

Genética vegetal y biodiversidad

Artículo de investigación científica y tecnológica

Evaluación de diez genotipos de melón cultivados bajo invernadero

 José Eladio Monge-Pérez^{1*},  Michelle Loría-Coto²

¹Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

²Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.

*Autor de correspondencia: Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica.
Barrio San José de Alajuela, 2 km oeste del templo católico, Alajuela, Costa Rica. jose.mongeperez@ucr.ac.cr

Editor temático: Andrés Cortés (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
[AGROSAVIA])

Recibido: 19 de agosto de 2020

Aprobado: 23 de marzo de 2021

Publicado: 06 de septiembre de 2021

Para citar este artículo: Monge-Pérez, J. E., & Loría-Coto, M. (2021). Evaluación de diez genotipos de melón cultivados bajo invernadero. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(3), e2178. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num3_art:2178



Resumen

Se evaluó el rendimiento y la calidad de diez genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) producidos bajo invernadero, por medio de seis variables cuantitativas. Los datos muestran una amplia variabilidad entre los genotipos en cuanto a edad al inicio de la cosecha (70 - 88 días después del trasplante), peso promedio del fruto (506,37 - 948,68 g), número de frutos/m² (0,65 - 7,39), rendimiento por área (0,56 - 5,05 kg/m²), porcentaje de sólidos solubles totales (10,35 - 12,29 °Brix), y firmeza de la pulpa del fruto (16,89 - 40,21 N). El número de frutos/m² y el rendimiento por área fueron significativamente mayores para los genotipos JMX-207 (7,39 frutos/m²; 5,05 kg/m²), Oui (5,69 frutos/m²; 3,77 kg/m²) y Brilliant (6,09 frutos/m²; 3,49 kg/m²), y fueron significativamente menores para el genotipo JMX-801 (0,65 frutos/m²; 0,56 kg/m²). La investigación proporciona información que permite a los agricultores seleccionar el genotipo a cultivar en su finca, según el mercado. Todos los genotipos se destacaron por su alto contenido de sólidos solubles, y constituyen opciones válidas para los consumidores que buscan melones de alta calidad.

Palabras clave: °Brix, calidad, *Cucumis melo*, cultivos de invernadero, peso del fruto, producción vegetal, rendimiento

Evaluation of ten melon genotypes grown under greenhouse conditions

Abstract

The yield and quality of ten melon (*Cucumis melo* L.) genotypes grown under greenhouse conditions were evaluated through six quantitative variables. The data obtained show a wide variability between genotypes with respect to the age at the start of harvest (70 - 88 days after transplant), mean fruit weight (506.37 - 948.68 g), number of fruits/m² (0.65 - 7.39), yield per area (0.56 - 5.05 kg/m²), percentage of total soluble solids (10.35 - 12.29 °Brix), and fruit flesh firmness (16.89 - 40.21 N). The number of fruits/m² and the yield per area were significantly higher for genotypes JMX-207 (7.39 fruits/m²; 5.05 kg/m²), Oui (5.69 fruits/m²; 3.77 kg/m²) and Brilliant (6.09 fruits/m²; 3.49 kg/m²), and significantly lower for genotype JMX-801 (0.65 fruits/m²; 0.56 kg/m²). This study provides information to farmers that allows them to select the best genotype to cultivate in their farm, according to the market. All melon genotypes stood out for their high soluble solids content and could be good options for consumers demanding high-quality melons.

Keywords: °Brix, crop production, *Cucumis melo*, fruit weight, greenhouse crops, quality, yield

Introducción

El melón es uno de los principales productos de exportación en Costa Rica, en 2011 fue el quinto mayor rubro de exportación agrícola de este país (66,9 millones de dólares); la cosecha se produce principalmente entre enero y abril (época seca), y los frutos que no cumplen con los requerimientos para exportación se destinan al mercado nacional (Monge-Pérez, 2014). En el país se producen los siguientes tipos de melón: Cantaloupe, Amarillo, Charentais, Harper, Piel de Sapo, Galia, Honey Dew, y Orange Flesh (Monge-Pérez, 2016).

En Costa Rica se produce poco melón durante la época lluviosa del año, debido a diversos problemas fitosanitarios que afectan la producción; de ahí que, el precio de esta fruta en el mercado nacional, para dicho período, es mucho más alto que en la época seca (Monge-Pérez, 2016). En el país se presenta una gran demanda de melón durante la temporada de lluvias, debido a la poca producción (y baja calidad de la fruta). En este período el consumidor podría estar anuente a pagar un mayor precio por un fruto de alta calidad; la producción de melón bajo invernadero haría posible esta oportunidad (Monge-Pérez, 2016), pues permite la producción de la fruta durante todo el año.

