



Cultivos Tropicales

E-ISSN: 1819-4087

revista@inca.edu.cu

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas

Cuba

Rodríguez, Romelio; Becquer, Rosa; Pino, Yaima; López, Dariel; Rodríguez, René C.;  
Lorente González, Gustavo Y.; Izquierdo, Roberto E.; González, Justo L.  
PRODUCCIÓN DE FRUTOS DE PIÑA (*Ananas comosus* (L.) Merr.) MD-2 A PARTIR DE  
VITROPLANTAS

Cultivos Tropicales, vol. 37, 2016, pp. 40-48

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas

La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193246189006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



# PRODUCCIÓN DE FRUTOS DE PIÑA (*Ananas comosus* (L.) Merr.) MD-2 A PARTIR DE VITROPLANTAS

## Fruits production of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) MD-2 from vitroplants

**Romelio Rodríguez<sup>1</sup>✉, Rosa Becquer<sup>2</sup>, Yaima Pino<sup>1</sup>, Dariel López<sup>1</sup>,  
René C. Rodríguez<sup>1</sup>, Gustavo Y. Lorente González<sup>1</sup>,  
Roberto E. Izquierdo<sup>1</sup> y Justo L. González<sup>1</sup>**

**ABSTRACT.** Pineapple (*Anana comosus* (L.) Merr.) is a species of high commercial demand, MD-2 is among the most promising varieties, which has captured the consumer appeal in recent years. For this reason micro-propagation techniques are used to achieve plants with better agronomic traits and seed production of excellent quality. In Cuba, although there have been some attempts to introduce the plantlets under production conditions of State Entities and Agricultural Enterprise, for various reasons the goal has not successfully been achieved. For this reason, we began working introducing vitroplants of pineapple MD-2 in collaboration with selected farmers and their families with a view to establishing agro-technics that allow to have an alternative planting material, procedures, necessary for productive reanimation pineapple cultivation and develop the technological basis to ensure continuous generation of planting material needed to maintain varietal biodiversity strategies and according to market demand. The results achieved to date demonstrate higher survival rates *in vitro* plants (90 %) during the first three months of field evaluation. The agrotechnic management established, allowed the increase of all variables evaluated *in vitro* plants (No. of leaves, No. of roots, length of major root and "D" leaf width, fresh mass and length of plant) tested in field conditions. It was also shown by bromatology analyzes, done to the fruits that they comply with such attributes internationally for pineapple MD-2 and that the agrotechnics applied to this crop influenced the results achieved.

**RESUMEN.** La piña (*Anana comosus* (L.) Merr.) es una especie de gran demanda comercial, entre las variedades más promisorias se encuentra la MD-2 la cual ha acaparado la atracción del consumidor en los últimos años. Por esta razón se emplean las técnicas de micropropagación para lograr plantas con mejores caracteres agronómicos y producir semillas de excelente calidad. En Cuba, aunque se han realizado algunos intentos de introducir las vitroplantas bajo las condiciones de producción de Entidades Estatales y Empresas Agrícolas, por diversas causas no se ha logrado satisfactoriamente este objetivo. Por esta razón, se comenzó a trabajar la introducción de vitroplantas de piña MD-2 con la colaboración de campesinos seleccionados y sus familiares, con vista a establecer procedimientos agro-técnicos que permitan contar con un material de siembra alternativo, necesario para la reanimación productiva del cultivo de la piña y así desarrollar las bases tecnológicas para garantizar la generación continua del material de siembra necesario para mantener las estrategias varietales, acorde a la biodiversidad y exigencia del mercado. Los resultados alcanzados hasta la fecha demuestran que se logran altos porcentajes de supervivencia en las vitroplantas (90 %) durante los primeros tres meses de evaluación en campo. El manejo agro-técnico que se estableció, permitió el incremento de todas las variables evaluadas en las vitroplantas (número de hojas, número de raíces, longitud de la raíz mayor, longitud y ancho de la hoja "D", masa fresca y longitud de la planta) en las condiciones de campo ensayadas. También se pudo demostrar, por análisis bromatológicos realizados a los frutos, que éstos cumplen con las características descritas internacionalmente para la piña MD-2 y que las atenciones agrotécnicas realizadas al cultivo influyeron en los resultados.

**Key words:** farmers, micro-propagation, pineapple, vitroplants

**Palabras clave:** campesinos, micropropagación, piña, vitroplantas

<sup>1</sup> Laboratorio de Agro-biología, Centro de Bioplantas. UNICA. Cuba.

<sup>2</sup> Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) "José Martí", Ciego de Ávila, Cuba.

✉ [romelio@bioplantas.cu](mailto:romelio@bioplantas.cu)

## INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) ha sido por años como uno de los recursos económicos de exportación en muchos países, en especial el cultivar Gold “Extra Sweet” MD-2, que por su contenido de sólidos solubles, aroma y color ha sido preferida y se ha mantenido como la número uno en los mercados mundiales. La variedad MD-2, también llamada Amarilla o Dorada, es un cultivar producto del cruce de dos híbridos (PRI 581184 x PRI 59443) y se conoce que uno de sus progenitores proviene de Cayena lisa. La empresa Del Monte Fresh Produce en Hawai Inc. la comercializa como Dorada extra dulce (Gold extra sweet, Golden Ripe o Gold) desde 1996. La planta es de rápido crecimiento y de ciclo de producción más corto; además, los rendimientos de producción y de tamaño de la fruta son mayores y es una fruta muy dulce y jugosa, aunque se reconoce que es más susceptible al daño mecánico y a la *Phytophthora* que la Champaka (1, 2, 3).

