

Rendimiento y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado bajo invernadero

Yield and quality of cucumber (Cucumis sativus L.) grown under greenhouse conditions

Karla Chacón Padilla¹
José Eladio Monge Pérez²

Recibido: 21/10/2017 Aprobado: 18/10/2017

Resumen

Se realizó una evaluación de rendimiento y calidad de cinco genotipos de pepino partenocárpico tipo americano (*Cucumis sativus* L.) cultivados bajo condiciones de invernadero durante la época seca en Alajuela, Costa Rica. La cosecha inició a los 31 días después del trasplante para todos los genotipos. Los datos muestran una amplia variabilidad entre genotipos en cuanto a longitud del fruto (21,10 – 23,85 cm), diámetro del fruto (48,57 – 49,97 mm), número total de frutos por planta (21,63 – 24,31), peso promedio del fruto (304,51 – 378,51 g), rendimiento por planta (6748,11 – 8540,18 g/planta), rendimiento comercial (15,12 – 19,04 kg/m²), rendimiento total (17,53 – 22,18 kg/m²), y porcentaje de sólidos solubles totales (3,40 – 3,89 °Brix). Los resultados más obtenidos son relevantes en tanto fue posible determinar que el genotipo Modan obtuvo el menor rendimiento de primera calidad y que los genotipos que obtuvieron el mayor rendimiento comercial fueron Primavera (19,04 kg/m²) y Corinto (18,27 kg/m²).

Palabras clave: rendimiento, calidad, partenocárpico, genotipos, Costa Rica

Abstract

Yield and quality of five parthenocarpic American type cucumber genotypes (*Cucumis sativus* L.) grown under greenhouse conditions were evaluated during the dry season in Alajuela, Costa Rica. The harvest began at 31 days after transplant for all genotypes. Data show a wide variability between genotypes with respect to fruit length (21,10 – 23,85 cm), fruit diameter (48,57 – 49,97 mm), total number of fruits per plant (21,63 – 24,31), mean fruit weight (304,51 – 378,51 g), yield per plant (6748,11 – 8540,18 g/plant), commercial yield (15,12 – 19,04 kg/m²), total yield (17,53 – 22,18 kg/m²), and percentage of total soluble solids (3,40 – 3,89 °Brix). Modan genotype obtained the lowest first quality yield. Primavera and Corinto genotypes obtained the highest commercial yield (19,04 and 18,27 kg/m², respectively).

Key words: yield, quality, parthenocarpic, genotypes, Costa Rica

I. Introducción

Los sistemas protegidos de producción de hortalizas favorecen la sostenibilidad mediante un 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

y con bajo nivel de residuos de plaguicidas (Ramírez y Nienhuis, 2012). El uso de ambientes protegidos puede incrementar la productividad de las hortalizas pues las plantas se mantienen por más tiempo en producción; sin embargo, para la aplicación de estos sistemas es importante adaptar el tipo de

¹ Licenciada en Agronomía, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: kchpadilla@hotmail.com

² Máster en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, Docente de la Sede de Guanacaste e Investigador de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica. Correo electrónico: melonescr@yahoo.com.mx

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

La producción de pepino en invernaderos comerciales en México ha sido un éxito, al obtenerse rendimientos de 14,0 a 16,0 kg/m² durante el invierno, con una duración del ciclo de cultivo de solamente 108 días (Grijalva *et al.*, 2011).

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 este país, 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 a EEUU y Canadá (MAG, 2007), el cual finalmente fracasó debido, entre otras razones, a la baja productividad alcanzada (Valenciano *et al.*, 2013). Es importante indicar que dicho proyecto se implementó sin que existiera investigación previa sobre el comportamiento del genotipo utilizado, ni tampoco sobre el manejo del cultivo bajo ambiente protegido, en las condiciones de Costa Rica.

El pepino es una planta de la familia Cucurbitaceae que posee varios cultivares en el mercado, con diferente tamaño, forma y coloración de los frutos, sabor y características vegetativas (Sediyama *et al.*, 2014). Los tipos más comunes de pepino son: americano, europeo, del este medio, holandés y oriental (López *et al.*, 2015). Para la producción de pepino en invernadero se utilizan principalmente genotipos partenocárpicos, en los cuales los frutos se desarrollan sin necesidad de polinización (Shaw *et al.*, 2000).

El objetivo de esta investigación fue realizar una evaluación de rendimiento y calidad de cinco genotipos de pepino partenocárpico tipo americano, cultivados bajo ambiente protegido en Alajuela, Costa Rica, durante la época seca.