Para el 2003 en Costa Rica, el 89 % de los ambientes protegidos se ubicaban en la Región Central, y en estos se cultivaba principalmente chile dulce y tomate (Marín, s.f.); la producción de melón bajo ambiente protegido ha sido tradicionalmente muy baja en el país (Monge-Pérez, 2016).

En comparación con la producción a campo abierto, el cultivo bajo ambiente protegido permite obtener un mayor número de cosechas durante el año, una cosecha más precoz, una mejor calidad del fruto y un mayor rendimiento, además de ahorro en el uso de fertilizantes y agua (Vargas et al., 2008). En condiciones de invernadero, se presenta menor evapotranspiración, viento y radiación solar; y se registra mayor humedad relativa del aire, temperatura y radiación difusa (Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017).

Por otra parte, con el uso de hidroponía se puede lograr una menor aplicación de plaguicidas, un adecuado manejo de agua y nutrientes, así como una mayor densidad de siembra, y un incremento en la productividad y calidad del fruto de melón (Vargas et al., 2008).

Un factor clave en todo proyecto productivo es la selección del genotipo apropiado, cada variedad presenta diversas características de calidad del fruto, respuesta a condiciones climáticas, y resistencia a plagas y enfermedades (Monge-Pérez, 2016). La respuesta de un genotipo cultivado bajo invernadero no es siempre coincidente con lo que sucede a campo abierto, pues las condiciones ambientales son bastante diferentes (Monge-Pérez, 2016).

Un genotipo apropiado de melón se debe adaptar bien a las condiciones de cultivo, asegurar un buen rendimiento, y sus frutos deben ser de buena calidad y contar con una vida de anaquel adecuada (Monge-Pérez, 2016). Los consumidores de melón consideran que la calidad del fruto depende de la concentración de sólidos solubles totales, el grosor de la pulpa y el sabor (Vargas et al., 2008); y, en consecuencia, demandan frutos con alto contenido de sólidos solubles totales, mayor firmeza y larga vida de anaquel (Cantliffe et al., 2009).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento y la calidad de 10 genotipos de melón, cultivados bajo ambiente protegido, en Alajuela, Costa Rica.

Materiales y métodos

Se cultivaron diez genotipos de melón *Cucumis melo* L. (Cucurbitaceae) (tabla 1), en condiciones hidropónicas, en el invernadero de hortalizas de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), que está ubicada en el Barrio San José de Alajuela, Costa Rica, a 883 m s.n.m. Se utilizaron genotipos de cinco diferentes tipos de melón (dos híbridos por cada tipo), los cuales se consideraron interesantes por sus características de calidad de fruta.

Tabla 1. Genotipos utilizados en la investigación

Genotipo	Tipo de melón	Procedencia
Acclaim	Cantaloupe	Estados Unidos
Brilliant	Amarillo	España
HSR-4310	Galia, pulpa verde	Estados Unidos
HSR-4366	Galia, pulpa anaranjada	Estados Unidos
JMX-1411	Charentais	Holanda
JMX-915	Harper	Holanda
JMX-801	Harper	Holanda
JMX-207	Amarillo	Holanda
JMX-1137	Cantaloupe	Estados Unidos
Oui	Charentais	Estados Unidos

Fuente: Elaboración propia

El cultivo se estableció 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 sujetaron por medio de mallas plásticas, ubicadas a ambos lados de cada hilera de plantas, y se manejaron a libre crecimiento (es decir, no se realizaron podas). Para garantizar la polinización, se colocó una colmena de *Apis mellifera* y otra de *Nannotrigona* sp. (Hymenoptera: Apidae) en el invernadero.

El almácigo se sembró el 12 de julio de 2014, y el trasplante se efectuó el 26 de julio de 2014. La cosecha inició el 4 de octubre de 2014 (70 días después del trasplante-ddt) para los genotipos más precoces, y finalizó el 26 de noviembre de 2014 (123 ddt). El combate de plagas y enfermedades se llevó a cabo mediante un manejo integrado, que incluyó medidas biológicas, etológicas y químicas. Se utilizó un programa de fertirrigación previamente validado para el cultivo de melón bajo invernadero (Monge-Pérez & Loría-Coto, 2020); se suministró fertirriego entre las 7:00 a.m. y las 4:00 p.m., con una frecuencia de una hora; se usaron goteros con una descarga de 2 litros por hora, y cada planta recibió entre 0,5 y 1,5 litros por día, según la etapa fenológica, con un mayor consumo hacia el final del ciclo del cultivo.