La producción de piña en Cuba, presentó un descenso paulatino hasta el año 2009<sup>A</sup> y como estrategia para el desarrollo económico del país, desde ese año se desarrolla un programa para la recuperación de su producción. En la provincia de Ciego de Ávila se trazaron estrategias lideradas por la Empresa Agroindustrial “Ceballos”, que apuntaban al desarrollo de las plantaciones, involucrando no solo a entidades estatales y cooperativas, sino también a campesinos independientes de todos los municipios de la provincia.

El reemplazo de cultivares de menor rendimiento por otros mejores es una tarea difícil, teniendo en cuenta que la piña es uno de los frutales con alta

densidad de siembra, alrededor de 62 000 propágulos por hectárea para ‘MD-2’ y, al mismo tiempo, es la que menos propágulos produce naturalmente (4). La necesidad de introducir esta nueva variedad de piña en plantaciones cubanas requiere de altas producciones de semillas en el menor tiempo posible para cubrir el área, lo cual se puede lograr con el empleo eficiente de las técnicas de micropropagación.

Esta nueva variedad fue introducida en Cuba desde Costa Rica por el Centro de Bioplasmas desde el año 2005 y se han comercializado aproximadamente 1 millón de vitroplantas a Ghana (África), desde ese propio año hasta el 2008. Bajo las condiciones climáticas de Cuba este híbrido ha presentado una buena adaptación, por lo que la extensión nacional de siembra se ha incrementado a partir del 2009 por la Empresa Agroindustrial “Ceballos”, de Ciego de Ávila, lo que le ha permitido exportar fruta fresca al mercado Europeo. No obstante, en vitroplantas no se ha logrado implementar una metodología que permita el establecimiento de estas en campo y evaluar el ciclo completo del cultivo (hasta los frutos), objetivo que será tratado en este trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Investigadores del Centro de Bioplasmas, han desarrollado un novedoso protocolo de micropropagación, basado en el empleo del medio líquido y la tecnología de la inmersión temporal, unido a la implementación de un sistema semi automatizado, que posibilita reducir el tiempo necesario para generar cantidades suficientes de vitroplantas destinadas a la creación de bancos de semillas básicas que permitan el fomento de plantaciones piñeras con semilla de calidad (Figura 1) (5, 6).

<sup>A</sup> FAOSTAT. *Helping to Build a World without Hunger* [en línea]. Food and Agriculture Organization of the United States Nations, 2013, [Consultado: 1 de febrero de 2016], Disponible en: <<http://www.fao.org/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1627280>>.



Figura 1. Proceso general de la micropropagación de piña MD-2

Plántulas de piña MD-2 de seis meses de edad, las que ya habían cumplido el ciclo de las fases de aclimatización, vivero y endurecimiento al sol, fueron seleccionadas homogéneamente para ser plantadas bajo condiciones de campo. Las características morfológicas de las plántulas se exponen en la Tabla I.

En el mes de mayo de 2012 las plántulas fueron trasladadas a la finca "Los Rabelos", donde continuaron el proceso de endurecimiento (condiciones de ambiente natural) por otros 15 días y a finales de este mes y principios de junio, se plantaron 5 000 vitroplantas de piña MD-2.

Las condiciones para realizar el trasplante de las vitroplantas se ajustaron a la aplicación de 25,0 kg de estiércol de ganado vacuno descompuesto + 12,5 kg de fertilizante complejo de N-P-K cristalino (Haifa Chemicals Ltd., Haifa Bay 26120, Israel) en el fondo del cantero de 100 m de largo. Posterior a estas aplicaciones se realizó un riego ligero antes de iniciar la plantación. La distancia de plantación empleada fue de 0,40 cm entre hileras y 0,30 cm entre plantas, a razón de 55 000 plantas por hectárea, según lo establecido para este cultivar.

Antes de la plantación se realizó un análisis de las propiedades químicas del suelo y el resultado demostró que el mismo cumple con las características de los suelos Ferralítico Rojo Típico de la zona y que son actos para producir el cultivo de la piña (Tabla II).

El resultado de los análisis demuestra que el suelo donde se plantaron las vitroplantas de piña MD-2 cumple con las características químicas que demanda este cultivo. El pH entre 5,5 a 6,5; buena disponibilidad de potasio ( $K_2O$ ); contenido de fósforo ( $P_2O_5$ ) relativamente bajo ya que el rango óptimo es de 10 a 50; sin embargo, este elemento se corrige con la aplicación de fondo de 5 g por planta.

Al segundo día de la plantación se realizó una aplicación foliar de un fungicida (Mancozeb 2 kg ha<sup>-1</sup>) para la protección de las vitroplantas a las posibles infecciones por enfermedades fungosas (*Phytophthora* sp.) ya que existía alta humedad ambiental en el suelo por lluvias consecutivas.