II. Materiales y métodos

Se sembraron cinco genotipos de pepino partenocárpico (*Cucumis sativus* L.), de tipo americano (también llamado slicer en EEUU, o francés en Europa), en condiciones hidropónicas, en el invernadero de Hortalizas de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), ubicada en Barrio San José de Alajuela, Costa Rica, a una altitud de 883 m. snm. Los genotipos seleccionados fueron los siguientes:

Genotipo	Empresa	Tipo de pepino
Corinto	Enza Zaden	“Slicer”
Macario	Enza Zaden	“Slicer”
Modan	Rijk Zwaan	Francés
Paraíso	Enza Zaden	“Slicer”
Primavera	Enza Zaden	“Slicer”

El almácigo se sembró el 27 de enero de 2015 en la empresa Almatropic S. A., localizada en San Rafael de Alajuela. El trasplante se realizó el 9 de febrero de 2015, cuando las plántulas tenían una hoja verdadera. El período de cultivo abarcó hasta el 14 de mayo de 2015, es decir hasta los 94 días después del trasplante (ddt), para un período de cosecha de 10 semanas.

El cultivo se realizó en sacos plásticos rellenos con 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/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 periódicamente. Se eliminaron los primeros cuatro frutos de cada planta con el fin de lograr una cosecha más uniforme.

Se recopilaban datos de temperatura, humedad relativa y radiación fotosintéticamente activa dentro del invernadero, por medio de sensores y equipo especializado. El combate de plagas y enfermedades se realizó según la incidencia, y se utilizaron productos químicos y biológicos, así como trampas pegajosas y repelentes.

Se clasificó la cosecha según las siguientes categorías de calidad:

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

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. Se evaluaron las siguientes variables:

1. Edad al inicio de la cosecha, en días después del trasplante (ddt): se realizó un conteo de días transcurridos desde la fecha del trasplante hasta la del primer corte de frutos.
2. Longitud del fruto (cm): se midió esta característica a 20 frutos de cada categoría de calidad, y se obtuvo el promedio.
3. 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.
4. 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.
5. Peso promedio del fruto (g): se midió el peso total de la producción en cada parcela, y se dividió entre el número total de frutos por parcela.
6. Rendimiento por planta (g/planta): se midió el peso total de la producción en cada parcela, y se dividió entre el número de plantas por parcela.
7. Rendimiento por área (kg/m²): se calculó a partir del rendimiento por planta y de la densidad de siembra.
8. Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix): se midió en la parte media (pulpa y placenta) de 20 frutos de cada categoría de calidad, y se obtuvo el promedio.

El peso de los frutos se determinó por medio de una balanza electrónica marca Ocony, modelo UWE HGM, con una capacidad de 20000 ± 1 g. Para obtener la longitud del fruto se utilizó una cinta métrica marca Assist, modelo 32G-8025, con una capacidad de $800,0 \pm 0,1$ cm. El diámetro de los frutos se determinó con un calibrador digital marca Mitutoyo, modelo CD, con una capacidad de $15,00 \pm 0,01$ cm. El porcentaje de sólidos solubles totales se midió con un refractómetro manual marca Boeco, con una capacidad de $32,0 \pm 0,2$ °Brix. Las evaluaciones se hicieron de forma semanal.

Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar, con cuatro repeticiones. La parcela consistió de ocho plantas (dos sacos), y todas las plantas fueron evaluadas. Para las variables cuantitativas se realizó un análisis estadístico de variancia, y se utilizó la prueba de LSD Fisher con una significancia de 5% para confirmar o descartar diferencias entre los genotipos.

III. Resultados y Discusión

Durante el desarrollo del ensayo, la temperatura dentro del invernadero varió entre 14 y 41 °C, la humedad relativa entre 18 y 95 %, y la radiación fotosintéticamente activa entre 250 y 2250 W/m².

3.1 Edad al inicio de la cosecha

Los cinco genotipos iniciaron su cosecha a los 31 ddt. Algunos autores han indicado que la cosecha de pepino inicia a los 40 – 45 ddt (FDA, 1992; Arias, 2007; MAG, 2007). Los datos obtenidos en el presente ensayo se ubican dentro del rango establecido por Cardoso (2002), quien evaluó genotipos de pepino producidos en invernadero en Brasil en época de verano, e informó que la cosecha inició entre los 28 y 39 ddt.

