

Evaluación del rendimiento y la calidad de seis genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica

Evaluation of yield and quality of six genotypes of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under greenhouse conditions in Costa Rica



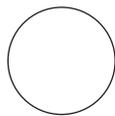
KARLA CHACÓN-PADILLA¹
JOSÉ ELADIO MONGE-PÉREZ^{2, 3}

Producción de pepino largo (tipo holandés) en invernadero, Alajuela, Costa Rica.

Foto: J.E. Monge-Pérez

RESUMEN

No existe información sobre la productividad y calidad que se puede obtener al cultivar pepino bajo invernadero en Costa Rica. El objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento y la calidad de seis genotipos de pepino de frutos largos (Arioso, Cumlaude, Dreamliner, Kalunga, Paisaje y Roxinante) cultivados bajo condiciones de invernadero en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, en Alajuela, Costa Rica. El cultivo se manejó con fertirrigación, en sustrato de fibra de coco, y con poda a un tallo por planta. La cosecha inició a los 31 días después del trasplante para todos los genotipos. Los datos muestran una amplia variabilidad entre los genotipos en cuanto a longitud del fruto (31,58-35,77 cm), diámetro del fruto (46,60-50,09 mm), número total de frutos por planta (15,03-21,03), peso promedio del fruto (439,75-480,82 g), rendimiento por planta (6940,20-9971,97 g por planta), rendimiento comercial (13,74-19,51 kg m⁻²), rendimiento total (18,03-25,90 kg m⁻²), y porcentaje de sólidos solubles totales (3,38-3,67 °Brix). Los frutos de pepino de primera calidad mostraron mayor longitud y diámetro que los de segunda calidad y de rechazo. Los frutos de primera calidad obtuvieron un menor porcentaje de sólidos solubles totales que los de calidad de rechazo. Los genotipos Roxinante y Dreamliner obtuvieron el mayor rendimiento comercial (19,21 y 19,51 kg m⁻², respectivamente) y de primera calidad (14,62 y 12,95 kg m⁻², respectivamente), por lo que se consideran los mejor adaptados a las condiciones en que se desarrolló la investigación.



Palabras clave adicionales: longitud del fruto, diámetro del fruto, peso del fruto, sólidos solubles totales.

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Santa Clara, San Carlos, Costa Rica.

² Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica.

³ Autor para correspondencia: melonescr@yahoo.com.mx



ABSTRACT

There is no information about the productivity and quality that can be obtained growing cucumber under greenhouse conditions in Costa Rica. The objective of the study was to evaluate yield and quality of six long fruit type cucumber genotypes (Arioso, Cumlaude, Dreamliner, Kalunga, Paisaje and Roxinante) grown under greenhouse conditions at the Agricultural Experimental Station Fabio Baudrit Moreno located in Alajuela, Costa Rica. The crop was established with fertigation, using coconut fiber as substrate, and pruning to one stem per plant, and the harvest started 31 days after transplant for all genotypes. Data show a wide variability between genotypes with respect to fruit length (31.58-35.77 cm), fruit diameter (46.60-50.09 mm), total number of fruits per plant (15,03-21,03), mean fruit weight (439.75-480.82 g), yield per plant (6,940.20-9,971.97 g per plant), commercial yield (13,74-19,51 kg m⁻²), total yield (18,03-25,90 kg m⁻²), and percentage of total soluble solids (3.38-3.67 °Brix). First quality cucumber fruits showed higher length and width than second quality and waste fruits, they also obtained lesser percentage of total soluble solids than waste fruits. Roxinante and Dreamliner genotypes obtained the highest commercial (19.21 and 19.51 kg m⁻², respectively) and first quality yield (14.62 and 12.95 kg m⁻², respectively), so they are considered the best adapted to the conditions of the experiment.

Additional key words: fruit length, fruit diameter, fruit weight, total soluble solids.

Fecha de recepción: 14-05-2016 Aprobado para publicación: 24-11-2016

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica la producción de hortalizas bajo ambiente protegido se ha incrementado en los últimos años. En 2010 el cultivo de cucurbitáceas alcanzó el 13,28% del área protegida dedicada a hortalizas (Marín, 2010). En Costa Rica la producción de pepino se encuentra orientada principalmente a satisfacer el mercado local. Sin embargo, entre 2005 y 2009 existió un proyecto de exportación de pepino de frutos largos (tipo holandés) a Estados Unidos y Canadá (MAG, 2007), el cual finalmente fracasó debido entre otras razones a la baja productividad alcanzada (Valenciano *et al.*, 2013); dicho proyecto se implementó sin que existiera investigación previa sobre el comportamiento del genotipo utilizado en las condiciones de Costa Rica, ni tampoco sobre el manejo del cultivo bajo ambiente protegido en general.