#### Determinación de los indicadores morfológicos de calidad de las plantas

Las evaluaciones de los indicadores morfológicos se realizaron cada 30 días y fueron el porcentaje de supervivencia (%), el número de hojas, la longitud de la planta (cm), la longitud de la hoja "D" (cm), ancho de la hoja "D" (cm), el número de raíces y la masa fresca de la planta (g).

**Tabla I. Variables morfológicas evaluadas a las plántulas en el traslado desde vivero a condiciones de campo**

Edad	Número hoja	Número raíces	Longitud raíz (cm)	Longitud hoja "D" (cm)	Ancho hoja "D" (cm)	Longitud planta (cm)	Masa fresca (g)
6 meses	15,05	18,85	17,89	21,65	2,11	23,91	27,78

Cada dato representa la media de n=40

**Tabla II. Propiedades químicas del suelo**

pH	$P_2O_5$	$K_2O$
5,94	7,50	60,36

Los análisis se realizaron en el Laboratorio Provincial de Suelos del Ministerio de la Agricultura (MINAG) en la provincia de Ciego de Ávila, según las NR. 279, 1987. MINAG).

#### Inducción de la floración

A los 17 meses se indujo la floración en horas de la noche (9:00 a 10:00 pm). Cada planta recibió 50 mL de la solución final aplicada al centro de la roseta de la planta. La solución inductora se preparó a razón de 1 ha: Ethrel® 480 (4,0 L<sup>-1</sup>) + urea (30 kg) y carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ) 2 kg.

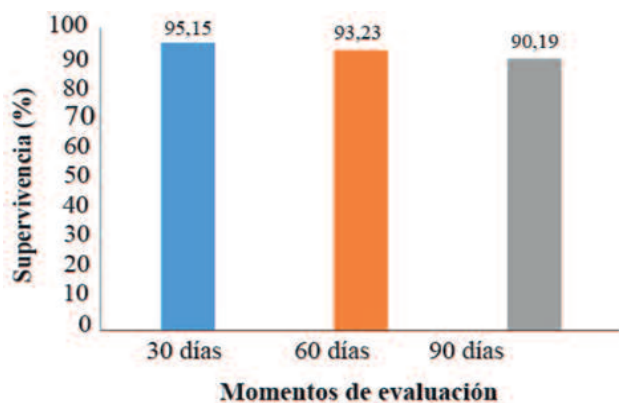
Las aspersiones se realizaron con una mochila MATABY con capacidad de 16 L, calibrada previamente según los tratamientos de inducción floral.

La eficiencia del inductor de la floración se evaluó mediante el conteo visual de las inflorescencias aparecidas en el centro de la roseta foliar de las plantas, cuando se apreciaba la coloración blanca a los 40, 45 y 50 días después del tratamiento de inducción floral (TIF).

El análisis estadístico de los resultados se desarrolló con el empleo del utilitario "STATGRAPHICS Plus" (7). Se realizaron análisis paramétricos (ANOVA de clasificación simple, prueba Tukey,  $P < 0,05$ ), después de chequeada la distribución normal (Kolmogorov-Smirnov,  $P < 0,05$ ) y la homogeneidad de las varianzas (Levene,  $P < 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación de la mortalidad realizada a los 30 días posteriores a la fecha de la siembra, solo se habían cuantificado 242 plántulas muertas (4,85 %) por diversas causas como (*Phytophthora* spp., suelo en el corazón de la planta y por daños en el momento de la siembra), lo que permite suponer que los tratamientos de protección fitosanitarias empleados en estos primeros momentos fueron eficientes, demostrado por el 95,15 % de supervivencia alcanzado por las plántulas en esos estresantes momentos (Figura 2). Cuando se evaluó esta variable a los 60 y 90 días de permanecer las plantas en condiciones de producción y ambiente natural, se pudo apreciar que los porcentajes de supervivencia (93,23 y 90,19 % respectivamente) aún se mantenían elevados y sin diferencia significativas entre los momentos de evaluación. Estos resultados indican la rápida y favorable adaptación que tienen las plántulas de piña cuando son sometidas a nuevas y estresantes condiciones ambientales.



Los datos se transformaron según  $y' = 2arcosen (y/100)^{0,5}$   
 Cada dato representa la media para n=20

**Figura 2. Comportamiento de la supervivencia de las plántulas durante los primeros 90 días en condiciones de campo**

Desde el momento en que expusieron las plántulas a las drásticas condiciones de ambiente natural (mayor intensidad de luz y temperatura), presentaron apariencia blanquecina, semejante a las quemaduras típicas de esta especie (8), aunque en este caso no provocaron la muerte. También se observó amarillez en las hojas de las plántulas propia de la desnaturalización de las clorofilas, síntomas del proceso de fotoinhibición (9). Aunque se pudo observar una pronta recuperación de estos síntomas en la evaluación realizada posteriormente, lo que indica la pronta adaptación y rápida recuperación a los cambios ambientales característicos en las plantas CAM (10, 11).