Sin embargo, en otros ensayos de pepino en invernadero, Monsalve et al. (2011) evaluaron genotipos a 2650 m.snm en Colombia y encontraron que la cosecha inició entre los 86 y 91 ddt; en ese ensayo la temperatura promedio fue de 16 °C y la humedad relativa promedio de 90,5 %. También en Colombia, a 1522 msnm, Hoyos et al. (2012) informaron que la cosecha inició entre los

52 y 58 ddt. Además, Barraza (2015) cultivó un genotipo tipo americano en México a 2250 m. snm, y reportó que el inicio de cosecha se produjo a los 49 ddt. Asimismo, López et al. (2015) evaluaron el genotipo Modan en México, a 150 m. snm, y encontraron que la cosecha inició a los 67 ddt. También en México, Ramírez et al. (2012) cultivaron el genotipo Paraíso e informaron que la cosecha inició a los 50 ddt. En comparación con estos datos, en el presente estudio el inicio de la cosecha fue más precoz, probablemente debido a la mayor temperatura y radiación que prevalecen en el invernadero de la EEAFBM, lo cual ocasionó un aumento en el metabolismo de las plantas. Grijalva et al. (2011) indican que los distintos períodos 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 la maduración del fruto.

3.2 Longitud del fruto

Se encontraron diferencias significativas para esta característica entre los genotipos evaluados para todas las categorías de calidad (Cuadro 1). En el nivel general, el genotipo Macario obtuvo el mayor valor para esta variable, y Corinto obtuvo el menor valor. Además, los frutos de primera calidad presentaron una mayor longitud que los de segunda y rechazo, y los de segunda calidad también mostraron una mayor longitud que los de rechazo.

Cuadro 1. Longitud del fruto de cinco genotipos de pepino tipo americano

Genotipo	Longitud del fruto (cm), según categoría de calidad			
	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Macario	23,85 a	26,80 a	24,99 a	19,75 ab
Modan	23,42 ab	25,37 b	24,15 ab	20,75 a
Paraíso	23,33 ab	25,82 ab	23,50 b	20,67 a
Primavera	22,95 b	25,42 b	23,05 b	20,39 a
Corinto	21,10 c	23,47 c	21,62 c	18,20 b
Categoría de calidad				
Primera	25,38 a			
Segunda	23,46 b			

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según la prueba de LSD Fisher.

Los datos obtenidos son similares a los encontrados por otros investigadores al cultivar pepino en invernadero. En Brasil, Cardoso (2007) evaluó híbridos tipo japonés y encontró que la longitud del fruto varió entre 21,7 y 23,5 cm. En México, Barraza (2015) informó que la longitud del fruto osciló entre 21,50 y 25,33 cm, mientras que López et al. (2011) evaluaron genotipos partenocárpicos y obtuvieron un rango de longitud de fruto entre 22,9 y 23,5 cm; el genotipo Modan obtuvo 23,5 cm. Sin embargo, en un ensayo posterior, López et al. (2015) cultivaron nuevamente

el genotipo Modan y obtuvieron una longitud de fruto de 25,7 cm, lo cual es un valor superior al mostrado por dicho genotipo en el presente estudio. Estos datos muestran la importancia del efecto de los factores ambientales sobre la longitud de los frutos de pepino.

Por otra parte, Galindo et al. (2014) evaluaron una variedad de pepino en invernadero en México, y reportaron una longitud del fruto de 19,3 cm, lo que representa un valor inferior a los obtenidos en la presente investigación.

3.3 Diámetro del fruto

Solamente se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre genotipos para esta variable en las categorías de primera calidad

y rechazo (Cuadro 2). En general, los frutos de primera calidad presentaron un mayor diámetro que los de segunda y rechazo, y los de segunda calidad también mostraron un mayor diámetro que los de rechazo.

Cuadro 2. Diámetro del fruto de cinco genotipos de pepino tipo americano

Diámetro del fruto (mm), según categoría de calidad				
Genotipo	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Paraíso	49,97 a	55,69 ab	50,57 a	43,66 ab
Primavera	49,96 a	55,48 ab	49,25 a	45,14 a
Corinto	49,74 a	55,99 a	50,62 a	42,63 ab
Macario	48,95 a	56,92 a	50,74 a	39,18 b
Modan	48,57 a	53,62 b	49,70 a	42,40 ab
Categoría de calidad				
Primera	55,54 a			
Segunda	50,18 b			
Rechazo	42,60 c			

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según la prueba de LSD Fisher.