La agricultura protegida favorece la sostenibilidad mediante el uso más eficiente del agua y la reducción en la incidencia de plagas; esta alternativa es sostenible siempre que se obtenga una alta productividad que permita la comercialización de productos de calidad (Ramírez y Nienhuis, 2012). El uso de ambientes protegidos puede incrementar la productividad de hortalizas como el pepino, pues las plantas se mantienen por más tiempo en producción; sin embargo, para la aplicación de este sistema es importante adaptar el

tipo de cobertura, el manejo del cultivo y los genotipos, a las condiciones ambientales que prevalecen en cada zona (Ramírez *et al.*, 2010).

En México, la producción comercial de pepino tipo europeo en invernadero ha sido un éxito, al obtener rendimientos entre 14,0 y 16,0 kg m⁻² (Grijalva *et al.*, 2011). Sin embargo, en Costa Rica se desconoce la productividad y la calidad que se puede obtener al cultivar pepino bajo ambiente protegido, dada la falta de investigación en este tema.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento y la calidad de seis genotipos de pepino partenocárpico de frutos largos, cultivados bajo ambiente protegido en Alajuela, Costa Rica, durante la época seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y condiciones del estudio

La investigación se realizó entre el 27 de enero y el 14 de mayo de 2015 en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), ubicada en

Barrio San José de Alajuela, Costa Rica, en las coordenadas 10°01' N y 84° 16' W, con una temperatura anual promedio de 22°C, una precipitación anual promedio de 1.940 mm, y una altitud de 883 msnm. Se sembró el cultivo en condiciones hidropónicas en el invernadero del Programa de Hortalizas. Durante este ensayo, dentro del invernadero la temperatura diurna promedio fue de 29,6°C y la nocturna promedio de 21,1°C; la temperatura máxima promedio fue de 37,0°C y la mínima promedio de 19,2°C; la humedad relativa diurna promedio fue de 50,5% y la nocturna promedio de 75,3%; la radiación fotosintéticamente activa diurna promedio fue de 646,5 W m⁻².

Material vegetal y cultivo

Se sembraron seis genotipos de pepino partenocárpico de frutos largos (*Cucumis sativus* L.), de tipo europeo (también llamado holandés) o de tipo japonés (Tab. 1).

Tabla 1. Genotipos de pepino utilizados en el ensayo.

Genotipo	Empresa	Tipo de pepino
Arioso	Known-You Seed	Japonés
Cumlaude	Rijk Zwaan	Europeo
Dreamliner	Enza Zaden	Europeo
Kalunga	Enza Zaden	Europeo
Paisaje	Rijk Zwaan	Europeo
Roxinante	Enza Zaden	Europeo

El almácigo se sembró el 27 de enero de 2015, en bandejas de 98 celdas, con turba (*peat moss*) como sustrato. El trasplante se realizó el 9 de febrero de 2015, cuando las plántulas tenían una hoja verdadera. El periodo de cultivo abarcó hasta los 94 d después del trasplante (ddt), para un periodo de cosecha de 10 semanas.

El cultivo se realizó en sacos de fibra de coco, de 1 m de largo, 20 cm de ancho y 15 cm de altura. La distancia de siembra fue de 25 cm entre plantas y 1,54 m entre hileras, para una densidad de 2,60 plantas por m². Las plantas se manejaron a un solo tallo, eliminando todos los tallos secundarios. Las labores de amarre de la planta, deshijas y deshojas se realizaron en forma periódica. Se eliminaron los primeros cuatro frutos de cada planta con el fin de lograr una cosecha más uniforme.

Se clasificó la cosecha según las categorías de calidad descritas en la tabla 2. Se consideró como rendimiento comercial la suma de las categorías de primera y segunda calidad, y como rendimiento total la suma de las tres categorías de calidad.

Tabla 2. Parámetros de clasificación en categorías de calidad para pepino.