Se evaluaron las siguientes variables:

- a) *Edad al inicio de la cosecha (ddt)*: Se registró el día de inicio de la cosecha en cada genotipo, y se contabilizó el número de días transcurridos desde el trasplante.
- b) *Peso del fruto (g)*: Se evaluó el peso de cada uno de los frutos producidos, y se obtuvo el promedio por fruto.
- c) *Número de frutos/m²*: Se registró el número de frutos producidos por planta, y luego se calculó la producción por m², de acuerdo con la densidad de siembra de la investigación.
- d) *Rendimiento por área (kg/m²)*: Se estimó el peso de los frutos de melón producidos por m², a partir del rendimiento por planta y considerando la densidad de siembra.
- e) *Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix)*: Se evaluó el porcentaje de sólidos solubles totales de todos los frutos, y se obtuvo el promedio.
- f) *Firmeza de la pulpa del fruto (N)*: Se registró la firmeza de la pulpa de todos los frutos, y se obtuvo el promedio. Esta variable se evaluó en el momento de madurez fisiológica de los frutos.
- g) *Tipo de expresión sexual*: Se evaluó la presencia de flores hermafroditas (andromonoica) o femeninas (monoica), además de las masculinas, para cada genotipo, por medio de la observación de las flores de las plantas.

La firmeza de la pulpa del fruto se determinó mediante un penetrómetro portátil (Effegi, modelo FT-327, Italia), con un puntero de 7,5 mm de ancho y una capacidad de $12,5 \pm 0,1$ kilogramo-fuerza; los datos se multiplicaron por un factor de conversión de 9,806 para obtener el resultado en Newtons (N). Para la evaluación del peso de los frutos se utilizó una balanza electrónica (Ocony, modelo TH-I-EK, Costa Rica) con una capacidad de $5.000,0 \pm 0,1$ g. El porcentaje de sólidos solubles totales se evaluó mediante un refractómetro manual (Atago, modelo N-1a, Japón) con una capacidad de $0,0-32,0 \pm 0,2$ °Brix.

Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar, con 10 tratamientos (genotipos), y cuatro repeticiones (parcelas) por tratamiento; se consideró que cuatro repeticiones era un número adecuado a nivel estadístico, y que se ajustaba al espacio disponible en el invernadero para este ensayo. La parcela total consistió de 12 plantas (3 sacos), y la parcela útil consistió en las 8 plantas centrales de la parcela (2 m lineales centrales de la parcela). Todos los frutos producidos dentro de la parcela útil fueron evaluados. Para todas las variables (excepto edad al inicio de la cosecha, y tipo de expresión sexual) se realizó un análisis estadístico de varianza, y se utilizó la prueba de LSD Fisher con una significancia de 5 % para obtener las comparaciones entre tratamientos. Para las variables edad al inicio de la cosecha y tipo de expresión sexual, no se realizó análisis estadístico, únicamente se hicieron evaluaciones observacionales.

Resultados y discusión

Todos los genotipos mostraron una expresión sexual andromonoica, con excepción del JMX-801, que fue el único con una expresión monoica. Dicho genotipo fue también el que mostró una menor producción por área; esta baja productividad de los genotipos monoicos cultivados bajo invernadero, en comparación con los andromonoicos, ya había sido informada anteriormente (Monge-Pérez, 2016; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2019).

Con respecto a la edad al inicio de la cosecha, los genotipos más precoces fueron JMX-207 y Brilliant (70 ddt; ambos de tipo Amarillo), así como Oui (71 ddt; tipo Charentais) (figura 1); los frutos se cosecharon al alcanzar la madurez fisiológica. Los genotipos más tardíos iniciaron su cosecha a los 88 ddt, y correspondieron a JMX-1137 y Acclaim (ambos de tipo Cantaloupe), y a HSR-4366 (tipo Galia). Es interesante que los melones tipo Cantaloupe hayan sido más tardíos que los melones tipo Harper en el presente ensayo bajo condiciones de invernadero, dado que, de forma contraria, en condiciones de cultivo al aire libre en zonas de clima caliente, los melones tipo Harper son generalmente más tardíos que los de tipo Cantaloupe (Monge-Pérez, 2016).