Los datos que obtenidos en la presente evaluación son similares a los reportados en otras investigaciones sobre el cultivo de pepino en invernadero. En México, Barraza-Álvarez (2015) encontró que el diámetro del fruto varió entre 45,0 y 60,7 mm. Además, López et al. (2011) evaluaron varios genotipos y obtuvieron un rango de diámetro del fruto entre 49 y 51 mm; el genotipo Modan obtuvo 49 mm. Asimismo, Galindo et al. (2014) encontraron también un diámetro del fruto de 49 mm.

Sin embargo, posteriormente López et al. (2015) cultivaron otra vez el Modan y obtuvieron un diámetro de fruto de 53 mm, lo cual es superior al valor obtenido por este genotipo en el presente estudio, y que nuevamente ilustra el efecto del ambiente sobre la expresión fenotípica en pepino. Por otra parte, Cardoso (2007) evaluó pepinos tipo japonés en invernadero y encontró que el diámetro del fruto varió entre 29,7 y 29,9 mm, lo que representa valores muy inferiores a los obtenidos en la presente investigación.

3.4 Número de frutos por planta

Se presentaron diferencias significativas entre genotipos para el número de frutos de primera y de segunda calidad por planta (Cuadro 3). El mayor valor para la categoría de primera calidad lo obtuvo el genotipo Primavera, y este resultado fue estadísticamente diferente con respecto a los demás genotipos.

Los datos obtenidos en el presente trabajo son similares a los encontrados por otros investigadores al cultivar pepino en invernadero. López et al. (2011) evaluaron genotipos partenocárpicos en

México, a una densidad de 3,3 plantas/m², y obtuvieron un rango de producción comercial entre 15,0 y 16,8 frutos/planta; el genotipo Modan obtuvo 15,0 frutos/planta. Posteriormente, López et al. (2015) cultivaron de nuevo el genotipo Modan a una densidad de 2,64 plantas/m² y reportaron un rendimiento comercial de 16,7 frutos/planta; estos datos ilustran la tendencia que se presenta generalmente en diferentes cultivos hortícolas a producir una mayor cantidad de frutos por planta conforme disminuye la densidad de siembra (Ban et al., 2006; Cruz et al., 2009; Monge, 2016).

Cuadro 3. Número de frutos por planta de cinco genotipos de pepino tipo americano
Número de frutos por planta, según categoría de calidad

Genotipo	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Primavera	24,31 a	13,05 a	5,66 ab	5,60 a
Macario	22,78 a	10,22 b	6,70 a	5,86 a
Corinto	22,16 a	11,16 b	5,85 ab	5,15 a
Modan	22,04 a	10,61 b	5,66 ab	5,77 a
Paraíso	21,63 a	11,07 b	5,02 b	5,54 a

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según la prueba de LSD Fisher.

Sin embargo, Cardoso (2002) evaluó genotipos de pepino producidos en invernadero en Brasil, a una densidad de 2,0 plantas/m² en época de verano, y obtuvo entre 19,1 y 41,3 frutos comerciales/planta. De igual manera, Rahil y Qanadillo (2015) encontraron en pepino cultivado en invernadero, a una densidad de 1,5 plantas/m², un rendimiento total que varió entre 24 y 31 frutos/planta. En general, estos datos son superiores a los obtenidos en el presente ensayo, aunque debe considerarse que Cardoso (2002) evaluó genotipos de menor tamaño de fruto, y que en ambas investigaciones se utilizó una menor densidad de siembra.

Por otra parte, Cardoso (2007) evaluó pepinos tipo japonés en invernadero, a 2,5 plantas/m² e informó que la producción total osciló entre 15,4 y

17,2 frutos/planta, y la producción comercial entre 12,2 y 14,3 frutos/planta; estos datos son inferiores a los encontrados en el presente estudio.

3.5 Peso promedio del fruto

Con respecto a esta característica se determinaron diferencias significativas entre genotipos para todas las categorías de calidad, excepto la de rechazo (Cuadro 4). El genotipo Macario obtuvo el mayor valor de peso promedio del fruto, tanto en general como en los frutos de primera y segunda calidad; esto está relacionado con el hecho de que dicho genotipo fue el que presentó los frutos con la mayor longitud en esas categorías de calidad.

Cuadro 4. Peso promedio del fruto de cinco genotipos de pepino tipo americano

Peso promedio del fruto (g), según categoría de calidad				
Genotipo	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Macario	378,51 a	482,86 a	357,86 a	211,07 a
Corinto	374,06 a	446,39 bc	354,95 a	223,36 a
Paraíso	372,13 a	447,13 b	355,29 a	225,04 a
Primavera	351,12 b	417,20 c	319,50 b	220,61 a
Modan	304,51 c	382,74 d	297,57 b	164,59 a

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según la prueba de LSD Fisher.

