

Producción de siete genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivados en ambiente protegido*

Production of seven cucumber (*Cucumis sativus* L.) genotypes grown under greenhouse conditions

José Aníbal Cruz-Coronado¹, José Eladio Monge-Pérez²


Cruz-Coronado, J; Monge-Pérez, J. Producción de siete genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivados en ambiente protegido. *Tecnología en Marcha*. Vol. 33-2. Abril-Junio 2020. Pág 102-118.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i2.4343>


Fecha de recepción: 13 de mayo de 2019
Fecha de aprobación: 30 de agosto de 2019

* Este trabajo forma parte de la tesis de licenciatura en Agronomía del primer autor, Sede de Guanacaste, Universidad de Costa Rica.

1 Licenciado en Agronomía, Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: cruzcsanibal@gmail.com.

 <https://orcid.org/0000-0002-8290-3443>

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. Costa Rica. Correo electrónico: melonescr@yahoo.com.mx.

 <https://orcid.org/0000-0002-5384-507X>



Palabras clave

Cucumis sativus; genotipos; pepino; invernadero; partenocárpico; rendimiento; longitud del fruto; diámetro del fruto; peso del fruto; calidad.

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento y la calidad de siete genotipos de pepino partenocárpico de tipo mediano (Corinto, Katrina, Macario, Modan, Paraíso, Primavera y 22-20-782), cultivados en 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. Los datos muestran una amplia variabilidad entre los genotipos en cuanto a edad al inicio de la floración (17 - 20 días después del trasplante -d.d.t.-), edad al inicio de la cosecha (28 - 30 d.d.t.), longitud del fruto (16,56 - 21,30 cm), diámetro del fruto (42,94 - 54,09 mm), número total de frutos por planta (26,31 - 49,41), peso del fruto (215,41 - 269,89 g), rendimiento comercial (13,66 - 22,66 kg/m²), rendimiento total (18,11 - 28,41 kg/m²) y porcentaje de sólidos solubles totales (2,89 - 3,22 °Brix). En términos generales, los frutos de pepino de primera calidad mostraron mayor longitud, diámetro y porcentaje de sólidos solubles totales que los de segunda calidad y de rechazo. Los genotipos 22-20-782 y Katrina obtuvieron el mayor rendimiento comercial (20,89 y 22,66 kg/m², respectivamente) y primera calidad (12,48 y 12,49 kg/m², respectivamente), por lo que se consideran los mejor adaptados a las condiciones en que se desarrolló la investigación; sin embargo, sus frutos son más pequeños (menor longitud, diámetro y peso) en comparación con los de otros genotipos, lo que podría afectar su potencial de comercialización en Costa Rica.

Keywords

Cucumis sativus; genotypes; cucumber; greenhouse; parthenocarpic; yield; fruit length; fruit diameter; fruit weight; quality.

Abstract

The objective of the study was to evaluate yield and quality of seven medium fruit size parthenocarpic cucumber genotypes (Corinto, Katrina, Macario, Modan, Paraíso, Primavera and 22-20-782) grown under greenhouse conditions at the Agricultural Experimental Station Fabio Baudrit Moreno, located in Alajuela, Costa Rica. The crop was planted on coconut fiber as substrate, pruned to one stem per plant and managed with fertigation. Data show a wide variability among genotypes with respect to days to start of flowering (17 - 20 days after transplant -d.a.t.-), days to start of harvest (28 - 30 d.a.t.), fruit length (16,56 - 21,30 cm), fruit diameter (42,94 - 54,09 mm), total number of fruits per plant (26,31 - 49,41), fruit weight (215,41 - 269,89 g), commercial yield (13,66 - 22,66 kg/m²), total yield (18,11 - 28,41 kg/m²), and percentage of total soluble solids (2,89 - 3,22 °Brix). In general, first quality cucumber fruits showed higher length, diameter and percentage of total soluble solids than second quality and waste quality fruits. 22-20-782 and Katrina genotypes produced the highest commercial (20,89 and 22,66 kg/m², respectively) and first quality yield (12,48 and 12,49 kg/m², respectively), so they were the best adapted to the conditions of the trial; however, their fruits were smaller (lower length, diameter and weight) compared to the other genotypes, which could affect their commercial potential in Costa Rica.

Introducción

El pepino, *Cucumis sativus* L., pertenece a la familia de plantas cucurbitáceas y es una hortaliza que se cultiva en condiciones tropicales y subtropicales alrededor del mundo; es una especie nativa del norte de India [1]; la planta es herbácea, anual, de hábito rastrero o trepador cuando se le proporciona un tutorado, y de crecimiento indeterminado [2]. Sus frutos se consideran una buena fuente de minerales y vitaminas [3], tales como calcio, cloro, potasio, hierro, vitamina C y pequeñas cantidades del complejo vitamínico B [4].

En Costa Rica, las variedades de pepino más utilizadas por los productores eran hasta hace unos pocos años Dasher II, Poinsett 76 y General Lee, debido al buen resultado productivo que presentaban [5]; sin embargo, en este país se ha señalado la necesidad de investigar sobre productos hortícolas y variedades innovadores y de altos rendimientos, que permitan a los productores lograr una buena rentabilidad [6] [7].

Según el Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola bajo Ambientes Protegidos (PRONAP), entre 2008 y 2009 Costa Rica contaba con un total de 684 unidades productivas en ambiente protegido, para un total de 687 ha, de las cuales 13 ha correspondían al cultivo de cucurbitáceas [8].