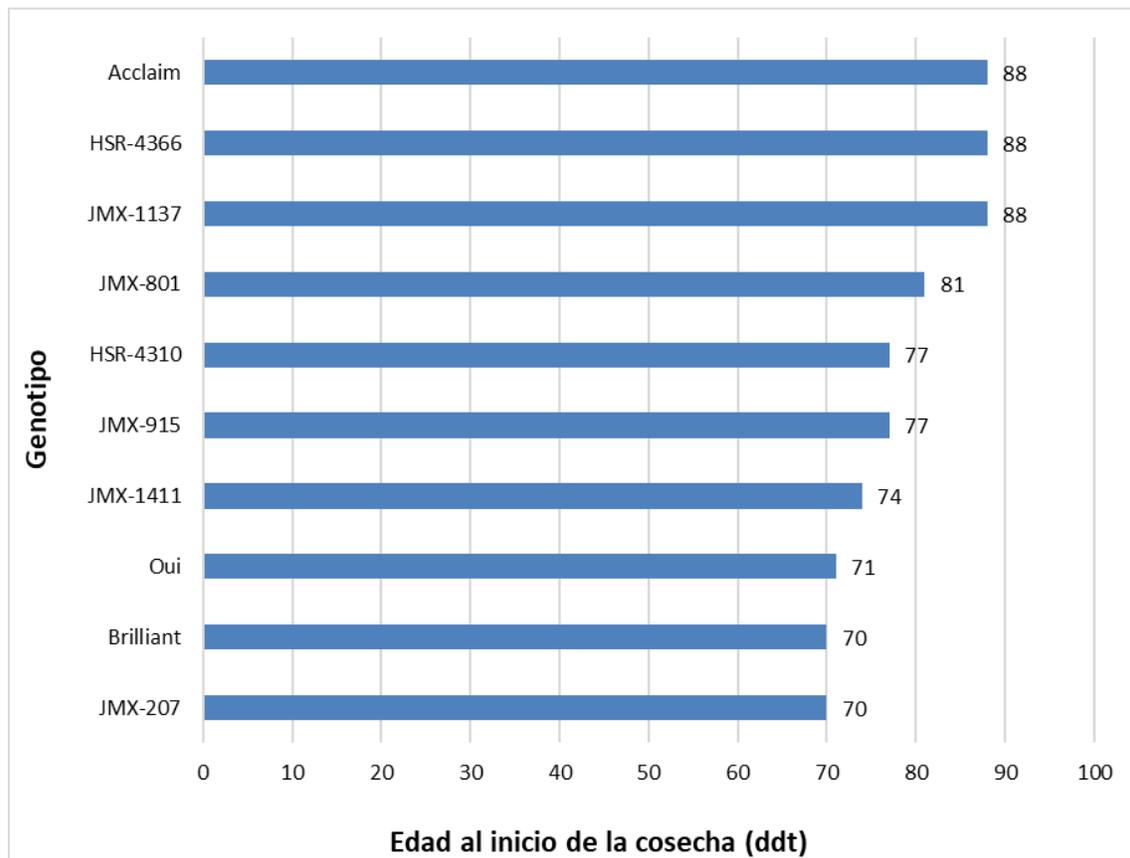


Figura 1. Edad al inicio de cosecha (ddt) de los genotipos evaluados (cuando los frutos alcanzaron su madurez fisiológica).

Fuente: Elaboración propia

Por lo general, es preferible cultivar genotipos precoces para la producción de melón en invernadero, puesto que se puede recuperar más rápidamente la inversión económica (Monge-Pérez, 2016); aunque también hay que considerar otros aspectos como el rendimiento y la calidad del fruto. Con respecto a la producción de melón en invernadero, algunos autores informaron que el genotipo Galia inició cosecha a los 49 ddt, pero el Amarillo, lo hizo a los 59 ddt (Monge-Pérez, 2016); en ambos casos se trata de una producción sumamente precoz. En el caso de melón Cantaloupe, en un ensayo, la cosecha inició a los 81 ddt (Queiroga et al., 2008c), mientras que, en otro ensayo, realizado en Taiwán, lo hizo entre 54 y 56 ddt (Yam et al., 2020); y en México otro genotipo de este tipo de melón inició su cosecha entre 88 y 104 días después de la siembra directa, según el tipo de sustrato utilizado (Moreno-Reséndez et al., 2014).

Otros autores informaron que, en la EEAFBM, un genotipo de melón Cantaloupe inició cosecha a los 77,3 ddt (Díaz-Alvarado & Monge-Pérez, 2017a), mientras que otro de melón Amarillo lo hizo a los 67 ddt (Díaz-Alvarado & Monge-Pérez, 2017b). Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron superiores a lo informado por dichos autores. Por otra parte, en la EEAFBM, en Costa Rica, para 18 genotipos de melón, se obtuvo una edad de inicio de cosecha entre 65 y 123 ddt (Monge-Pérez, 2016), lo que enfatiza la importancia del efecto genético sobre esta variable; los datos hallados en el presente ensayo se ubicaron dentro de dicho rango. La edad de inicio de cosecha de un melón depende, entre otros factores, de las condiciones climáticas como luz, temperatura y humedad; de las prácticas de manejo del cultivo como fertilización, podas y densidad de siembra; y de las características genéticas de cada variedad; por ejemplo, una menor temperatura hace que el inicio de la cosecha sea más tardío (Monge-Pérez, 2016). Por lo tanto, estos factores pueden explicar las diferencias entre los resultados obtenidos en este ensayo y los datos de la literatura. En la tabla 2 se muestran los estimadores estadísticos de las variables en que se realizó el análisis estadístico. Según el análisis de varianza, se hallaron diferencias significativas para las variables peso del fruto, número de frutos/m², rendimiento por área, porcentaje de sólidos solubles totales, y firmeza de la pulpa del fruto (tabla 3).