Los datos obtenidos en el presente ensayo son, en términos generales, superiores a los reportados en otras investigaciones de pepino en invernadero. En Brasil, Cardoso (2002) evaluó genotipos tipo “caipira” en época de verano y encontró que el peso promedio del fruto osciló entre 279,2 y 300,8 g, mientras que en México, Galindo *et al.* (2014) reportaron un peso promedio del fruto de 285 g. Además, López *et al.* (2011) evaluaron genotipos partenocárpicos en México y obtuvieron un rango de peso del fruto comercial entre 324 y 337 g; el genotipo Modan obtuvo 328 g.

Sin embargo, López *et al.* (2015) evaluaron en otro momento el genotipo Modan en México y obtuvieron un peso promedio del fruto de 381 g. Además, Ramírez *et al.* (2012) cultivaron el genotipo Paraíso en invernadero en México y encontraron un rango de peso promedio del fruto entre 396,12 y 415,66 g. Estos resultados son superiores a los obtenidos en el presente ensayo para ambos genotipos, y enfatizan la importancia del factor ambiental sobre el peso de los frutos de pepino.

3.6 Rendimiento por planta

Se observaron diferencias significativas entre genotipos en el rendimiento por planta para la categoría de primera calidad y para el rendimiento total (Cuadro 5). El genotipo Primavera obtuvo el mayor rendimiento en la categoría de primera calidad, debido a que fue el que produjo la mayor cantidad de frutos por planta en dicha categoría. Por otra parte, el genotipo Modan obtuvo el menor rendimiento total y de primera calidad, por planta.

Los datos obtenidos en el presente trabajo coinciden con los encontrados por otros investigadores al evaluar pepino en invernadero. En México, Barraza (2012) encontró un rango de producción total entre 6380 y 8200 g/planta. También en México, Ramírez *et al.* (2012) cultivaron el genotipo Paraíso a una densidad de 2,9 plantas/m², y encontraron que el rendimiento total osciló entre 6007 y 8090 g/planta. Además, Cardoso (2002) evaluó genotipos tipo “caipira” en Brasil a una densidad de 2,0 plantas/m², y obtuvo una producción comercial que varió entre 5600 y 11560 g/planta. Asimismo, López-Elías *et al.* (2015) cultivaron el genotipo Modan en México a una densidad de 2,64 plantas/m², y reportaron un rendimiento comercial de 6590 g/planta.

Cuadro 5. Rendimiento por planta de cinco genotipos de pepino tipo americano

Rendimiento por planta (g), según categoría de calidad				
Genotipo	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Primavera	8540,18 a	5501,04 a	1828,52 a	1210,62 a
Corinto	8084,51 a	4999,95 a	2033,85 a	1050,71 a
Paraíso	7972,69 ab	4965,64 a	1790,47 a	1216,59 a
Macario	7889,99 ab	4972,76 a	1731,00 a	1186,23 a
Modan	6748,11 b	4079,21 b	1740,42 a	928,49 a

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según la prueba de LSD Fisher.

Sin embargo, en otros ensayos de pepino en invernadero, Hoyos *et al.* (2012) evaluaron genotipos en Colombia, y obtuvieron un rango de producción total entre 1688 y 2283 g/planta. Además, Rahil y Qanadillo (2015) encontraron en Palestina que el rendimiento total varió entre 3190 y 4520 g/planta. Asimismo, Galindo *et al.* (2014) cultivaron una variedad en México a una densidad de 4,0 plantas/m², y reportaron una producción total de 2470 g/planta. También en México, López-Elías *et al.* (2011) evaluaron genotipos partenocárpico tipo americano a una densidad de 3,3 plantas/m², y obtuvieron un rendimiento comercial por planta entre 4788 y 5242 g/planta; el genotipo Modan obtuvo 4788 g/planta. Todos estos datos fueron muy inferiores al rendimiento obtenido en el presente ensayo, aunque se debe tomar en cuenta que Galindo *et al.* (2014) y López-Elías *et al.* (2011) utilizaron una mayor densidad de siembra, lo que se relaciona generalmente con una menor producción por planta, como se indicó anteriormente.

Por otra parte, Hochmuth (2015) indica que, para un período de cosecha de 12 semanas en un cultivo de pepino bien manejado en invernadero, el rendimiento total puede variar entre 9070 y 11340 g/planta; estos valores fueron superiores a los obtenidos en la presente investigación, pero se debe considerar que el período de cosecha fue de solo 10 semanas.