El cultivo de pepino en Costa Rica está distribuido en varias zonas del país y está dirigido principalmente a satisfacer la demanda nacional. Sin embargo, entre los años 2007 y 2010 surgió en Zarcero un proyecto de producción de pepino holandés para exportación, el cual comprendía 10,5 ha [9]; la poca experiencia en producción de pepino para exportación en invernadero afectó dicho proyecto, y no se logró la permanencia en el mercado debido a varias razones, entre las que destacan la poca investigación sobre cultivares y materiales promisorios [10], así como la baja productividad y rentabilidad logradas durante el desarrollo del proyecto [9].

La producción de pepino en Costa Rica fue de 1500 toneladas métricas (ton) en 2010, pero bajó a 1000 ton en 2011 y 2012, y a 940 ton en 2013. Dicha producción representó un rendimiento promedio de 9,1 ton/ha en 2010, 2011 y 2012, y cayó a 8,9 ton/ha en 2013 [11].

Las condiciones óptimas de temperatura para el desarrollo del pepino se encuentran en un rango de 18 a 28 °C [12]; incluso, la FAO indica que el pepino se desarrolla de manera óptima en un rango de temperatura entre 18 y 25 °C, y una humedad relativa entre 70 y 90 % [13]. El pepino se adapta a climas cálidos y templados, y se cultiva desde las zonas costeras hasta los 1200 metros sobre el nivel del mar. Por encima de 40 °C el crecimiento se detiene, y lo mismo sucede con temperaturas inferiores a 14 °C. Es una planta con elevados requerimientos de humedad debido a su gran superficie foliar, por lo que la humedad relativa óptima durante el día es de 60 a 70 %, y durante la noche de 70 a 90 % [14]. Las temperaturas muy altas durante el periodo de floración disminuyen la viabilidad del polen [15], por lo que la producción se ve afectada. Asimismo, se considera que las temperaturas de 20 a 30 °C durante el día apenas tienen incidencia sobre la producción; a temperaturas hasta de 25 °C, se alcanza la máxima producción precoz, pero por encima de 30 °C se pueden observar desequilibrios en las plantas [16].

El pepino posee varios cultivares en el mercado, con frutos de diferente tamaño, forma y coloración, cáscara de diferente textura, sabor y características vegetativas distintos [17]. Algunos autores identifican cinco grupos: pepino para ensalada, el tipo *caipira*, el tipo japonés, el tipo holandés y el tipo industrial (para conserva) [18]. Otros investigadores informan que los tipos más comunes de pepino son el americano, el europeo, el del este medio, el holandés y el oriental [19].

Una forma de clasificar los pepinos es según las características físicas del fruto: el pepino tipo español, cuyo fruto alcanza una longitud máxima de 15 cm, es de color verde y se puede usar para encurtido o consumo fresco; el pepino tipo francés, cuyos frutos tienen una longitud de 20

a 25 cm, pueden presentar espinas en la piel; y el pepino tipo holandés o Almería, cuyos frutos superan los 25 cm de longitud, presenta plantas ginoicas y frutos totalmente partenocárpico y de piel lisa, más o menos asurcada [20].

Según su uso, se pueden clasificar en pepino para encurtido (de procesamiento), pepino de mesa o para ensalada (o de consumo fresco) y cultivares de invernadero: el armenio, el oriental (japonés o asiático), el Beit Alfa (persa) y el europeo [15]. En otra de las clasificaciones se utiliza como criterio el origen, como es el caso de los tipos holandés y francés (también llamados europeos), y el tipo asiático. Un criterio adicional es el tamaño del fruto: largo (tipo holandés), mediano (tipo americano o *slicer*, y francés) y pequeño (tipo Beit Alpha, “mini” o pepinillo). Los pepinos tipo americano (*slicer*) son de color oscuro y cáscara gruesa, por lo que tienen un buen comportamiento poscosecha; se cosechan de 18 a 23 cm de longitud [17] [21].

El pepino es una hortaliza de alta demanda en países desarrollados, principalmente para la industria de vegetales procesados o para encurtido, e incluso para consumo fresco [22]. De ahí la importancia de evaluar nuevos materiales de pepino que les sirvan a los productores para mantenerse en el mercado nacional e, incluso, incursionar en la actividad de exportación, con variedades vigorosas, precoces, de altos rendimientos y de buena calidad.

Es importante tomar en cuenta varios aspectos al escoger variedades de pepino que se adapten a las zonas de cultivo, para un mercado de destino. Entre los aspectos más importantes por considerar destacan una producción comercial, el vigor de la planta, un buen nivel de resistencia a enfermedades y la uniformidad de la cosecha [16].

El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento y la calidad de siete genotipos de pepino partenocárpico de tipo mediano, cultivados en ambiente protegido, en condiciones hidropónicas, en Alajuela, Costa Rica.

Materiales y métodos

Se sembraron siete genotipos híbridos de pepino (*Cucumis sativus* L.) partenocárpico, con frutos de mediana longitud (cuadro 1). El cultivo se realizó 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 msnm.

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 de 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 en forma periódica. Se eliminaron los primeros cuatro frutos de cada planta, con el fin de lograr una cosecha más uniforme.

Durante este ensayo, las condiciones ambientales dentro del invernadero fueron las siguientes: la temperatura diurna promedio fue de 27,1 °C, con un valor mínimo promedio de 20,7 °C, y uno máximo promedio de 33,4 °C, mientras que la temperatura nocturna promedio fue de 21,4 °C, con un valor mínimo promedio de 19,8 °C y uno máximo promedio de 23,9 °C. La humedad relativa promedio durante el día fue de 72,3 % y durante la noche fue de 89,2 %. La radiación fotosintéticamente activa diurna promedio fue de 494,0 W/m².