Parámetro	Categoría de calidad		
	Primera	Segunda	Rechazo
Deformación de frutos	Ausente	Leve	Severa
Daños en la cáscara del fruto	Ausente	Menor o igual a 1 cm ²	Mayor a 1 cm ²

Nota: elaboración propia de los autores, según lo usual en el mercado costarricense.

Variables evaluadas

Longitud del fruto (cm): se midió esta característica a 20 frutos de cada categoría de calidad, y se obtuvo el promedio; se utilizó una cinta métrica marca Assist, modelo 32G-8025, con una capacidad de 800,0±0,1 cm.

Diámetro del fruto (mm): se midió esta característica en la parte media de 20 frutos de cada categoría de calidad, y se obtuvo el promedio; se utilizó un calibrador digital marca Mitutoyo, modelo CD, con una capacidad de 15,00±0,01 cm.

Edad al inicio de la cosecha: se realizó un conteo de días transcurridos desde la fecha del trasplante hasta la del primer corte de frutos.

Número de frutos por planta: se contabilizó el número total de frutos por parcela, y se dividió entre el número de plantas de la parcela.

Peso promedio del fruto (g): se registró el peso total de la producción en cada parcela, y se dividió entre el número total de frutos por parcela; se utilizó una balanza electrónica marca Ocony, modelo UWE HGM (Romanas Ocony S.A., San José) con una capacidad de 20.000±1 g.

Rendimiento por planta (g por planta): se registró el peso total de la producción en cada parcela, y se dividió entre el número de plantas por parcela.

Rendimiento por unidad de superficie (kg m^{-2}): se calculó a partir del rendimiento por planta y de la densidad de siembra.

Porcentaje de sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$): se midió en la parte media (pulpa y placenta) de 20 frutos de cada categoría de calidad, y se obtuvo el promedio. Se utilizó un refractómetro manual marca Boeco (Boeco, Hamburgo, Alemania), con una capacidad de $32,0 \pm 0,2$ $^{\circ}\text{Brix}$.

Diseño y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar, con seis tratamientos (genotipos) y cuatro repeticiones. La superficie total del experimento fue de 278 m^2 . Cada parcela consistió de ocho plantas (dos sacos) ubicadas en una misma hilera, y todas las plantas fueron evaluadas. Excepto la edad al inicio de la cosecha, para todas las demás variables se realizó un análisis estadístico de variancia mediante el programa Infostat Profesional versión 1.1, y se utilizó la prueba de LSD Fisher con una significancia de 5% para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Edad al inicio de la cosecha

Los seis genotipos iniciaron su cosecha a los 31 ddt. Los datos obtenidos en el presente ensayo se ubican dentro del rango establecido por Cardoso (2002), quien evaluó genotipos de pepino en invernadero y encontró que la cosecha inició entre los 28 y 39 ddt.

Sin embargo, en un ensayo de pepino en invernadero en Colombia, Monsalve *et al.* (2011) obtuvieron que el inicio de la cosecha fue entre los 86 y 91 ddt; durante ese trabajo la temperatura promedio fue de 16°C y la humedad relativa promedio de 90,5%. Además, en otro ensayo realizado en México, Barraza (2015) encontró que la cosecha de pepino inició a los 49 ddt; en ese caso, la temperatura promedio fue de $21,8^{\circ}\text{C}$, con una máxima promedio de $27,2^{\circ}\text{C}$ y una mínima promedio de $14,5^{\circ}\text{C}$, y la humedad relativa promedio fue de 87,5%. Asimismo, Pérez (s.f.) evaluó genotipos de pepino tipo europeo también en México, y obtuvo que el inicio de la cosecha ocurrió entre los 33 y 38 ddt. En el presente estudio el inicio de la cosecha fue más precoz que lo encontrado por esos autores,

probablemente debido a la mayor temperatura y radiación que prevalecen en el invernadero de la EEA-FBM, lo cual ocasionó un aumento en el metabolismo de las plantas. En este sentido, Grijalva *et al.* (2011) indican que los distintos periodos de inicio de la cosecha de pepino entre diferentes sitios o épocas de siembra se deben a las diferencias en la temperatura dentro del invernadero, pues las bajas temperaturas provocan una disminución en el ritmo de crecimiento de la planta y un retraso en el desarrollo del fruto.

Longitud del fruto

Se encontraron diferencias significativas para esta característica entre los genotipos para todas las categorías de calidad (Tab. 3). En general, Roxinante presentó los frutos de mayor longitud y Arioso los de menor longitud. Además, los frutos de primera calidad presentaron una mayor longitud que los de segunda y rechazo, y los de segunda calidad mostraron una mayor longitud que los de rechazo.