Aun cuando han existido algunas muertes se puede observar una muy buena población y adecuado desarrollo vegetativo del cultivo. Hasta la actualidad se han realizado dos aplicaciones de fertilizante de fondo (NPK) y se han aplicado foliarmente tres productos fúngicos para prevenir la aparición de enfermedades fungosas (Mancozeb, Aliette y Ridomil); se indicó el riego con una frecuencia de 30 minutos cada dos o tres días, si el cultivo lo demanda y en coordinación

con el campesino se acordó aplicar fertilizante foliar semanalmente a la mitad de la dosis recomendada y cuando las plántulas cumplieran 45 días de plantadas.

Está ampliamente reconocido que suelos con pH superiores 6,5 las plantas no fijan hierro, hay mayor presencia de *Phytophthora* spp., que se reproducen aceleradamente en el mismo y hacen un mayor daño al cultivo, cuando las condiciones climáticas incrementan la humedad del suelo y la temperatura, es por ello la necesidad de hacer aplicaciones de fungicidas para prevenir la presencia de la misma y realizar aplicaciones de fertilizantes foliares (12).

Estos resultados son alentadores sí se tiene en cuenta que esta es una etapa muy estresante para las plántulas por los cambios ambientales bruscos, el suelo y el riesgo al que se exponen las mismas, entre otros.

Luego de alcanzar altos porcentajes de supervivencia en las plántulas, es necesario evaluar el comportamiento de variables de crecimiento, para conocer si la agrotécnica que se emplea es la adecuada y poder corregirlas a tiempo hasta alcanzar dinámicas tasas de crecimiento (Figura 3).

En la figura se puede apreciar que las plántulas a los 45 días mantienen su color verde, no existen grandes daños por quemaduras y se observa la emisión de un nuevo y autotrófico follaje que permite un mayor crecimiento. La Tabla III muestra los incrementos de las variables morfológicas evaluadas en las plántulas en condiciones de campo.



**Figura 3. Desarrollo del cultivo luego de 45 días de plantadas las vitroplantas de piña MD-2**

**Tabla III. Desarrollo de las variables morfológicas evaluadas durante la permanencia de las plántulas de piña en condiciones de campo**

Edad	Número hoja	Número raíces	Longitud raíz (cm)	Longitud hoja "D" (cm)	Ancho hoja "D" (cm)	Masa fresca planta (g)	Longitud planta (cm)
60 días	16,15 f	23,41 f	18,03 g	24,72 g	2,82 ef	35,16 f	26,11 f
90 días	20,40 ef	28,70 e	22,84 g	29,38 g	3,54 e	62,31 f	31,22 ef
120 días	26,52 e	33,21 def	31,53 f	37,29 f	3,89 de	163,61 f	43,21 de
150 días	32,81 d	38,16 cde	43,11 e	49,82 e	4,12 d	225,31 e	49,12 d
180 días	40,20 c	43,67 cd	59,35 d	62,16 cd	4,53 cd	376,81 de	59,60 cd
210 días	45,12 bc	48,35 c	63,54 cd	68,81 cd	4,78 c	563,81 d	63,58 c
240 días	49,37 b	54,31 bc	68,32 bc	74,63 bc	5,12 b	1325,75 c	79,92 b
270 días	52,82 ab	62,87 ab	72,92 ab	83,49 b	5,63 ab	2359,28 b	89,71 b
300 días	55,41 a	71,41 a	75,41 a	97,22 a	5,86 a	3259,32 a	102,3 a
ES X	3,25	5,12	3,16	4,74	0,73	155,16	5,81
CV	7,21	6,54	7,75	9,32	0,75	52,21	8,42

Medias con letras diferentes en columnas indican significación (Anova simple y prueba Tukey (p<0,05)  
 Cada dato representa la media para n=20.

En la evaluación realizada a los 90 días de permanecer las plántulas en condiciones de campo, no se observan diferencias estadísticas en la mayoría de las variables, con respecto a los 60 días, sólo en el número de raíces se cuantificaron incrementos que marcan diferencias estadísticas. Es de destacar como ya a partir de la evaluación realizada a los 120 días se observa un incremento constante y significativo de la masa fresca, luego que las plántulas logran adaptarse a las nuevas condiciones ambientales; todas las variables relacionadas con la longitud (raíces, hoja "D" y de la planta) aportaron significativamente al incremento de esta variable.

Nuevamente los resultados muestran cómo las plántulas de piña se recuperaron rápidamente del estrés que les imponen el cambio de ambiente y el de condiciones edafo-climáticas, al ser trasplantadas a campo. Es bien conocido que estos cambios provocan estrés en las plantas, expresados en términos de acumulación de ABA, prolina y especies reactivas del oxígeno (13), por lo que es preciso atenuar los efectos negativos de las condiciones estresantes para que las plantas mantengan un constante crecimiento y esto se logra con un adecuado manejo agrotécnico.

Los resultados alcanzados en este trabajo han servido de base para que otros campesinos aledaños a la finca donde se realiza el experimento, estén motivados con introducir este nuevo y promisorio híbrido en sus fincas productivas. Ya en estos momentos varios campesinos se han ido capacitando y familiarizando con este cultivo, proveniente de vitroplantas en la propia finca "Los Rabelos".

A los 14 meses de plantado el cultivo y luego de realizada una caracterización de las plantas en grandes, medianas y pequeñas se indujo la floración de las misma (Tabla IV).