Tabla 2. Estimadores estadísticos de cinco variables evaluadas

Variable	Promedio	Valor mínimo	Valor máximo	Error estándar	Desviación estándar
Peso del fruto (g)	714,90	309,67	1.064,50	26,70	164,60
Número de frutos/m ²	3,38	0,33	8,13	0,40	2,47
Rendimiento por área (kg/m ²)	2,28	0,30	5,96	0,26	1,62
Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix)	11,24	9,04	13,33	0,15	0,94
Firmeza de la pulpa del fruto (N)	25,40	14,61	52,95	1,23	7,60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza de cinco variables evaluadas

Variable	CV (%)	p-valor	DMS
Peso del fruto (g)	15,13	0,0001	162,15
Número de frutos/m ²	37,91	< 0,0001	1,92
Rendimiento por área (kg/m ²)	41,59	< 0,0001	1,42
Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix)	6,42	0,0032	1,08
Firmeza de la pulpa del fruto (N)	17,00	< 0,0001	6,47

Nota: CV: coeficiente de variación (%); *p-valor*: probabilidad del tratamiento (genotipo); DMS: diferencia mínima significativa.

Fuente: Elaboración propia

Los frutos con mayor peso se obtuvieron en el genotipo JMX-915 (948,68 g) (figura 2), seguido de JMX-801 (905,17 g), ambos de tipo Harper; mientras que los frutos con menor peso se presentaron en el genotipo HSR-4310 (506,37 g), un melón tipo Galia.