Los datos obtenidos para esta variable en la presente investigación son similares a los encontrados por otros investigadores, quienes informaron de un rango entre 26,3 y 39,3 cm para genotipos de pepino europeo, y para Kalunga los valores variaron entre 26,3 y 36,8 cm (Hochmuth *et al.*, 1996; Shaw *et al.*, 2000; Jasso-Chaverria *et al.*, 2005).

Diámetro del fruto

Se presentaron diferencias significativas entre genotipos para esta variable en las categorías de primera calidad y rechazo (Tab. 4). Por otra parte, los frutos de primera calidad presentaron un mayor diámetro que los de segunda y rechazo, y los de segunda calidad mostraron un mayor diámetro que los de rechazo.

Los valores obtenidos para esta característica en el presente ensayo son similares a los encontrados en otras investigaciones, donde se ha reportado un rango entre 43,0 y 60,7 mm para genotipos de pepino europeo (Shaw *et al.*, 2000; López-Eliás *et al.*, 2011; Barraza, 2015).

Sin embargo, Hochmuth *et al.* (1996) evaluaron genotipos de pepino holandés en invernadero y obtuvieron que el diámetro del fruto varió entre 48,3 y 53,3 mm, y para Kalunga los valores oscilaron entre 48,3 y 50,8 mm. Estos datos tienden a ser un poco superiores a los obtenidos en el presente ensayo.

Tabla 3. Longitud del fruto de seis genotipos de pepino.

Genotipo	Longitud del fruto (cm), según categoría de calidad			
	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Roxinante	35,77 a	38,02 a	36,97 a	32,33 a
Cumlaude	34,48 b	37,94 a	35,12 bc	30,37 abc
Paisaje	33,82 bc	36,83 ab	35,74 ab	28,91 bc
Kalunga	33,55 bc	36,67 ab	33,24 cd	30,75 ab
Dreamliner	33,26 c	37,67 a	33,23 cd	28,87 bc
Arioso	31,58 d	34,96 b	31,52 d	28,27 c
Categoría de calidad				
Primera	37,02 a			
Segunda	34,30 b			
Rechazo	29,92 c			

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de LSD Fisher ($P \leq 0,05$).

Tabla 4. Diámetro del fruto de seis genotipos de pepino.

Genotipo	Diámetro del fruto (mm), según categoría de calidad			
	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Kalunga	50,09 a	54,06 a	49,60 a	46,61 a
Arioso	49,68 a	53,71 a	49,09 a	46,25 a
Cumlaude	49,58 a	53,56 a	49,74 a	45,43 ab
Dreamliner	48,66 ab	51,81 ab	48,84 a	45,35 ab
Roxinante	47,41 bc	50,18 b	47,63 a	44,44 ab
Paisaje	46,60 c	50,00 b	48,03 a	41,79 b
Categoría de calidad				
Primera	52,22 a			
Segunda	48,82 b			
Rechazo	44,97 c			

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de LSD Fisher ($P \leq 0,05$).

Por otra parte, Jasso-Chaverria *et al.* (2005) encontraron un diámetro de fruto de 44 mm, lo cual es inferior a lo obtenido en la presente investigación. Además, Shaw *et al.* (2000) informaron que para Kalunga esta característica osciló entre 43 y 46 mm, lo que representa un resultado bastante inferior al encontrado en el presente trabajo para dicho genotipo (50,09 mm).

Número de frutos por planta

Se presentaron diferencias significativas entre los genotipos para esta variable en todas las categorías de calidad (Tab. 5). Arioso produjo una menor cantidad total de frutos por planta en comparación a otros cuatro genotipos, y lo mismo sucedió con el número de

frutos de primera calidad por planta. Por otra parte, Roxinante y Dreamliner fueron los que produjeron la mayor cantidad de frutos de primera calidad por planta, y en el caso de Roxinante este resultado fue significativamente superior con respecto a los otros cuatro genotipos.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo para Dreamliner y Roxinante coinciden con los encontrados por Pérez (s.f.), quien cultivó pepino europeo en invernadero y estableció que el rendimiento total varió entre 20,3 y 23,8 frutos por planta; sin embargo, los demás genotipos mostraron una menor producción total (entre 15,03 y 20,13 frutos por planta) que lo indicado por dicha investigadora.