Como se puede apreciar las plantas consideradas como grandes difieren estadísticamente de las demás categorías, los valores alcanzados en estas plantas se encuentran en los rangos que se han logrado para este híbrido propagado a partir de semilla agámica. Resultados de experimentos han correlacionado que plantas con una masa fresca superior a 3 000 g logran alcanzar frutos con un peso de 2 000 g. No se observaron diferencias significativas entre las plantas medianas y pequeñas en las variables masa fresca, longitud y ancho de la hoja "D".

En la Tabla V se aprecia el efecto de la aplicación del inductor de floración sobre las clasificaciones antes establecidas en las plantas de piña.

Los resultados alcanzados reafirman el papel del Ethrel® 480 como inductor de la floración en plantas de piña. No obstante, el comportamiento diferente entre las clasificaciones estudiadas, pudiera estar relacionado a que en las plantas pequeñas los niveles de etileno que se necesitan para lograr el umbral de la inducción son menores que en las plantas de mayor porte. Esto está relacionado con una regulación espacial y temporal del etileno en el tejido de las plantas, las pequeñas quizás tenían mayor contenido de etileno en los tejidos y por ello florecieron con mayor facilidad en la evaluación realizada a los 45 días.

En cuanto al material de plantación, las variaciones observadas en relación con la floración son consecuencias de las diferencias en el tenor de reservas nutricionales y del estado fisiológico de los propágulos. Se ha observado que la masa del propágulo influyó decisivamente en el ciclo de la planta. No obstante, se observaron plantas pequeñas que han respondido satisfactoriamente a la inducción natural y artificial. Se reconoce que la inducción floral en la piña MD-2 se logra también por diferentes tipos de estrés y las plantas pequeñas responden muy fácilmente a estos (4).

**Tabla IV. Desarrollo de las variables morfológicas evaluadas antes de la inducción floral de las plántulas de piña en condiciones de campo**

Material vegetal	Número hoja	Número raíces	Masa fresca hoja "D" (g)	Longitud hoja "D" (cm)	Ancho hoja "D" (cm)	Longitud planta (cm)	Masa fresca (g)
Grande	57 a	72 a	113,39 a	93,2 a	5,9 a	105,3 a	3538 a
Mediano	42 b	47 b	56,70 b	69,9 b	4,4 b	77,2 b	1134 b
Pequeño	31 c	34 c	36,85 bc	59,8 bc	4,0 bc	68,7 bc	512 c
ES	0,23	0,81	12,97	5,66	0,18	5,12	62,8

Medias con letras diferentes en columnas indican significación (Anova simple y prueba Tukey  $p < 0,05$ )  
Cada dato representa la media para  $n=10$

**Tabla V. Efecto de la aplicación de Ethrel® 480 sobre la inducción floral de la piña a los 40, 45 y 50 días después de inducidas.**

Clasificaciones	40 días	45 días	50 días
Grandes	21,5 c	68,2 a	92,6 a
Medianas	32,2 b	73,1 a	90,4 a
Pequeñas	42,7 a	79,4 a	81,9 b
ES	3,2	6,5	3,3

Medias con letras diferentes en columnas indican significación (Anova simple y prueba Tukey  $p < 0,05$ )  
Cada dato representa la media para  $n=40$

En las condiciones experimentales ensayadas se lograron buenos porcentajes de floración en todos los momentos evaluados, posteriores al tratamiento de inducción floral con Ethrel® 480, con un 92,6 % como valor máximo en las plantas clasificadas como grandes a los 50 días.

De esta forma se garantiza una alta homogeneidad en el desarrollo de la inflorescencia y del fruto, así como una cosecha concentrada. También se ha considerado que una inducción floral eficiente debe superar el 90 % de plantas florecidas (14).

El cultivo de la piña en su desarrollo vegetativo atraviesa etapas de crecimiento lento hasta completar su madurez fisiológica. Su ciclo puede estar dividido en tres fases: la vegetativa que implica desde la plantación a la diferenciación floral; la reproductiva (floración-fructificación), que comprende la diferenciación floral hasta la maduración del fruto y, por último, la propagativa, que empieza en la fase productiva pero continúa después que la fruta es cosechada. Entre esas fases la menos flexible es la reproductiva, independientemente, que la floración sea natural o artificial.

La Figura 4 muestra el proceso de maduración natural de los frutos de piña producidos por vitroplantas según las categorías establecidas.

La calidad de los frutos incluye los aspectos externos e internos de los mismos, por ello es importante realizar un análisis detallado de las variables químicas y físicas de estos (15).

Los resultados de los análisis químicos realizados a los frutos piñas MD-2 en el momento de cosecha, según las clasificaciones establecidas anteriormente, se pueden observar en la Tabla VI.

Aun cuando en los valores se destacan las diferencias en las concentraciones de sólidos solubles según las categorías establecidas, estos están bajos, comparados con los resultados alcanzados en MD-2 producidas en Ghana (16). Sin embargo, los frutos de las vitroplantas superaron los valores en pH, ácido ascórbico (vitamina C) y contenido de sólidos solubles. El contenido de ácido ascórbico en los frutos es muy importante ya que se reconoce su influencia en la salud, sobre todo como agente antioxidante en el metabolismo celular. En plantas de piña MD-2 en Ghana, se han encontrado valores de ácido ascórbico de 51,33 mg 100 mL de jugos en los frutos (16), los que son inferiores a los encontrados en este trabajo (70,1 como promedio). Estas diferencias pudieron estar influenciadas por las condiciones climáticas y la agrotecnia que se empleó en este experimento, que difiere de las utilizadas en las plantaciones de producción establecidas para este cultivo por otros países (Ghana, Costa Rica y Panamá) (17) y la Empresa Agroindustrial de Ceballos en Cuba.