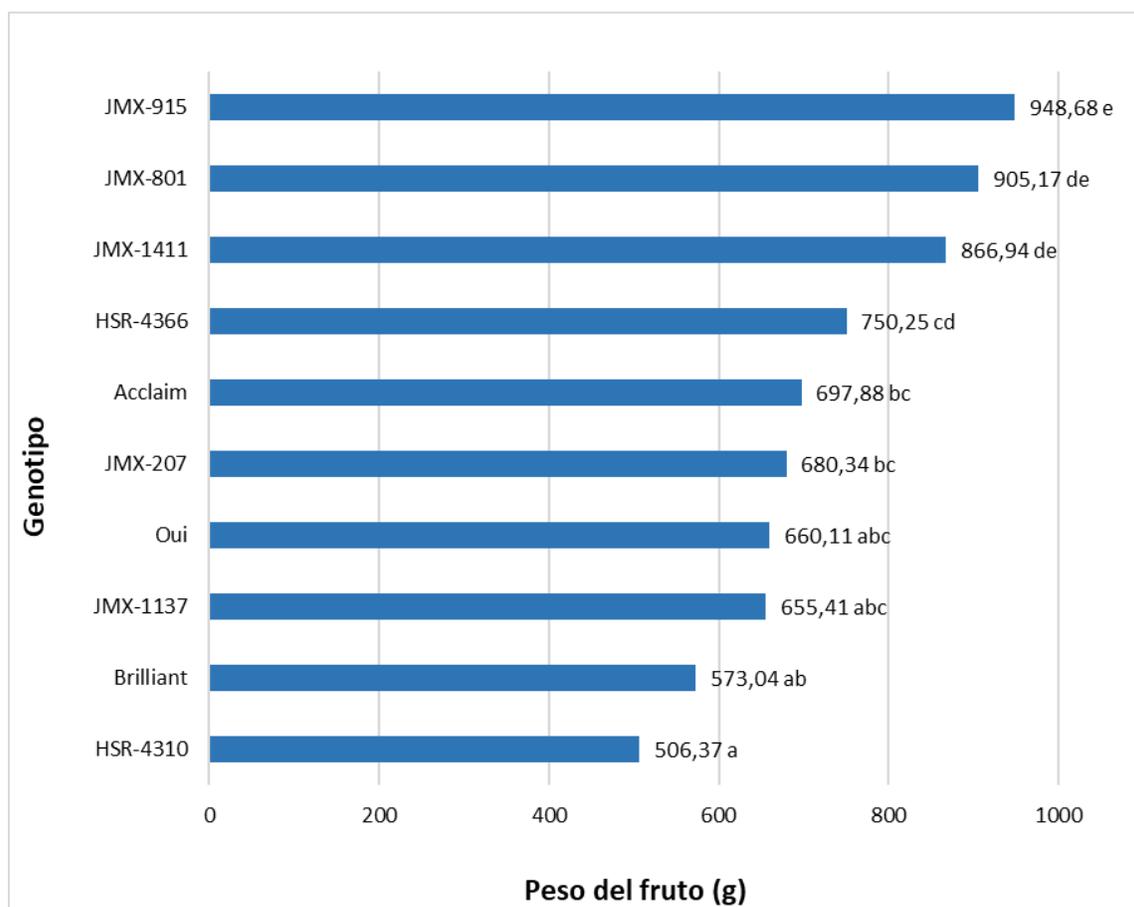


Figura 2. Peso del fruto (g) de los genotipos evaluados.

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

Fuente: Elaboración propia

Se deben seleccionar genotipos cuyos frutos tengan un peso de interés comercial, que en el caso del mercado nacional de Costa Rica deben ser entre 600 y 2.000 g (Monge-Pérez, 2016), mientras que en Brasil dicho rango se ubica entre 800 y 2.000 g (Vargas et al., 2008).

Según diversos investigadores, en melones producidos en invernadero se han obtenido los siguientes valores de peso del fruto: melón Amarillo entre 443,29 y 2.020,00 g (Alvarado-Sánchez & Monge-Pérez, 2015; Díaz-Alvarado & Monge-Pérez, 2017b; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017; Paduan et al., 2007); melón Cantaloupe entre 161,47 y 1.777,00 g (Abraham-Juárez et al., 2018; Banchón, 2018; Barrientos, 2013; Díaz-Alvarado & Monge-Pérez, 2017a; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017; Morales, 2009; Moreno-Reséndez et al., 2014; Naranjo, 2012; Preciado-Rangel et al., 2018; Queiroga et al., 2008a, b, c; Sánchez et al., 2016; Santiago et al., 2018; Yam et al., 2020); melón Charentais entre 479,55 y 1.200,00 g (Barrientos, 2013; Cantliffe et al., 2009; González, 2017; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017); melón Galia entre 480,0

y 1.800,0 g (Abad et al., 2006; Bezerra et al., 2009; Dias et al., 2018; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017; Paduan et al., 2007; Rodríguez et al., 2006, 2007); y melón Harper entre 584,0 y 1.300,0 g (Barrientos, 2013; Mitchell et al., 2008; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017). Los resultados hallados en el presente ensayo se ubicaron dentro de dichos rangos. Las diferencias en los valores de peso del fruto de melón informados en la literatura se pueden explicar por la influencia de factores como la densidad de siembra, las condiciones climáticas, la fertilización, y el genotipo, entre otros.

Se hallaron diferencias significativas en el número de frutos por área, cuyos valores oscilaron entre 0,65 frutos/m² para el genotipo JMX-801, y hasta 7,39 frutos/m² para el JMX-207; mientras otros genotipos produjeron más de 5,0 frutos/m², como fue el caso de Brilliant con 6,09 frutos/m² y Oúi con 5,69 frutos/m² (figura 3).