3.6 Rendimiento por área

Se presentaron diferencias significativas en el rendimiento total, comercial y de primera calidad entre genotipos (Cuadro 6). El mayor valor de rendimiento de primera calidad y comercial correspondió al genotipo Primavera, lo cual nuevamente se explica porque fue el que produjo la mayor cantidad de frutos de primera calidad por planta. El genotipo Modan obtuvo la menor producción de primera calidad y comercial, y en el caso del rendimiento de primera calidad, este resultado fue estadísticamente diferente del obtenido por los demás genotipos. Excepto el Modan, todos los demás genotipos obtuvieron una producción comercial (entre 17,41 y 19,04 kg/m²) que fue superior a la informada por Grijalva *et al.* (2011) para pepino en invernadero en México (entre 14,0 y 16,0 kg/m²), aunque hay que tomar en cuenta que se utilizaron diferentes parámetros de calidad.

En Costa Rica, Meneses (2013) evaluó la producción de pepino tipo holandés, cultivado en invernadero en la EEAFCBM a una densidad de 2,60 plantas/m², y el mejor tratamiento mostró un rendimiento total de 15,56 kg/m²; este valor fue superado por todos los genotipos evaluados en la presente investigación.

Cuadro 6. Rendimiento por área de cinco genotipos de pepino tipo americanoRendimiento por área (kg/m²), según categoría de calidad

Genotipo	Total	Comercial	Primera	Segunda	Rechazo
Primavera	22,18 a	19,04 a	14,29 a	4,75 a	3,15 a
Corinto	21,00 a	18,27 a	12,99 a	5,28 a	2,73 a
Paraíso	20,71 ab	17,55 ab	12,90 a	4,65 a	3,16 a
Macario	20,50 ab	17,41 ab	12,92 a	4,49 a	3,08 a
Modan	17,53 b	15,12 b	10,60 b	4,52 a	2,41 a

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según la prueba de LSD Fisher.

En 2009, Costa Rica contaba con 10,5 ha de producción de pepino tipo holandés para exportación en la zona de Zarceró; la producción exportable proyectada en dicha explotación era entre 9,0 y 12,0 kg/m², pero los rendimientos comerciales obtenidos variaron entre 6,1 y 9,2 kg/m² (Valenciano *et al.*, 2013). Esos rendimientos fueron superados ampliamente por todos los genotipos evaluados en la EEAFBM en el presente ensayo, tanto en la producción comercial (entre 15,12 y 19,04 kg/m²) como en la de primera calidad (entre 10,60 y 14,29 kg/m²).

Los datos obtenidos en el presente ensayo se acercan a los reportados en otras investigaciones sobre el cultivo de pepino en invernadero. Cardoso (2002) cultivó siete genotipos tipo “caipira” en Brasil en época de verano, y encontró que la producción comercial varió entre 11,20 y 23,12 kg/m². López *et al.* (2011) evaluaron tres genotipos partenocárpico en México y obtuvieron un rango de rendimiento comercial entre 15,8 y 17,3 kg/m²; el genotipo Modan obtuvo 15,8 kg/m². Posteriormente, López *et al.* (2015) evaluaron otra vez el genotipo Modan y reportaron un rendimiento comercial de 17,4 kg/m². También en México, Ramírez *et al.* (2012) cultivaron el genotipo Paraíso y encontraron que la producción total osciló entre 17,42 y 23,46 kg/m². Sin embargo, en otras investigaciones sobre pepino en invernadero, Monsalve *et al.* (2011) evaluaron cinco genotipos en Colombia, a una densidad de 1,4 plantas/m², y obtuvieron un rango de rendimiento total entre 6,0 y 8,5 kg/m². Además, Rahil y Qanadillo (2015) encontraron que la producción total osciló entre 4,51 y 5,95 kg/m². Asimismo, Olalde *et al.* (2014) cultivaron un genotipo partenocárpico en Guerrero, México,

a 640 msnm, a una densidad de 3,8 plantas/m², y obtuvieron un rendimiento comercial que varió entre 8,09 y 8,89 kg/m², y un rendimiento total entre 8,86 y 9,48 kg/m². También en México, Galindo *et al.* (2014) reportaron una producción total de 9,87 kg/m². Todos estos datos son inferiores a los obtenidos en la presente investigación.