Tabla 5. Número de frutos por planta de seis genotipos de pepino.

Genotipo	Número de frutos por planta, según categoría de calidad			
	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Dreamliner	21,03 a	8,09 ab	5,47 a	7,46 a
Roxinante	20,79 a	9,65 a	3,46 b	7,69 a
Paisaje	20,13 a	7,25 b	4,41 ab	8,48 a
Kalunga	18,90 a	6,76 b	4,74 ab	7,41 a
Cumlaude	17,63 ab	6,41 bc	4,49 ab	6,74 ab
Arioso	15,03 b	4,54 c	5,37 a	5,11 b

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de LSD Fisher ($P \leq 0,05$).

Por otra parte, otros autores han encontrado valores un poco superiores para el rendimiento comercial en pepino europeo en invernadero (entre 11,0 y 23,8 frutos por planta), y para Kalunga obtuvieron entre 14,3 y 23,8 frutos comerciales por planta (Hochmuth *et al.*, 1996; Shaw *et al.*, 2000), mientras que en la presente investigación dicho híbrido produjo solamente 11,5 frutos comerciales por planta.

Peso promedio del fruto

Para esta variable se determinaron diferencias significativas entre genotipos únicamente para la categoría de primera calidad y para el peso promedio total (Tab. 6); Paisaje obtuvo el menor valor para esta característica en la categoría de primera calidad, y este resultado fue estadísticamente inferior al obtenido por los demás genotipos.

Tabla 6. Peso promedio del fruto de seis genotipos de pepino.

Genotipo	Peso promedio del fruto (g), según categoría de calidad			
	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Roxinante	480,82 a	575,66 a	497,51 a	329,38 a
Kalunga	476,46 a	599,04 a	467,38 a	368,21 a
Dreamliner	471,37 ab	598,53 a	453,51 a	327,27 a
Arioso	465,22 ab	606,51 a	478,14 a	324,49 a
Cumlaude	452,13 ab	574,81 a	489,69 a	310,74 a
Paisaje	439,75 b	522,97 b	497,44 a	335,44 a

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de LSD Fisher ($P \leq 0,05$).

En producción de pepino en invernadero, Hochmuth *et al.* (1996) evaluaron genotipos tipo Holandés y encontraron un rango de peso promedio del fruto entre 449,06 y 521,64 g en otoño y entre 571,54 y 616,90 g en primavera; Kalunga produjo frutos con un peso de 476,28 g en otoño y 589,68 g en primavera. Los valores obtenidos en la presente investigación son similares a los reportados en otoño por dichos autores, pero inferiores a los de primavera.

Sin embargo, en otros ensayos de pepino en invernadero, Shaw *et al.* (2000) compararon genotipos tipo holandés y obtuvieron que el peso promedio del fruto varió entre 376 y 417 g en otoño y entre 295 y 518 g en primavera, y para Kalunga fue de 393 g en otoño, y entre 295 y 463 g en primavera. Además, Grijalva *et al.* (2011) cultivaron genotipos tipo europeo y encontraron que el peso promedio del fruto osciló entre 329 y 332 g. Estos resultados son muy inferiores a los obtenidos en la presente investigación.

Rendimiento por planta

Se observaron diferencias significativas entre genotipos para esta variable en todas las categorías de calidad, excepto para la calidad segunda (Tab. 7). El mayor rendimiento total y de primera calidad fue obtenido por Roxinante y Dreamliner.

En Costa Rica, Meneses (2013) evaluó la producción de pepino holandés (híbrido Fuerte), cultivado en invernadero en la EEAFCM a una densidad de 2,60 plantas por m², y el mejor tratamiento mostró un rendimiento total de 5.990 g por planta; este valor fue superado por todos los genotipos evaluados en la presente investigación.

Los datos obtenidos en el presente trabajo coinciden mayoritariamente con los encontrados en otras investigaciones de pepino europeo en invernadero, en los que se halló una producción total entre 6.380 y 8.200 g por planta y una producción comercial entre 4.100 y 11.600 g por planta (Hochmuth *et al.*, 1996; Shaw *et al.*, 2000; Barraza, 2012). En el caso del rendimiento comercial de Kalunga, el valor obtenido en el presente ensayo (6.330,54 g por planta) es menor al reportado en otoño (entre 6.890 y 8.500 g por planta) pero similar al informado en primavera (entre 4.400 y 10.100 g por planta) por varios investigadores en Florida, Estados Unidos (Hochmuth *et al.*, 1996; Shaw *et al.*, 2000).