En las frutas obtenidas en este experimento la maduración ocurrió de forma natural, nunca se empleó la técnica de desverdización de los frutos, aunque se reconoce que la traslucidez del fruto predomina sobre el contenido de sólidos solubles para tomar la decisión de desverdizar los mismos, para alcanzar homogenizar el color de las frutas para la cosecha. También se ha demostrado que los diferentes colores en los frutos de piña guardan una estrecha relación con el grado de madurez y las propiedades físico-químicas de estos en almacenamiento, mostrando grandes cambios en los contenidos de azúcar, pH y sólidos solubles (18, 19).



Figura 4. Maduración natural de los frutos de vitroplantas de piña MD-2

Tabla VI. Variables químicas evaluadas en los frutos obtenidos a partir de vitroplantas de piña MD-2

Variables evaluadas	Grandes	Medianas	Pequeñas
Contenido de sólidos solubles (°Brix)	13,57	13,27	13,20
Ascórbico (mg 100 mL jugo)	74	68,6	67,7
Acidez (% m:m)	1,57	1,83	2,09
Sólidos Solubles/acidez	8,53	7,25	6,6
Unidades de pH	3,7	3,48	3,54
Temperatura (°C)	22,6	22,0	22,1

El pH es el resultado de los cambios bioquímicos que sufre el fruto de piña durante el período de maduración fuera de la planta, planteándose conceptualmente, que a medida que la piña se madura, el pH aumenta, tiende a básico, por ello en los primeros días se encuentra dentro de los rangos de acidez, debido a que la maduración se ha provocado, en primera instancia, por el estrés de la recolección, y a partir de los días sucesivos tiende a acelerarse el proceso de maduración y futura senescencia del fruto como proceso natural (Tabla VII).

Los resultados de experimentos con vitroplantas muestran que los frutos alcanzan valores promedio entre 1,68, 1,52 y 1,03 kg, en correspondencia con las categorías establecidas de grandes, medianas y pequeñas. El tamaño del fruto es muy importante para la comercialización de la piña. El tamaño final de la fruta es controlado por señales internas de desarrollo y moduladas por señales ambientales. Los mecanismos intrínsecos responsables de la variación en el tamaño del órgano no han sido bien estudiados, pero los cambios en el número y el tamaño de las células son las características más importantes durante el desarrollo del fruto, ya que influyen directamente en el tamaño final de los frutos (20). Estos promedian 77,5 toneladas por hectárea si se emplea una densidad de plantación de 55 000 plantas ha<sup>-1</sup>.

El peso de los frutos decrece a medida que se incrementa la densidad, pero el rendimiento por hectárea aumenta hasta llegar al máximo (21), ya que el rendimiento está en función de la eficiencia fotosintética por unidad de área foliar (22, 23). Estos mismos autores mencionan que la eficiencia fotosintética al momento de la inducción floral influye de manera importante en el rendimiento.

La forma de la fruta es una característica de calidad importante para los tres tipos de mercado existente. En el mercado fresco nacional, la fruta muy cilíndrica se aprecia menos y se distancia de las características de la variedad MD-2, lo que hace que para el mercado internacional es la llamada fruta de rechazo y no se exporta. Sin embargo, en el caso del mercado industrial esta piña cilíndrica tiene mayor rendimiento en rebanadas, lo que hace que no se pierda esta importante producción (8).

En la Tabla VIII se puede observar los resultados alcanzados con los análisis físicos realizados a las coronas de los frutos.

Los resultados muestran que no existieron deformaciones en las coronas y que estas cumplieron los parámetros establecidos en las de las frutas de la MD-2. Se ha encontrado que cuando no se cumple con los sub-cultivos establecidos pueden aparecer multicoronas o desfaseación estas en condiciones de campo. Aspectos que no fueron observados en las vitroplantas durante la permanencia en campo.

**Tabla VII. Resultados de los análisis físicos realizados a los frutos de piñas MD-2 en el momento de cosecha**

Variabes evaluadas	Grandes	Medianas	Pequeñas
Forma	Barril	Barril	Cilíndrica
Longitud (cm)	15,15	14,15	11,53
Grosor corteza	0,15	0,4	0,5
Diámetro superior (cm)	11	10,6	10
Diámetro inferior (cm)	11,1	11,95	10,53
Índice de cilidricidad	0,99	1,78	0,95
Profundidad de los Ojos	0,35	0,4	0,33
Masa sin corona (kg)	1,52	1,34	0,89
Masa con corona (kg)	1,68	1,52	1,03
Color externo	Naranja	Naranja	Naranja
Color interno	Amarillo	Amarillo claro	Amarillo
Número ojos	93,5	93	77,5
Número espirales	11,5	10	10
Numero ojos espiral mayor	12	11,5	10,3
Orientación espiral	2,5	2,4	2,6

**Tabla VIII. Resultados de los análisis físicos realizados a las coronas de los frutos de piñas MD-2 en el momento de la cosecha**

Variabes evaluadas	Grandes	Medianas	Pequeñas
Masa (g)	0,17	0,16	0,15
Longitud (cm)	18,5	17,45	15,45
Relelación longitud fruto/corona	0,83	0,84	0,75
Multi-derformante	NO	NO	NO
Multi-corona	NO	NO	NO
Corona única	SI	SI	SI

Los resultados indican que los frutos obtenidos de las vitroplantas tienen las mismas características químicas y físicas que las frutas de piña MD-2 logradas por propagación convencional.