Por otra parte, Barraza (2012) cultivó pepino en invernadero en México, a 2250 msnm, a una densidad de 3,33 plantas/m², y encontró que el rendimiento total varió entre 21,27 y 27,33 kg/m²; los resultados obtenidos en el presente estudio fueron un poco menores a los reportados por dicho investigador, probablemente debido a que él utilizó una mayor densidad de siembra, pues en varios cultivos hortícolas generalmente se obtiene un mayor rendimiento por área al emplear una mayor densidad de siembra (Ban *et al.*, 2006; Seifi *et al.*, 2012; Monge, 2016).

3.7 Porcentaje de sólidos solubles totales

Se presentaron diferencias significativas entre los genotipos para esta variable en todas las categorías de calidad (Cuadro 7). El valor más alto lo consiguió el genotipo Macario, y el más bajo lo obtuvo Modan. Además, los pepinos de calidad de rechazo presentaron un mayor porcentaje de sólidos solubles totales que los de primera y segunda calidad.

Cuadro 7. Porcentaje de sólidos solubles totales de cinco genotipos de pepino tipo americano
Diámetro del fruto (mm), según categoría de calidad

Genotipo	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Macario	3,89 a	3,79 a	3,74 a	4,15 a
Corinto	3,72 ab	3,45 ab	3,68 ab	4,04 ab
Paraíso	3,58 bc	3,47 ab	3,52 bc	3,75 abc
Primavera	3,46 c	3,49 a	3,44 c	3,44 c
Modan	3,40 c	3,14 b	3,39 c	3,68 bc
Categoría de calidad				
Primera	3,47 b			
Segunda	3,55 b			
Rechazo	3,81 a			

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según la prueba de LSD Fisher.

Barraza-Álvarez (2015) cultivó pepino en invernadero en México y encontró que el contenido de sólidos solubles totales de la pulpa varió entre 3,60 y 4,07 °Brix; los valores obtenidos en el presente ensayo para Macario y Corinto se ubicaron dentro de dicho rango, pero los demás genotipos mostraron valores inferiores.

Por otra parte, López-Elías *et al.* (2015) evaluaron el genotipo Modan en México y obtuvieron un porcentaje de sólidos solubles totales de 3,3 °Brix, lo cual se acerca al valor obtenido en la presente investigación por este genotipo. También en México, Galindo *et al.* (2014) cultivaron una variedad de pepino en invernadero y reportaron un contenido de sólidos solubles totales de 2,5 °Brix, lo que representa un valor muy inferior a los obtenidos en el presente ensayo.

En algunas hortalizas, una alta concentración de sólidos solubles totales en el fruto es una característica que le confiere calidad al mismo (Monge-Pérez, 2014; Monge-Pérez, 2015); sin embargo, se requeriría evaluar la preferencia de los consumidores de pepino con respecto a esta característica para determinar su importancia como criterio de calidad en esta hortaliza.

IV. Conclusiones

Se obtuvieron diferencias significativas entre genotipos en muchas de las variables evaluadas. Todos los genotipos iniciaron cosecha a los 31 ddt. La longitud de los frutos de pepino tipo americano varió entre 21,10 y 23,85 cm.

El genotipo Modan obtuvo un rendimiento de primera calidad estadísticamente inferior al obtenido por los demás materiales genéticos. Los genotipos que presentaron el mayor rendimiento comercial fueron Primavera (19,04 kg/m²) y Corinto (18,27 kg/m²).

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento recibido por parte de CONARE y de la Universidad de Costa Rica, para la realización de este trabajo. Asimismo, agradecen la colaboración de 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.