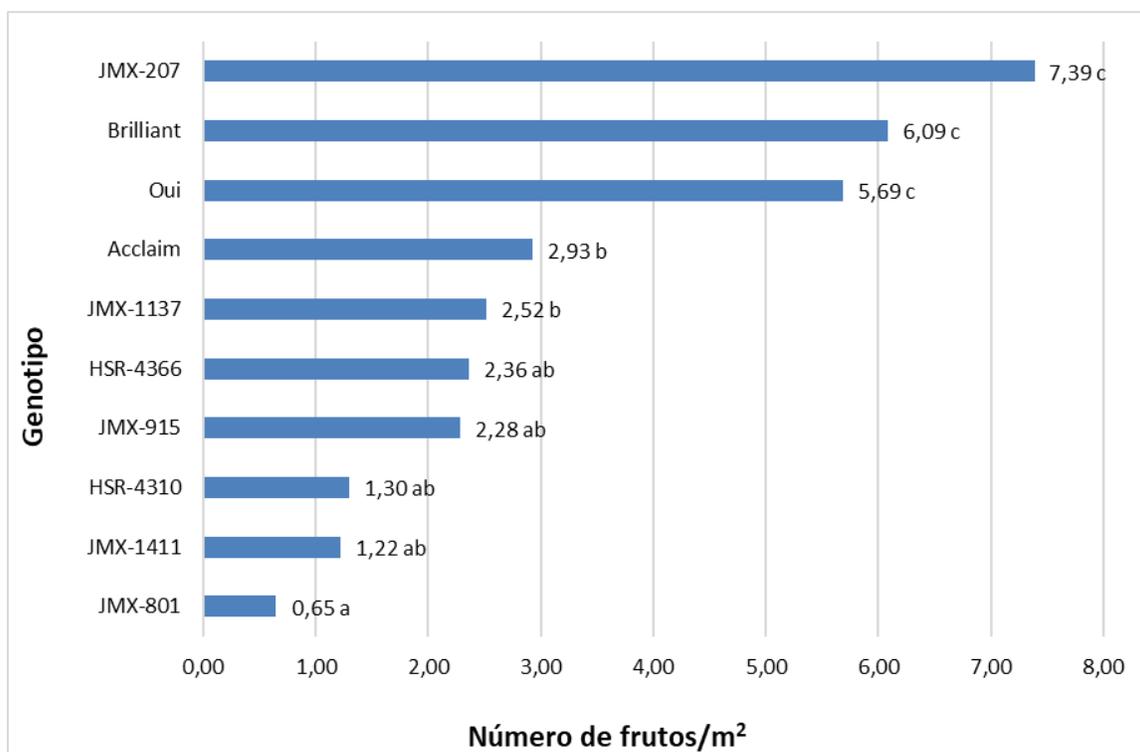


Figura 3. Número de frutos/m² producido por los genotipos evaluados.

Nota. Número de frutos/m² con una letra en común no son significativamente diferentes, según prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Es notable que los dos genotipos que produjeron más frutos por planta corresponden a melones tipo Amarillo (JMX-207 y Brilliant); esta característica en este tipo de melón ya había sido informada en otra investigación (Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017).

Normalmente, cada planta de melón cultivado bajo invernadero logra desarrollar entre dos y tres frutos, debido a la ocurrencia del aborto natural (Charlo et al., 2009). Se ha informado que el número de frutos/m² presentó una correlación muy significativa y positiva con el rendimiento por área, para melones Cantaloupe, Charentais, Galia y Harper, pero no en el caso de melones Amarillo, Honey Dew y Japonés (Monge-Pérez & Loría-Coto, 2019).

De acuerdo con varios estudios, en melón producido en invernadero se han obtenido los siguientes valores de número de frutos/m²: melón Amarillo entre 1,00 y 8,48 (Alvarado-Sánchez & Monge-Pérez, 2015; Botto, 2011; Díaz-Alvarado & Monge-Pérez, 2017b; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017); melón Cantaloupe entre 1,33 y 10,41 (Banchón, 2018; Barrientos, 2013; Botto, 2011; Díaz-Alvarado & Monge-Pérez, 2017a; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017); melón Charentais entre 1,33 y 9,50 (Barrientos, 2013; Botto, 2011; Cantliffe et al., 2009; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017); melón Galia entre 3,07 y 29,52 (Abad et al., 2006; Botto, 2011; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017; Rodríguez et al., 2006, 2007); y melón Harper entre 1,66 y 5,88 (Barrientos, 2013; Botto, 2011; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017). Los resultados hallados en la presente investigación se ubicaron dentro de dichos rangos, excepto en el caso de los genotipos JMX-1411 (Charentais), HSR-4310 y HSR-4366 (Galia), y JMX-801 (Harper), que obtuvieron valores por debajo del rango respectivo a cada tipo de melón. Varios factores que influyen sobre la variable número de frutos/m² son la densidad de siembra, el tipo de poda, la presencia de polinizadores y el tipo de expresión sexual del genotipo, entre otros.

Se presentaron diferencias importantes en cuanto a rendimiento por área, donde el mayor rendimiento se obtuvo con el genotipo JMX-207 (5,05 kg/m²), y el menor rendimiento se halló con el JMX-801 (0,56 kg/m²); otros genotipos que mostraron una alta producción fueron Oui (3,77 kg/m²) y Brilliant (3,49 kg/m²) (figura 4). Las diferencias halladas para esta característica fueron significativas, por lo que lo deseable es escoger aquellos genotipos que producen un mayor rendimiento, pero cuya calidad del fruto cumpla con los requisitos del mercado.