El almácigo se sembró el 3 de julio de 2015; se usaron bandejas de 98 celdas y turba (*peat moss*) como sustrato. El trasplante se realizó 12 días después de la siembra, cuando las plántulas tenían una hoja verdadera. El período de cultivo abarcó desde el 15 de julio hasta el 20 de octubre de 2015, es decir, hasta los 97 días después del trasplante (d.d.t.).

El suministro hídrico y la fertilización se hicieron mediante un sistema de fertirriego automático, controlado por un dispositivo marca iGrow 1400. El plan de fertirriego se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 1. Genotipos de pepino utilizados en el ensayo

Genotipo	Casa comercial
22-20-782	Pandia Seeds
Corinto	Enza Zaden
Katrina	Enza Zaden
Macario	Enza Zaden
Modan	Rijk Zwaan
Paraíso	Enza Zaden
Primavera	Enza Zaden

Cuadro 2. Plan de fertirriego utilizado para la producción de genotipos de pepino

Etapa del cultivo	Concentración del nutriente (mg/l)											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	Mo	B
0-15 d.d.t.	150	53	240	165	40	50	0,16	2,9	0,3	0,6	0,9	0,8
15-30 d.d.t.	161	53	265	175	50	50	0,16	2,9	0,3	0,6	0,9	0,8
30 d.d.t. en adelante	172,5	53	290	175	55	50	0,16	2,9	0,3	0,6	0,9	0,8

Se clasificó la cosecha según tres categorías de calidad (cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros de calidad de pepino utilizados en el ensayo

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 evaluaron las siguientes variables:

- a) Edad al inicio de la floración (d.d.t.): esta variable se midió en días después del trasplante, cuando el 50 % de las plantas mostraban al menos una flor completamente abierta.
- b) Edad al inicio de la cosecha (d.d.t.): esta variable se registró en días después del trasplante al realizar la primera cosecha, cuando los frutos habían alcanzado un estado de desarrollo óptimo para la comercialización.
- c) Presencia de espinas: se determinó en forma cualitativa en cada genotipo, mediante las siguientes categorías: “ausencia de espinas”, “cantidad intermedia de espinas” y “muchas espinas”.
- d) Número de frutos por planta: se contabilizó el número total de frutos producidos por parcela y se dividió entre el número de plantas de la parcela.
- e) Longitud del fruto (cm): se evaluó esta característica en 20 frutos de cada categoría de calidad en cada repetición, y se obtuvo el promedio; se determinó con una cinta métrica marca Assist 32G–8025, con una capacidad de $800,0 \pm 0,1$ cm.
- f) Diámetro del fruto (mm): se evaluó esta característica en la parte media de 20 frutos de cada categoría de calidad por repetición, y se obtuvo el promedio; se midió con un calibrador digital marca Mitutoyo modelo CD-6”CS, con una capacidad de $15,00 \pm 0,01$ cm.
- g) Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix): se evaluó esta característica a partir de un macerado de la pulpa y la placenta del fruto, en 20 frutos por cada repetición y categoría de calidad, y se obtuvo el promedio; se midió con un refractómetro manual marca BOECO, con una capacidad de $0-32,0 \pm 0,2$ °Brix.
- h) Peso del fruto (g): se midió el peso total de los frutos producidos por repetición y categoría de calidad, y se dividió entre el número total de frutos obtenidos; se determinó por medio de una balanza electrónica marca OCONY UWE HGM-20, con una capacidad de 20000 ± 1 g.
- i) Rendimiento (kg/m^2): se estimó a partir del peso de la producción obtenida por parcela y de la densidad de siembra, por cada categoría de calidad. Se consideró como rendimiento comercial la suma de los rendimientos de las categorías de primera y segunda calidad, y como rendimiento total la suma de los rendimientos de las tres categorías de calidad.

Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar, con siete tratamientos (genotipos) y cuatro repeticiones. Cada parcela contó con ocho plantas (dos sacos), y todos los datos se obtuvieron a partir de los frutos totales producidos en dicha parcela. De las variables cuantitativas se realizó un análisis estadístico de variancia, y se utilizó la prueba de LSD Fisher con una significancia de 5 % para determinar diferencias entre los tratamientos.

Resultados y discusión

Edad al inicio de la floración y la cosecha

En el cuadro 4 se muestran los resultados en edad al inicio de la floración y al inicio de la cosecha, para los genotipos de pepino evaluados. La floración inició entre los 17 y 20 d.d.t., y la cosecha, entre los 28 y 30 d.d.t.; los genotipos Corinto y Primavera mostraron la mayor precocidad respecto a los demás, en el inicio de la floración, y ambos formaron parte también, junto con el Katrina y el 22-20-782, del grupo de genotipos cuya cosecha se inició a los 28 d.d.t.

Según diversos investigadores, la edad al inicio de la cosecha oscila entre 31 y 90 d.d.t. para el pepino tipo mediano (cuadro 5); los resultados obtenidos en el presente ensayo fueron menores a dicho rango, es decir que las plantas mostraron una producción más precoz.

