants with Modern Technical Advances. En: Sustainable Agriculture in the Era of Climate Change. Springer; 2020. p. 235-49. Available from: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-86893-4>
13. Restrepo-Díaz H, Sánchez-Reinoso AD. Ecophysiology of fruit crops: A glance at its impact on fruit crop productivity. En: Srivastava AK, Hu C, editores. Fruit Crops. Elsevier; 2020. p. 59-66. Available from: <https://doi.org/10.1016/C2018-0-05145-5>
14. Sinaga AOY, Marpaung DSS. Abiotic stress-induced gene expression in pineapple as a potential genetic marker. Advanced Agrochem. 2024;3(2):133-42. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aac.2024.01.002>
15. Fischer G, Orduz-Rodríguez JO, Amarante CVT. Sunburn disorder in tropical and subtropical fruits. A review. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 2022;16(3):e15703. Available from: <https://doi.org/10.17584/rcch.2022v16i3.15703>
16. Munné-Bosch S, Vincent C. Physiological mechanisms underlying fruit sunburn. Critical Reviews in Plant Sciences. 2019;38(2):140-57. Available from: <https://doi.org/10.1080/07352689.2019.1635919>
17. Pérez-Bonachea L, Gómez-Kosky R, Martínez M. Caracterización en campo de plantas de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cultivar 'Cayena Lisa Serrana' genéticamente modificadas en las generaciones T3 y T4. Biotecnología Vegetal. 2025;25(2):89-102. Available from: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/index>
18. Bhowmick N, Deb P, Munsu P, Ghosh SK. Morphological characterization and performance of different pineapple (*Ananas comosus*) varieties in northern parts of West Bengal. The Indian Journal of Agricultural Sciences. 2022;92(5):567-71. Available from: <https://doi.org/10.56093/ijas.v92i5.124072>
19. Rodríguez-Escriba RC, Rodríguez-Cartaya ID, Lorente GY, López D, Izquierdo RE, Borroto LS. Efecto del déficit hídrico sobre cambios morfo-fisiológicos y bioquímicos en plantas micropropagadas de piña MD-2 en la etapa final de aclimatización. Cultivos Tropicales. 2016;37:64-73. Available from: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/index>
20. Liang Z, Zhang H, Jin X, Zhai P, Zhao Y, Li C, et al. Effect of Different Fertilizer Models on the Growth, Development, Yield and Quality of Pineapple in Tropics. Chinese Journal of Tropical Crops. 2022;43(11):2345-54. Available from: <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-2561.2022.11.014>
21. González JL. Yield and Quality of Fruits of Pineapple Cultivars Treated With CPA With Respect to Planting Date and Density. International Journal of Agronomy. 2025;2025:8891234. Available from: <https://doi.org/10.1155/2025/8891234>
22. Bartholomew DP, Paull RE, Rohrbach KG, editores. The Pineapple: Botany, Production and Uses. CABI Publishing; 2003. ISBN: 978-0-85199-503-8. Available from: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/index>
23. Aragon C, Carvalho L, Gonzalez J, Escalona M, Amancio S. The physiology of ex vitro pineapple (*Ananas comosus* L. Merr. var. MD-2) as CAM or C3 is regulated by the environmental conditions. Plant Cell Reports. 2012;31(4):757-69. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00299-011-1195-7>
24. Rodríguez R, Lorente G, Rodríguez R, Pérez O, García O, Lobaina Y. Evaluation of three fertilization systems for 'MD-2' pineapple plants. Acta Horticulturae. 2019;1239:27-32. Available from: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1239.15>
25. Darnaudery M, Fournier P, Léchaudel M. Low-input pineapple crops with high quality fruit: promising impacts of locally integrated and organic fertilisation compared to chemical fertilisers. The Journal of Agricultural Science. 2024;1-12. Available from: <https://doi.org/10.1017/S002185962400015X>
26. Morpho-anatomical and physiological assessments of cryo-derived pineapple plants (*Ananas comosus* var. *comosus*) after acclimatization. Horticulturae. 2023;9(7):841. Available from: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070841>