Tabla 7. Rendimiento por planta de seis genotipos de pepino.

Genotipo	Rendimiento por planta (g), según categoría de calidad			
	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Dreamliner	9.971,97 a	4.986,51 ab	2.523,91 a	2.461,55 ab
Roxinante	9.906,38 a	5.628,08 a	1.765,36 a	2.512,94 ab
Kalunga	8.950,04 ab	4.073,52 bc	2.257,02 a	2.619,50 a
Paisaje	8.867,91 ab	3.851,83 bcd	2.181,17 a	2.834,91 a
Cumlaude	7.971,99 bc	3.720,63 cd	2.179,65 a	2.071,71 ab
Arioso	6.940,20 c	2.723,69 d	2.564,40 a	1.652,10 b

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de LSD Fisher ($P \leq 0,05$).

Tabla 8. Rendimiento por unidad de superficie de seis genotipos de pepino.

Genotipo	Rendimiento por unidad de superficie (kg m ²), según categoría de calidad				
	Total	Comercial	Primera	Segunda	Rechazo
Dreamliner	25,90 a	19,51 a	12,95 ab	6,55 a	6,39 ab
Roxinante	25,73 a	19,21 a	14,62 a	4,59 a	6,53 ab
Kalunga	23,25 ab	16,44 ab	10,58 bc	5,86 a	6,80 a
Paisaje	23,04 ab	15,67 ab	10,01 bcd	5,67 a	7,37 a
Cumlaude	20,71 bc	15,33 b	9,66 cd	5,66 a	5,38 ab
Arioso	18,03 c	13,74 b	7,08 d	6,66 a	4,29 b

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de LSD Fisher ($P \leq 0,05$).

Sin embargo, Hoyos *et al.* (2012) cultivaron pepino en invernadero en Colombia y encontraron un rendimiento total que osciló entre 1.690 y 2.280 g por planta, lo que representa un resultado muy bajo en comparación con los obtenidos en la presente evaluación; esto probablemente se debe a que ellos utilizaron una variedad de polinización abierta de pepino tipo americano, y un sistema de producción aeropónico.

Por otra parte, Hochmuth (2015) indica que, para un periodo de cosecha de 12 semanas en un cultivo de pepino en invernadero, la producción total puede variar entre 9.070 y 11.340 g por planta; estos valores son parcialmente superiores a los obtenidos en el presente trabajo, pero se debe considerar que el periodo de cosecha fue solamente de 10 semanas.

Rendimiento por unidad de superficie

Se presentaron diferencias significativas entre genotipos en todas las categorías de calidad para esta variable, excepto la calidad segunda (Tab. 8). Roxinante y Dreamliner obtuvieron el mayor rendimiento comercial (19,21 y 19,51 kg m², respectivamente) y

de primera calidad (14,62 y 12,95 kg m², respectivamente), y esto se explica dado que fueron los que produjeron la mayor cantidad de frutos por planta en la categoría de calidad primera; estos resultados fueron significativamente superiores con respecto a los obtenidos por Cumlaude y Arioso.

En Costa Rica, Meneses (2013) cultivó pepino holandés en invernadero, y el mejor tratamiento mostró una producción total de 15,56 kg m²; este valor fue superado por todos los genotipos evaluados en el presente estudio.

En 2010 Costa Rica contaba con 10,5 ha de pepino holandés para exportación en la zona de Zarcero; la producción exportable proyectada en dicho proyecto era entre 9,0 y 12,0 kg m², pero el rendimiento comercial obtenido con el genotipo Roxinante osciló entre 6,1 y 9,2 kg m² (Valenciano *et al.*, 2013), mientras que dicho genotipo en la presente investigación produjo 19,21 kg m² de producción comercial, es decir, entre dos y tres veces más. Esos rendimientos obtenidos en Zarcero fueron superados ampliamente por todos los genotipos evaluados en el presente ensayo, tanto en el rendimiento comercial como en el de primera calidad,

lo cual se puede explicar debido a la mayor temperatura y mejores condiciones de cultivo presentes en el invernadero de la EEAFBM.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son similares a la producción comercial encontrada por otros investigadores para pepino en invernadero (entre 9,36 y 16,04 kg m⁻²) (Hochmuth *et al.*, 1996; López-Elías *et al.*, 2011). Asimismo, Hochmuth *et al.* (1996) encontraron que Kalunga produjo un rendimiento comercial de 12,36 kg m⁻² en otoño y 15,46 kg m⁻² en primavera; los datos reportados por dichos autores en primavera se acercan a los obtenidos en el presente estudio por dicho genotipo (16,44 kg m⁻²).