Cuadro 4. Edad de genotipos de pepino al inicio de la floración y al inicio de la cosecha

Genotipo	Edad al inicio de floración (d.d.t.)	Edad al inicio de cosecha (d.d.t.)
Corinto	17	28
Primavera	17	28
Katrina	18	28
22-20-782	18	28
Modan	19	30
Macario	19	30
Paraíso	20	30

Cuadro 5. Edad al inicio de la cosecha, informada en la literatura, para producción de pepino tipo mediano en invernadero

Edad al inicio de cosecha (d.d.t.)	Referencia
31	[23]
35	[24]
37	[25]
39	[26]
49	[27]
50	[28]
67 – 72	[19]
86 – 90	[29]

Esta precocidad pudo haber sido inducida por la alta temperatura y la alta radiación en que se desarrolló el cultivo en el presente ensayo, lo cual pudo haber ocasionado un aceleramiento en el metabolismo de las plantas. Los distintos valores de edad al inicio de la cosecha en pepino de diferentes sitios o épocas de siembra se deben generalmente a las diferencias en la temperatura dentro del invernadero, ya que las temperaturas bajas provocan una disminución en el ritmo de crecimiento de la planta y un retraso en la maduración del fruto, mientras que mayores temperaturas aceleran ambos procesos [30].

Presencia de espinas

Los resultados de presencia de espinas en los frutos de los genotipos de pepino estudiados se muestran en el cuadro 6. Todos los genotipos presentaron frutos con un nivel intermedio de espinas, con excepción del Katrina y el 22-20-782, que no poseen espinas. En el caso de los genotipos con espinas, estas fueron de color blanco, con excepción del Macario, cuyas espinas mostraron un color marrón.

Básicamente, la presencia de espinas está asociada al tipo de cáscara de cada genotipo. Los pepinos tipo largo (holandés) y tipo pequeño (“mini” o Beit Alpha) son de cáscara suave y delgada, con estrías o arrugas levemente marcadas y no poseen espinas, mientras que los tipo mediano (*slicer*) presentan una cáscara gruesa y tienen una cantidad media de espinas [21]. El Katrina y el 22-20-782 no poseen espinas, dado que son pepinos tipo Beit Alpha, pero de tamaño mediano.

Cuadro 6. Presencia de espinas en el fruto de genotipos de pepino

Genotipo	Presencia de espinas	Color de espinas
22-20-782	Ausencia	No aplica
Corinto	Intermedio	Blanco
Katrina	Ausencia	No aplica
Macario	Intermedio	Marrón
Modan	Intermedio	Blanco
Paraíso	Intermedio	Blanco
Primavera	Intermedio	Blanco

Longitud del fruto

En el cuadro 7 se presentan los resultados de longitud del fruto de los genotipos evaluados.

Cuadro 7. Longitud del fruto de genotipos de pepino

Genotipo	Longitud del fruto (cm), según categoría de calidad			
	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Katrina	16,56 a	17,54 a	16,28 a	15,85 a
22-20-782	18,53 b	18,99 b	18,65 b	17,95 b
Macario	20,23 c	21,84 c	19,42 c	19,43 c
Primavera	20,58 d	21,95 c	20,31 d	19,46 c
Corinto	20,60 d	21,60 c	20,13 d	20,06 d
Paraíso	21,02 e	23,27 e	20,36 d	19,45 c
Modan	21,30 f	22,66 d	21,50 e	19,75 cd
Categoría de calidad				
Primera	21,12 c			
Segunda	19,52 b			
Rechazo	18,85 a			

Nota: Valores con una letra en común no son significativamente diferentes, según prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Los genotipos Modan y Paraíso presentaron el fruto de mayor longitud, con más de 21 cm, mientras que el Macario, el Corinto y el Primavera alcanzaron valores intermedios; el 22-20-782 alcanzó 18,53 cm y el Katrina fue el de menor longitud (16,56 cm). En términos generales, los frutos de primera calidad mostraron una mayor longitud que los de segunda calidad y los de rechazo; los de segunda calidad alcanzaron también una mayor longitud que los de rechazo.

Según diversos autores, la longitud del fruto varía entre 21,10 y 26,55 cm en pepino tipo mediano (cuadro 8); los resultados obtenidos en la presente investigación se ubicaron por debajo de dicho rango (frutos con menor longitud), con excepción del genotipo Modan.

Cuadro 8. Longitud del fruto informada en la literatura, para producción de pepino tipo mediano en invernadero

Longitud del fruto (cm)	Referencia
21,10 – 23,85	[23]
21,50 – 25,33	[27]
21,70 – 23,50	[25]
21,84 – 22,86	[26]
22,60 – 26,55	[24]
22,90 – 23,50	[31]
25,30 – 25,70	[19]

Con respecto a otro ensayo llevado a cabo en el invernadero de la EEAFBM en la época seca [23], en el presente ensayo los genotipos Modan, Primavera, Paraíso, Corinto y Macario alcanzaron menor longitud del fruto.

Diámetro del fruto

En el cuadro 9 se presentan los resultados de diámetro del fruto de los genotipos evaluados.