## CONCLUSIONES

- ◆ El manejo agrotécnico realizado ha permitido alcanzar altos porcentajes de supervivencia (95 %) en las vitroplantas de piña MD-2.
- ◆ Las características morfológicas de las vitroplantas entregadas, junto al manejo agrotécnico establecido con los campesinos, permitieron una buena adaptación a las condiciones de campo, lo que motivó el incremento en el tiempo de todas las variables evaluadas y una adecuada floración y fructificación.
- ◆ Los frutos mantienen las características organolépticas establecidas para este híbrido, demostrado por los resultados bromatológicos realizados a los mismos, bajo las condiciones ensayadas.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al grupo de Calidad del Centro de Bioplantas por los análisis bromatológicos realizados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bartholomew, D. P. "MD-2'pineapple transforms the world's pineapple fresh fruit export industry". *Pineapple News*, vol. 16, no. 8, 2009, pp. 2-5.
2. Bartholomew, D. P.; Hawkins, R. A. y Lopez, J. A. "Hawaii Pineapple: The Rise and Fall of an Industry". *HortScience*, vol. 47, no. 10, 10 de enero de 2012, pp. 1390-1398, ISSN 0018-5345, 2327-9834.
3. Espinosa, R. C. J.; Nieto, A. D.; de Alba, D. L.-G.; Villegas, M. Á.; Aguilar, P. L. A. y Ayala, V. "Etiology of the heart rot of pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill) MD2 cultivar in Isla, Veracruz, México.". *Revista Mexicana de Fitopatología*, vol. 33, no. 1, 2015, pp. 104-115, ISSN 0185-3309, 2007-8080.
4. Bartholomew, D. P.; Malezieux, E.; Sanewski, G. y Sinclair, E. "Inflorescence fruit development and yield". En: Bartholomew D. P., Paull R. E., y Rohrbach K. G., *The Pineapple: Botany, Production, and Uses*, edit. CABI, 20 de noviembre de 2002, pp. 167-202, ISBN 978-0-85199-979-1.
5. Escalona, M.; Lorenzo, J. C.; González, B.; Daquinta, M.; González, J. L.; Desjardins, Y. y Borroto, C. G. "Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) micropropagation in temporary immersion systems". *Plant Cell Reports*, vol. 18, no. 9, mayo de 1999, pp. 743-748, ISSN 0721-7714, 1432-203X, DOI 10.1007/s002990050653.
6. Danso, K. E.; Ayeh, K. O.; Oduro, V.; Amiteye, S. y Amoatey, H. M. "Effect of 6-benzylaminopurine and naphthalene acetic acid on *in vitro* production of MD2 pineapple planting materials". *World Applied Sciences Journal*, vol. 3, no. 4, 2008, pp. 614-619, ISSN 1818-4952.
7. Statistical Graphics Corp. *STATGRAPHICS® Plus* [en línea]. (ser. Profesional), versión 5.1, [Windows], 2000, Disponible en: <<http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pdpricing>>.
8. Py, C.; Lacoeylthe, J. J. y Teisson, C. *The pineapple, its culture and products* [en línea]. edit. Maisonneuve & Larose, and Agence de Coopération Culturelle et Technique, 1984, 562 p., ISBN 978-2-7068-0844-9, [Consultado: 1 de febrero de 2016], Disponible en: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/19850326591.html;jsessionid=1B2B64EF490DE5829D346F9A88A56305>>.
9. El-Mahrouk, M. E.; Dewir, Y. H.; Murthy, H. N.; Rihan, H. Z.; Al-Shmgani, H. S. y Fuller, M. P. "Effect of photosynthetic photon flux density on growth, photosynthetic competence and antioxidant enzymes activity during *ex vitro* acclimatization of *Dieffenbachia* cultivars". *Plant Growth Regulation*, 22 de julio de 2015, pp. 1-9, ISSN 0167-6903, 1573-5087, DOI 10.1007/s10725-015-0106-2.
10. Aragón, C.; Pascual, P.; González, J.; Escalona, M.; Carvalho, L. y 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: proteomic and transcriptomic profiles". *Plant Cell Reports*, vol. 32, no. 11, 20 de agosto de 2013, pp. 1807-1818, ISSN 0721-7714, 1432-203X, DOI 10.1007/s00299-013-1493-3.
11. Borland, A. M.; Hartwell, J.; Weston, D. J.; Schlauch, K. A.; Tschaplinski, T. J.; Tuskan, G. A.; Yang, X. y Cushman, J. C. "Engineering crassulacean acid metabolism to improve water-use efficiency". *Trends in Plant Science*, vol. 19, no. 5, mayo de 2014, pp. 327-338, ISSN 1360-1385, DOI 10.1016/j.tplants.2014.01.006.
12. Anderson, J. M.; Pegg, K. G.; Scott, C. y Drenth, A. "Phosphonate applied as a pre-plant dip controls *Phytophthora cinnamomi* root and heart rot in susceptible pineapple hybrids". *Australasian Plant Pathology*, vol. 41, no. 1, 6 de octubre de 2011, pp. 59-68, ISSN 0815-3191, 1448-6032, DOI 10.1007/s13313-011-0090-6.
13. González-Olmedo, J. L.; Fundora, Z.; Molina, L. A.; Abdulnour, J.; Desjardins, Y. y Escalona, M. "New contributions to propagation of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) in temporary immersion bioreactors". *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, vol. 41, no. 1, enero de 2005, pp. 87-90, ISSN 1054-5476, 1475-2689, DOI 10.1079/IVP2004603.
14. da Cunha, G. A. P. "Fisiologia da floração do abacaxizeiro". En: Carvalho C., Dantas A., Pereira F., Soares A., Melo F. J., y Oliveira G., *Tópicos em ciências agrárias*, edit. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009, pp. 54-75, ISBN 978-85-61346-04-11.
15. Ramos, M. J. M. y Pinho, L. G. da R. "Physical and Quality Characteristics of Jupi Pineapple Fruits on Macronutrient and Boron Deficiency". *Natural Resources*, vol. 5, no. 8, 19 de junio de 2014, ISSN 2158-7086, DOI 10.4236/nr.2014.58034, [Consultado: 1 de febrero de 2016], Disponible en: <<http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=47012>>.