Sin embargo, otros investigadores han encontrado en pepino en invernadero una producción total entre 6,0 y 12,5 kg m⁻², y una producción comercial entre 8,09 y 8,89 kg m⁻²; para Roxinante se obtuvo un rendimiento total entre 8,9 y 12,3 kg m⁻² (Pérez, s.f.; Grijalva *et al.*, 2011; Monsalve *et al.*, 2011; Olalde *et al.*, 2014). Todos estos resultados son muy inferiores a los obtenidos en la presente investigación.

Por otra parte, Barraza (2012) cultivó pepino a una densidad de 3,33 plantas por m² y obtuvo que la producción total varió entre 21,27 y 27,33 kg m⁻²; los resultados encontrados en el presente trabajo fueron un poco menores a los reportados por dicho investigador, probablemente debido a que se utilizó una menor densidad de siembra (2,60 plantas por m²).

Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix)

Se presentaron diferencias significativas entre genotipos para esta variable en todas las categorías de calidad (Tab. 9). Además, los frutos de primera calidad obtuvieron un menor porcentaje de sólidos solubles totales que los de calidad de rechazo.

En pepino en invernadero, Barraza (2015) encontró que el contenido de sólidos solubles totales de la pulpa varió entre 3,60 y 4,07 °Brix; dichos valores son superiores a los hallados en la presente investigación (excepto para Kalunga, que obtuvo 3,67 °Brix).

Por otra parte, López-Elías *et al.* (2015) encontraron para esta variable un valor de 3,3 °Brix, y Galindo *et al.* (2014) obtuvieron 2,5 °Brix. Estos valores son inferiores a los obtenidos en el presente ensayo.

CONCLUSIONES

Los frutos de pepino de primera calidad mostraron mayor longitud y diámetro que los de segunda calidad y los de calidad de rechazo.

Los frutos de segunda calidad presentaron mayor longitud y diámetro que los de calidad de rechazo.

Los frutos de primera calidad obtuvieron un menor porcentaje de sólidos solubles totales que los de calidad de rechazo.

Tabla 9. Porcentaje de sólidos solubles totales de seis genotipos de pepino.

Genotipo	Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix), según categoría de calidad			
	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Kalunga	3,67 a	3,64 a	3,63 a	3,75 a
Paisaje	3,59 ab	3,56 ab	3,63 a	3,58 ab
Arioso	3,58 ab	3,61 a	3,42 bc	3,72 a
Cumlaude	3,52 bc	3,40 abc	3,61 ab	3,57 ab
Dreamliner	3,41 c	3,27 c	3,32 c	3,64 ab
Roxinante	3,38 c	3,33 bc	3,47 abc	3,35 b
Categoría de calidad				
Primera	3,47 b			
Segunda	3,51 ab			
Rechazo	3,60 a			

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de LSD Fisher ($P \leq 0,05$).