Cuadro 9. Diámetro del fruto de genotipos de pepino

Genotipo	Diámetro del fruto (mm), según categoría de calidad			
	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Katrina	42,94 a	47,64 a	41,99 a	39,18 a
22-20-782	47,40 b	49,22 b	48,06 b	44,90 b
Modan	49,95 c	50,77 c	50,78 c	48,31 c
Primavera	52,13 d	56,07 de	51,68 c	48,62 c
Paraíso	52,56 d	57,54 f	51,63 c	48,50 c
Corinto	53,50 e	55,81 d	52,82 d	51,88 d
Macario	54,09 e	57,22 ef	53,97 e	51,07 d
Categoría de calidad				
Primera	53,47 c			
Segunda	50,13 b			
Rechazo	47,50 a			

Nota: Valores con una letra en común no son significativamente diferentes, según prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Los genotipos Corinto y Macario obtuvieron los mayores valores para esta característica, con 53,50 y 54,09 mm, respectivamente. Con valores intermedios se ubicaron el Primavera y el Paraíso, y con valores inferiores a 50 mm el Modan, el 22-20-782 y el Katrina; este último genotipo obtuvo el menor valor para esta característica (42,94 mm). Por otra parte, en forma general, los frutos de primera calidad presentaron mayor diámetro que los de segunda calidad y los de rechazo, y asimismo, los de segunda calidad mostraron mayor diámetro que los de rechazo.

Según diversos investigadores, el diámetro del fruto oscila entre 24,20 y 60,70 mm en pepino tipo mediano (cuadro 10); los resultados hallados en el presente ensayo se ubicaron dentro de dicho rango. En relación con otro ensayo realizado en el invernadero de la EEAFBM en la época seca [23], en el presente trabajo los genotipos Modan, Primavera, Paraíso, Corinto y Macario alcanzaron mayor diámetro del fruto.

Cuadro 10. Diámetro del fruto informado en la literatura, para producción de pepino tipo mediano en invernadero

Diámetro del fruto (mm)	Referencia
24,20 – 28,30	[24]
29,70 – 29,90	[25]
45,00 – 60,70	[27]
48,57 – 49,97	[23]
49,00 – 51,00	[31]
50,80 – 53,34	[26]
51,00 – 53,00	[19]

Número de frutos por planta

Los datos de número de frutos por planta se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11. Número de frutos por planta, de genotipos de pepino

Genotipo	Número de frutos por planta, según categoría de calidad			
	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Primavera	26,31 a	10,72 a	8,28 a	7,31 a
Corinto	29,77 ab	10,16 a	11,18 b	8,43 ab
Macario	30,57 b	10,75 a	10,91 b	8,91 b
Paraíso	30,97 b	11,53 a	11,50 b	7,94 ab
Modan	31,60 b	11,41 a	12,19 b	8,00 ab
22-20-782	43,91 c	19,44 b	13,09 b	11,38 c
Katrina	49,41 d	19,28 b	16,91 c	13,22 d

Nota: Valores con una letra en común no son significativamente diferentes, según prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Los genotipos Katrina y 22-20-782 fueron los que presentaron la mayor cantidad de frutos por planta, tanto en total, como en la categoría de primera calidad; con respecto a la producción

de frutos de primera calidad, ambos genotipos alcanzaron valores superiores a 19 frutos por planta, mientras que los demás genotipos produjeron entre 10,16 y 11,53 frutos por planta. Esto se debe a que las plantas de Katrina y 22-20-782 son multifruto, es decir, que producen de tres a cinco frutos por cada nudo, lo que explica su alta prolificidad. Con respecto al número total de frutos por planta, el genotipo Primavera fue el menos productivo (26,31 frutos por planta), mientras que el 22-20-782 produjo 43,91 frutos por planta; el Katrina fue el más productivo (49,41 frutos por planta).

Según diversos autores, la producción total de frutos varía entre 5,52 y 24,31 frutos por planta en pepino tipo mediano (cuadro 12); los resultados obtenidos en la presente investigación superaron dicho rango, lo que indica mayor prolificidad.

Cuadro 12. Número de frutos por planta informado en la literatura, para producción de pepino tipo mediano en invernadero

Número de frutos por planta	Referencia
5,52 – 8,44	[32]
8,00	[17]
12,50 – 15,48	[33]
15,00 – 16,80	[31]
15,40 – 17,20	[25]
16,40 – 17,40	[19]
18,38 – 19,88	[26]
21,63 – 24,31	[23]

Se ha informado que la incidencia de alta temperatura (mayor a 30 °C) provoca desequilibrios en las plantas de pepino, dando lugar a malformaciones de hojas y frutos defectuosos [30]. Esto probablemente se presentó en este ensayo, donde la temperatura máxima dentro del invernadero alcanzó inclusive los 37,4 °C, lo que pudo haber favorecido la producción de frutos de calidad de rechazo (entre 7,31 y 13,22 frutos por planta).

En otro ensayo llevado a cabo con varios genotipos de pepino en el invernadero de la EEAFBM en la época seca [23], Modan obtuvo 22,04 frutos totales por planta, mientras que en el presente trabajo (época lluviosa), dicho genotipo fue más prolífico (31,60 frutos totales por planta); de la misma forma, la producción de frutos por planta también fue mayor con Primavera, Paraíso, Macario y Corinto. Esto parece sugerir que todos estos genotipos, al ser cultivados bajo invernadero, se comportan mejor en la época lluviosa que en la época seca.

En Sonora, México, y en producción de otoño-invierno, unos autores reportaron una producción comercial de 14,9 frutos por planta del genotipo Modan con un manejo a un tallo, y de 15,1 frutos por planta con un manejo a dos tallos [31], mientras que la producción comercial de ese genotipo en el presente ensayo fue mucho más alta (23,6 frutos por planta); este resultado se podría explicar por la mayor temperatura que se presentó en la EEAFBM, lo que favoreció la producción de una mayor cantidad de frutos por planta.

Peso del fruto

En el cuadro 13 se presentan los datos de peso del fruto de los genotipos evaluados.

Cuadro 13. Peso del fruto de genotipos de pepino.