16. Wardy, W.; Saalia, F. K.; Steiner-Asiedu, M.; Budu, A. S. y Sefa-Dedeh, S. "A comparison of some physical, chemical and sensory attributes of three pineapple (*Ananas comosus*) varieties grown in Ghana". *African Journal of Food Science*, vol. 3, no. 4, 30 de abril de 2009, pp. 094-099, ISSN 1996-0794.
17. Owureku, A. M.; Agyei, A. J.; Agbemavor, S. W. K.; Apatey, J.; Sarfo, A. K.; Okyere, A. A.; Twum, L. A. y Dodobi, M. T. "Effect of organic fertilizers on physical and chemical quality of sugar loaf pineapple (*Ananas comosus* L.) grown in two ecological sites in Ghana". *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, vol. 15, no. 2, 2015, pp. 9982-9995, ISSN 1684-5374, DOI 10.4314/ajfand.v15i2.
18. Nadzirah, K. Z.; Zainal, S.; Noriham, A.; Normah, I.; Siti Roha, A. M. y Nadya, H. "Physico-chemical properties of pineapple variety N36 harvested and stored at different maturity stages". *International Food Research Journal*, vol. 20, no. 1, 2013, pp. 225-231, ISSN 1985-4668.
19. Pegoraro, R. F.; Souza, B. A. M. de; Maia, V. M.; Silva, D. F. da; Medeiros, A. C. y Sampaio, R. A. "Macronutrient uptake, accumulation and export by the irrigated «vitória» pineapple plant". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 38, no. 3, junio de 2014, pp. 896-904, ISSN 0100-0683, DOI 10.1590/S0100-06832014000300021.
20. Li, Y.-H.; Zhang, Z. y Sun, G.-M. "Changes in cell number and cell size during pineapple (*Ananas comosus* L.) fruit development and their relationship with fruit size". *Australian Journal of Botany*, vol. 58, no. 8, 2010, pp. 673-678, ISSN 0067-1924, DOI <http://dx.doi.org/10.1071/BT10225>.
21. Kist, H. G. K.; Ramos, J. D.; Pio, R. y Santos, V. A. dos. "Diquat and urea in the natural flowering management of «Perola» pineapple". *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 33, no. 4, diciembre de 2011, pp. 1048-1054, ISSN 0100-2945, DOI 10.1590/S0100-29452011000400002.
22. Bartholomew, D. P. y Malézieux, E. "Pineapple". En: Schaffer B. y Andersen P. C., *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops*, edit. CRC Press, 19 de agosto de 1994, pp. 243-291, ISBN 978-0-8493-0179-7.
23. Zhu, J.; Bartholomew, D. P. y Goldstein, G. "Photosynthetic gas exchange and water relations during drought in 'Smooth Cayenne' pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) grown under ambient and elevated CO<sub>2</sub> and three day/night temperatures". *Acta Horticulturae*, no. 666, enero de 2005, pp. 161-173, ISSN 0567-7572, 2406-6168, DOI 10.17660/ActaHortic.2005.666.15.

Recibido: 15 de mayo de 2015

Aceptado: 27 de enero de 2016

## NÚMERO ESPECIAL

*Este número de la revista está dedicado  
al X Congreso Internacional de Biotecnología Vegetal (BioVeg2015)*

### Nota:

Durante el proceso de edición no se pudo acceder al trabajo de retoque y mejoramiento de imágenes, por lo que estas han sido insertadas con la misma calidad con la que enviaron sus autores.

La Editorial