Los genotipos Roxinante y Dreamliner obtuvieron el mayor rendimiento comercial (19,21 y 19,51 kg m⁻², respectivamente) y de primera calidad (14,62 y 12,95 kg m⁻², respectivamente), por lo que se consideran los mejor adaptados a las condiciones en que se desarrolló la investigación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento recibido por parte de CONARE, así como de la Universidad de Costa Rica, para la realización de este trabajo. Asimismo, agradecen la colaboración de Ana Rebecca Zeledón, Carolina Ramírez, Werner Salazar, Julio Loáiciga, Aníbal Cruz, Julio Vega, Andrés Oviedo y Carlos González en el trabajo de campo, y de Mario Monge en la revisión de la traducción del resumen al idioma inglés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barraza, F.V. 2012. Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *Temas Agrarios* 17(2), 18-29.
- Barraza, F.V. 2015. Calidad morfológica y fisiológica de pepinos cultivados en diferentes concentraciones nutricionales. *Rev. Colomb. Cienc. Hortíc.* 9(1), 60-71. Doi: 10.17584/rcch.2015v9i1.3746
- Cardoso, A.I.I. 2002. Avaliação de cultivares de pepino tipo caipira sob ambiente protegido em duas épocas de semeadura. *Bragantia* 61(1), 43-48. Doi: 10.1590/S0006-87052002000100007
- Galindo, F.V., M. Fortis, P. Preciado, R. Trejo, M.A. Segura y J.A. Orozco. 2014. Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(7), 1219-1232.
- Grijalva, R.L., R. Macías, S.A. Grijalva y F. Robles. 2011. Evaluación del efecto de la fecha de siembra en la productividad y calidad de híbridos de pepino europeo bajo condiciones de invernadero en el noroeste de Sonora. *Biocencia* 13(1), 29-36. Doi: 10.18633/bt.v13i1.78
- Hochmuth, R.C. 2015. Greenhouse cucumber production – Florida greenhouse vegetable production handbook. Vol. 3. IFAS Extension, University of Florida, Homestead, FL.
- Hochmuth, R.C., L.L. C. León y G.J. Hochmuth. 1996. Evaluation of twelve greenhouse cucumber cultivars and two training systems over two seasons in Florida. *Proc. Flor. State Hort. Soc.* 109, 174-177.
- Hoyos, D., J.G. Morales, H. Chavarría, A.P. Montoya, G. Correa y S.C. Jaramillo. 2012. Acumulación de grados-día en un cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en un modelo de producción aeropónico. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 65(1), 6389-6398.
- Jasso-Chaverria, C., G.J. Hochmuth, R.C. Hochmuth y S.A. Sargent. 2005. Fruit yield, size, and color responses of two greenhouse cucumber types to nitrogen fertilization in perlite soilless culture. *Hort Technol.* 15(3), 565-571.
- López-Elías, J., S. Garza, M.A. Huez, J. Jiménez, E.O. Rueda y B. Murillo. 2015. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero. *Eur. Scient. J.* 11(24), 25-36.
- López-Elías, J., J.C. Rodríguez, M.A. Huez, S. Garza, J. Jiménez y E.I. Leyva. 2011. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *Idesia* 29(2), 21-27. Doi: 10.4067/S0718-34292011000200003
- MAG. 2007. Caracterización de la agrocadena de pepino holandés. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Alajuela, Costa Rica. En: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00074.pdf>; consulta: enero de 2016.
- Marín, F. 2010. Cuantificación y valoración de estructuras y procesos de producción agrícola bajo ambientes protegidos en Costa Rica. Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola Bajo Ambientes Protegidos, San José, Costa Rica. En: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00290.pdf>; consulta: enero de 2016.
- Meneses, C. 2013. Valoración de sustratos obtenidos a partir de diferentes materias primas en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) tipo holandés, en invernadero. Tesis de licenciatura. Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José.
- Monsalve, O.I., H.A. Casilimas y C.R. Bojacá. 2011. Evaluación técnica y económica del pepino y el pimentón como alternativas al tomate bajo invernadero. *Rev. Colomb. Cienc. Hortíc.* 5(1), 69-82. Doi: 10.17584/rcch.2011v5i1.1254
- Olalde, V.M., A.A. Mastache, E. Carreño, J. Martínez y M. Ramírez. 2014. El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido. *Interiencia* 39(10), 712-717.
- Pérez, M. s.f. Productividad de variedades de pepino europeo (*Cucumis sativus* L.) bajo cultivo hidropónico en malla y multitúnel. Intagri, México. En: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/productividad-variedades-de-pepino-europeo#sthash.ZtqP3ai9.dpbs>; consulta: enero de 2016.
- Ramírez, C. y J. Nienhuis. 2012. Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica. *Tecnol. Marcha* 25(2), 10-20. Doi: 10.18845/tm.v25i2.303

- Ramírez, R., J. Aguilar y R. León. 2010. Introducción a los cultivos protegidos bajo cobertura plástica en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José.
- Shaw, N.L., D.J. Cantliffe, J.C. Rodríguez, S. Taylor y D.M. Spencer. 2000. Beit Alpha cucumber: an exciting new greenhouse crop. Proc. Flor. State Hort. Soc. 113, 247-253.
- Valenciano, J.A., A.M. Salas y R. Díaz. 2013. Sistemas de financiamiento en cadenas agrícolas rurales: un caso no exitoso en la producción de pepino en Zarcero, Costa Rica. Rev. ABRA 33(46), 13-29.