Genotipo	Peso del fruto (g), según categoría de calidad			
	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Katrina	215,41 a	248,33 a	229,49 a	168,40 a
22-20-782	242,21 b	247,89 a	247,47 c	231,27 cd
Modan	254,52 c	298,92 b	240,70 b	223,93 b
Corinto	258,50 d	302,95 b	242,63 bc	229,91 c
Paraíso	259,12 d	304,70 b	242,13 bc	230,52 cd
Primavera	259,60 d	302,83 b	242,48 bc	233,50 d
Macario	269,89 e	333,37 c	245,68 bc	230,64 cd

Nota: Valores con una letra en común no son significativamente diferentes, según prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

El genotipo Macario fue el que alcanzó el mayor peso del fruto, tanto en los frutos de primera calidad como en el promedio del total (333,37 y 269,89 g, respectivamente), mientras que el Katrina fue el que alcanzó el menor peso en promedio del total de los frutos (215,41 g).

Según diversos investigadores, el peso del fruto oscila entre 103,70 y 415,66 g para pepino tipo mediano (cuadro 14); los resultados hallados en el presente ensayo se ubicaron dentro de dicho rango.

Cuadro 14. Peso del fruto informado en la literatura, para producción de pepino tipo mediano en invernadero.

Peso del fruto (g)	Referencia
103,70 – 149,90	[24]
209,00	[17]
304,51 – 378,51	[23]
324,00 – 337,00	[31]
336,90 – 372,50	[26]
342,60 – 361,97	[33]
372,00 – 388,00	[19]
396,12 – 415,66	[28]

Algunos investigadores encontraron para el fruto de la variedad Paraíso un peso de 396,12 g cuando cultivaron el pepino bajo malla-sombra, y cuando utilizaron sombreado con encalado, un peso de 415,66 g [28]; sin embargo, en el presente trabajo dicho genotipo produjo un fruto de peso mucho menor (259,12 g). Por otra parte, los genotipos Modan, Primavera, Paraíso, Corinto y Macario también obtuvieron, en el presente ensayo, fruto de menor peso en comparación a otra prueba realizada en la época seca en la EEAFBM [23]. Ambos resultados evidencian la importante influencia del factor ambiental sobre esta característica.

Rendimiento

En el cuadro 15 se presentan los datos de rendimiento de los genotipos evaluados.

Cuadro 15. Rendimiento de genotipos de pepino

Genotipo	Rendimiento (kg/m ²), según categoría de calidad				
	Total	Comercial	Primera	Segunda	Rechazo
Primavera	18,11 a	13,66 a	8,46 ab	5,20 a	4,45 a
Corinto	20,05 ab	15,02 ab	7,98 a	7,04 b	5,03 ab
Paraíso	21,12 b	16,36 b	9,14 ab	7,22 b	4,76 ab
Modan	21,13 b	16,48 b	8,87 ab	7,61 b	4,65 a
Macario	21,56 b	16,23 b	9,26 b	6,97 b	5,33 bc
22-20-782	27,69 c	20,89 c	12,48 c	8,41 b	6,80 d
Katrina	28,41 c	22,66 c	12,49 c	10,17 c	5,75 c

Nota: Valores con una letra en común no son significativamente diferentes, según prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Los genotipos que obtuvieron mayor rendimiento en la categoría de primera calidad, así como mayor rendimiento comercial y total, fueron el 22-20-782 y el Katrina, cuyos rendimientos comerciales fueron de 20,89 y 22,66 kg/m², respectivamente; hay que tomar en cuenta que estos genotipos son multifruto, lo que explica estos altos valores. Por otra parte, el Primavera fue el genotipo menos productivo, con 18,11 y 13,66 kg/m² de rendimiento total y comercial respectivamente.

Según diversos investigadores, el rendimiento por área oscila entre 3,34 y 27,33 kg/m² para pepino tipo mediano (cuadro 16); los resultados hallados en el presente ensayo se ubicaron dentro de dicho rango, excepto para los genotipos 22-20-782 y Katrina, cuya producción fue superior a la indicada, es decir, que fueron más productivos.

Cuadro 16. Rendimiento informado en la literatura, para producción de pepino tipo mediano en invernadero

Rendimiento (kg/m ²)	Referencia
3,34 – 4,84	[32]
6,00 – 7,90	[29]
8,86 – 9,48	[34]
9,11 – 18,11	[35]
11,33 – 13,00	[24]
14,70 – 17,70	[19]
15,80 – 17,30	[31]
17,42 – 23,46	[28]
17,53 – 22,18	[23]
21,27 – 27,33	[36]

Otros investigadores obtuvieron un rendimiento total de 18,11 kg/m² en pepinos *slicer* a una densidad de 6,0 plantas/m², mientras que con 2,0 plantas/m² obtuvieron solo 9,11 kg/m² [35]; los rendimientos totales obtenidos en la presente investigación, con 2,6 plantas/m², fueron superiores a dichos resultados (excepto en el caso del genotipo Primavera).

En la época de verano en la EEAFBM, otros autores informaron que el mayor rendimiento comercial se obtuvo con el genotipo Primavera (19,04 kg/m²), y el menor rendimiento comercial, con el Modan (15,12 kg/m²) [23]. Sin embargo, en el presente trabajo, el Modan obtuvo un rendimiento comercial mayor (16,48 kg/m²), y el Primavera un rendimiento menor (13,66 kg/m²). Esto sugiere que el Modan puede ser un genotipo sensible a las altas temperaturas, como las que se presentaron en la época de verano en la EEAFBM, mientras que el Primavera puede ser un genotipo que se comporta mucho mejor al crecer bajo condiciones de mayor temperatura y menor humedad relativa.