Bibliografía

- Arias, S. (2007). *Manual de producción de pepino*. Agency International Development. La Lima, Honduras. 31 p.
- Ban, D.; Goreta, S. y Borosic, J. (2006). "Plant spacing and cultivar affect melon growth and yield components". *Scientia Horticulturae*. 109: 238-243.
- Barraza, F. (2012). "Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) en invernadero". *Temas Agrarios*. 17(2): 18-29.
- Barraza, F. (2015). "Calidad morfológica y fisiológica de pepinos cultivados en diferentes concentraciones nutrimentales". *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 9(1): 60-71.
- Cardoso, A. (2007). "Avaliação de linhagens e híbridos experimentais de pepino do grupo varietal japonês sob ambiente protegido". *Bragantia* (Campinas). 66(3): 469-475.
- Cardoso, A. (2002). "Avaliação de cultivares de pepino tipo caipira sob ambiente protegido em duas épocas de semeadura". *Bragantia* (Campinas). 61(1): 43-48.
- Cruz, N.; Sánchez, F.; Ortiz, J. y Mendoza, M. C. (2009). "Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en Chile pimienta". *Agricultura Técnica en México*. 35(1): 70-77.
- FDA. (1992). *Cultivo de pepino*. Boletín técnico No. 15. Fundación de Desarrollo Agropecuario. Santo Domingo, República Dominicana. 15 p.
- Galindo, F.; Fortis, M.; Preciado, P.; Trejo, R.; Segura, M. y Orozco, J. A. (2014). "Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus L.*) bajo sistema protegido". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5(7): 1219-1232.
- Grijalva, R. L.; Macías, R.; Grijalva, S. y Robles, F. (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". *Biotecnica*. 13(1): 29-36.
- Hochmuth, R. C. (2015). *Greenhouse cucumber production – Florida greenhouse vegetable production handbook, vol. 3*. IFAS Extension, University of Florida. Florida, EEUU. HS790. 6 p. Obtenido de: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/CV/CV26800.pdf>
- Hoyos, D.; Morales, J.; Chavarría, H.; Montoya, A.; Correa, G. y Jaramillo, S. (2012). "Acumulación de grados-día en un cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) en un modelo de producción aeropónico". *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*. 65(1): 6389-6398.
- López, J.; Garza, S.; Huez, M.; Jiménez, J.; Rueda, E. y Murillo, B. (2015). "Producción de pepino (*Cucumis sativus L.*) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero". *European Scientific Journal*. 11(24): 25-36.
- López, J.; Rodríguez, J. C.; Huez, M.; Garza, S.; Jiménez, J. y Leyva, E. (2011). "Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus L.*) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda". *IDESIA* (Chile). 29(2): 21-27.
- MAG. (2007). *Caracterización de la agrocadena de pepino holandés*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Alajuela, Costa Rica. 19 p. Obtenido de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00074.pdf>
- 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. 34 p. Obtenido de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00290.pdf>

- 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 en Agronomía. Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 89 p.
- Monge, J. (2016). “Efecto de la poda y la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad de pimiento cuadrado (*Capsicum annuum* L.) cultivado bajo invernadero en Costa Rica”. *Tecnología en Marcha* (Costa Rica). 29(2): 125-136.
- Monge, J. (2015). “Evaluación de 60 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica”. *InterSedes* (Costa Rica). 16(33): 84-122.
- Monge, J. (2014). “Caracterización de 14 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica”. *Tecnología en Marcha* (Costa Rica). 27(4): 58-68.
- Monsalve, O.; Casilimas, H. y Bojacá, C. R. (2011). “Evaluación técnica y económica del pepino y el pimentón como alternativas al tomate bajo invernadero”. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 5(1): 69-82.
- Olalde, V.; Mastache, A.; Carreño, E.; Martínez, J. y Ramírez, M. (2014). El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido. *Interciencia*. 39(10): 712-717.
- Rahil, M. y Qanadillo, A. (2015). Effects of different irrigation regimes on yield and water use efficiency of cucumber crop. *Agricultural Water Management*. 148: 10-15.
- Ramírez, C. y Nienhuis, J. (2012). Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 25(2): 10-20.
- Ramírez, G.; Rico, E.; Mercado, A.; Ocampo, R.; Guevara R.; Soto, G. y Godoy; H. (2012). Efecto del manejo cultural y sombreado sobre la productividad del cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.). *Ciencia@UAQ*. 5(1): 1-9.
- Ramírez, R., Aguilar, J. y León, R. (2010). *Introducción a los cultivos protegidos bajo cobertura plástica en Costa Rica*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 130 p.
- Sediyama, M. A. N., Nascimento, J. L. M., Lopes, I. P. C., Lima, P. C. y Vidigal, S. M. (2014). “Tipos de poda em pepino dos grupos aodai, japonés e caipira”. *Horticultura Brasileira*. 32(4): 491-496.
- Seifi, S.; Nemati, S.; Shoor, M. y Abedi, B. (2012). “The effect of plant density and shoot pruning on growth and yield of two greenhouse bell pepper cultivars”. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*. 3(11): 77-83.
- Shaw, N.; Cantliffe, D.; Rodríguez, J.; Taylor, S. y Spencer, D. M. (2000). Beit Alpha cucumber – an exciting new greenhouse crop. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 113: 247-253.
- Valenciano, J.; Salas, A.; y Díaz, R. (2013). “Sistemas de financiamiento en cadenas agrícolas rurales: un caso no exitoso en la producción de pepino en Zarcero, Costa Rica”. *Revista ABRA* (Costa Rica). 33(46): 13-29.