Porcentaje de sólidos solubles totales

En el cuadro 17 se presentan los resultados de porcentaje de sólidos solubles totales del fruto de los genotipos evaluados. Los genotipos Macario y Paraíso alcanzaron los mayores valores para esta característica, con 3,16 y 3,22 °Brix, respectivamente, mientras que el Modan y el 22-20-782 obtuvieron los valores más bajos (entre 2,89 y 2,90 °Brix). Además, en términos generales, los frutos de primera calidad obtuvieron un valor mayor para esta característica que los de segunda calidad y de rechazo; y los de segunda calidad presentaron también un valor mayor que los de rechazo.

Cuadro 17. Porcentaje de sólidos solubles totales del fruto de genotipos de pepino

Genotipo	Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix), según categoría de calidad			
	Total	Primera	Segunda	Rechazo
Modan	2,89 a	2,88 a	2,87 a	2,91 a
22-20-782	2,90 a	2,90 a	2,92 ab	2,89 a
Primavera	2,98 b	3,00 b	2,97 b	2,98 b
Katrina	3,00 b	3,04 bc	2,97 b	2,99 bc
Corinto	3,05 c	3,09 c	3,05 c	3,02 bc
Macario	3,16 d	3,27 d	3,18 d	3,04 bc
Paraíso	3,22 e	3,38 e	3,22 d	3,06 c
Categoría de calidad				
Primera	3,08 c			
Segunda	3,03 b			
Rechazo	2,98 a			

Nota: Valores con una letra en común no son significativamente diferentes, según prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Según diversos autores, el porcentaje de sólidos solubles totales varía entre 3,00 y 4,08 °Brix para pepino tipo mediano (cuadro 18); los resultados obtenidos en la presente investigación se ubicaron dentro de dicho rango, excepto para los genotipos 22-20-782, Modan y Primavera, que obtuvieron valores menores que el indicado.

Cuadro 18. Porcentaje de sólidos solubles totales informado en la literatura, para producción de pepino tipo mediano en invernadero

Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix)	Referencia
3,00 – 3,70	[19]
3,40 – 3,89	[23]
3,60 – 4,07	[27]
3,60 – 4,08	[33]

Conclusiones

En términos generales, los frutos de pepino de primera calidad mostraron mayor longitud, diámetro y porcentaje de sólidos solubles totales, que los de segunda calidad y de rechazo.

Los genotipos 22-20-782 y Katrina obtuvieron el mayor rendimiento comercial (20,89 y 22,66 kg/m², respectivamente) y de primera calidad (12,48 y 12,49 kg/m², respectivamente), por lo que se consideran los mejor adaptados a las condiciones en que se desarrolló la investigación; sin embargo, sus frutos fueron más pequeños (menor longitud, diámetro y peso) en comparación con los de los otros genotipos estudiados, lo que podría afectar su potencial de comercialización en Costa Rica.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento recibido de CONARE, así como de la Universidad de Costa Rica, para la realización de este trabajo. Asimismo, agradecen la colaboración de Ana Julia Sánchez, Karla Chacón, Ana Rebeca Zeledón, Carolina Ramírez, Werner Salazar, Julio Loáiciga, 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

- [1] V. K. Kapuriya, K. D. Ameta, S. K. Teli, A. Chittora, S. Gathala and S. Yadav, «Effect of spacing and training on growth and yield of polyhouse grown cucumber (*Cucumis sativus* L.),» *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 6, no. 8, pp. 299-304, 2017.
- [2] J. Reche, *Cultivo de pepino en invernadero*. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011, p. 50.
- [3] T. Z. Sarhan y S. F. Ismael, «Effect of low temperature and seaweed extracts on flowering and yield of two cucumber cultivars (*Cucumis sativus* L.),» *International Journal of Agricultural and Food Research*, vol. 3, no. 1, pp. 41-54, 2014.
- [4] V. Rozano, C. Quiróz, J. C. Acosta, L. A. Pimentel y E. I. Quiñones, «Hortalizas, las llaves de la energía,» *Revista Digital Universitaria*, vol. 6, no. 9, pp. 1-30, 2004.
- [5] S. Torres, «Valoración agronómica de dos variedades de mostaza (*Brassica juncea*), pepino (*Cucumis sativus*) y rábano (*Raphanus sativus*)», Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, Guácimo, Costa Rica, 2007.
- [6] J. E. Monge-Pérez, «Caracterización de 14 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica», *Tecnología en Marcha*, vol. 27, n.º 4, pp. 58-68, 2014.
- [7] J. E. Monge-Pérez, «Evaluación preliminar de 201 genotipos de ocho diferentes hortalizas (berenjena, chile dulce, zucchini, ayote, sandía, pepino, tomate y melón) cultivados bajo invernadero en Costa Rica», de *La investigación en Guanacaste II*, (Nuevas Perspectivas), San José, Costa Rica, , 2016, pp. 277-300.

- [8] F. Marín, «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, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica, 2010. [En línea]. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00290.pdf>.
- [9] J. A. Valenciano, A. M. Salas y R. Díaz, «Sistemas de financiamiento en cadenas agrícolas rurales: un caso no exitoso en la producción de pepino en Zarcero, Costa Rica,» *Revista ABRA*, vol. 33, n.º 46, pp. 13-29, 2013.
- [10] N. Mora, H. Campos, J. F. Fernández y S. Morales, *Caracterización de la agrocadena pepino holandés* Dirección Regional Central Occidental, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Alajuela, Costa Rica, 2007.
- [11] FAO, «Estadísticas de producción de pepino», 2015. [En línea]. Disponible en <http://faostat3.fao.org/browse/T/TP/S>.
- [12] C. Bojacá y O. Monsalve, *Manual de producción de pepino bajo invernadero*, Bogotá, Colombia: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2012.
- [13] FAO, «El cultivo protegido en clima mediterráneo: pepino», 2002. [En línea]. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s08.htm#bm08..2.4.5>.
- [14] A. Casaca, «El cultivo del pepino», en *Guías tecnológicas de frutas y vegetales*, 2005. [En línea]. Disponible en <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2286/pepino.pdf>.
- [15] Haifa, «Nutritional recommendations for cucumber in open fields, tunnels and greenhouse,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.haifa-group.com/files/Guides/Cucumber.pdf>.
- [16] R. Vasco, «El cultivo de pepino bajo invernadero,» de *Técnicas de producción en cultivos protegidos*, Tomo 2. Madrid, España: Caja Rural Intermediterránea (Cajamar), 2003, pp. 691-722.
- [17] L. C. Crosby, «Growth and consumer evaluation of *Cucumis sativus* L. cultivated in controlled environments,» 2008.
- [18] M. A. N. Sedyama, J. L. M. Nascimento, I. P. C. Lopes, P. C. Lima y S. M. Vidigal, «Tipos de poda em pepino dos grupos aodai, japonés e caipira,» *Horticultura Brasileira*, vol. 32, n.º 4, pp. 491-496, 2014.
- [19] J. López-Elías, S. Garza, M. A. Huez, J. Jiménez, E. O. Rueda y B. Murillo, «Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero,» *European Scientific Journal*, vol. 11, n.º 24, pp. 25-36, 2015.
- [20] Centro de Exportación e Inversión de la República Dominicana, «Perfil económico del pepino (*Cucumis sativus* L.)», 2008. [En línea]. Disponible en http://cei-rd.gov.do/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/PEPINO.pdf.
- [21] Johnny's Selected Seeds, «Cucumber types and terminology,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.johnny-seeds.com/assets/information/cucumbers-types-terminology-8989.pdf>.
- [22] A. Musmade y U. Desai, *Tratado de ciencia y tecnología de las hortalizas: el pepino y el melón*. Zaragoza, España: Acribia, 2003.
- [23] K. Chacón-Padilla y J. E. Monge-Pérez, «Rendimiento y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado bajo invernadero,» *Revista Pensamiento Actual*, vol. 17, n.º 29, pp. 39-50, 2017.
- [24] S. A. A. M. Hossain, L. Wang, and H. Liu, «Improved greenhouse cucumber production under deficit water and fertilization in Northern China,» *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 11, no. 4, pp. 58-64, 2018.
- [25] A. I. I. Cardoso, «Avaliação de linhagens e híbridos experimentais de pepino do grupo varietal japonês sob ambiente protegido,» *Bragantia*, vol. 66, n.º 3, pp. 469-475, 2007.
- [26] A. Nair, B. H. Carpenter, and L. K. Weieneth, «Effect of plastic mulch and trellises on cucumber production in high tunnels,» 2013. [En línea]. Available: http://lib.dr.iastate.edu/farms_reports/1909.
- [27] F. V. Barraza-Álvarez, «Calidad morfológica y fisiológica de pepinos cultivados en diferentes concentraciones nutrimentales,» *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, vol. 9, n.º 1, pp. 60-71, 2015.
- [28] G. Ramírez, E. Rico, A. Mercado, R. Ocampo, R. G. Guevara, G. M. Soto y H. Godoy, «Efecto del manejo cultural y sombreado sobre la productividad del cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.)», *Ciencia@UAQ*, vol. 5, n.º 1, pp. 1-9, 2012.
- [29] O. I. Monsalve, H. A. Casilimas y C. R. Bojacá, «Evaluación técnica y económica del pepino y el pimentón como alternativas al tomate bajo invernadero,» *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, vol. 5, n.º 1, pp. 69-82, 2011.
- [30] R. L. Grijalva, R. Macías, S. A. Grijalva y F. Robles, «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,» *Biotécnica*, vol. 13, n.º 1, pp. 29-36, 2011.



- [31] J. López-Elías, J. C. Rodríguez, M. A. Huez, S. Garza, J. Jiménez y E. I. Leyva, «Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda», *IDESIA*, vol. 29, n.º 2, pp. 21-27, 2011.
- [32] C. Ramírez-Vargas, «Extracción de nutrientes, crecimiento y producción del cultivo de pepino bajo sistema de cultivo protegido hidropónico», *Tecnología en Marcha*, vol. 32, n.º 1, pp. 107-117, 2019.
- [33] C. G. Sandí, «Crecimiento, producción y absorción nutricional del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) con dos soluciones nutritivas en ambiente protegido en la zona de San Carlos, Costa Rica», 2016.
- [34] V. M. Olalde, A. A. Mastache, E. Carreño, J. Martínez y M. Ramírez, «El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido», *Interciencia*, vol. 39, n.º 10, pp. 712-717, 2014.
- [35] L. Rojas y V. Alfaro, «Densidad de plantación en tomate y pepino ensalada,» s.f.. [En línea]. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR18315.pdf>.
- [36] F. V. Barraza, «Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero», *Temas Agrarios*, vol. 17, n.º 2, pp. 18-29, 2012.