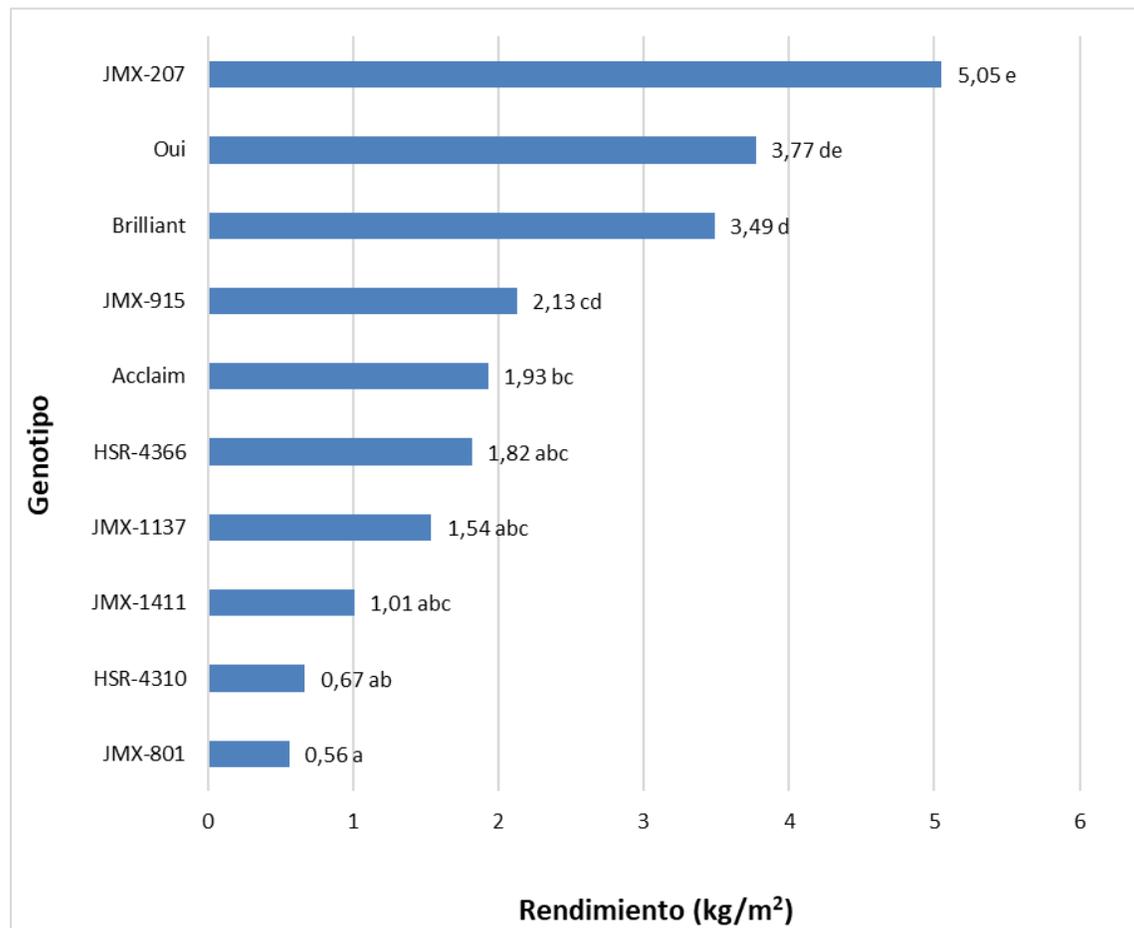


Figura 4. Rendimiento (kg/m²) de los genotipos evaluados.

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

Fuente: Elaboración propia

Se debe enfatizar el muy bajo rendimiento obtenido con el genotipo JMX-801, esto se relaciona directamente con el hecho de que fue la única variedad que presentó plantas monoicas. El genotipo HSR-4310 (andromonoico) también mostró un rendimiento muy bajo, aunque en este caso el resultado fue influenciado por el bajo peso de sus frutos.

El mercado nacional de Costa Rica prefiere melones tipo Cantaloupe, que en este ensayo están representados por los genotipos JMX-1137 y Acclaim; los rendimientos obtenidos por dichos genotipos oscilaron entre 1,50 y 2,00 kg/m². El genotipo JMX-915 (tipo Harper), que podría competir en el mercado del melón tipo Cantaloupe por la similitud externa de los frutos, produjo un rendimiento de 2,13 kg/m², aunque no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en la producción entre los tres genotipos mencionados.

Según diversos investigadores, en melón producido en invernadero se han hallado los siguientes valores de rendimiento por área: melón Amarillo entre 0,26 y 5,18 kg/m² (Alvarado-Sánchez & Monge-Pérez, 2015; Botto, 2011; Díaz-Alvarado & Monge-Pérez, 2017b; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017); melón Cantaloupe entre 0,27 y 10,46 kg/m² (Abraham-Juárez et al., 2018; Barrientos, 2013; Botto, 2011; Díaz-Alvarado & Monge-Pérez, 2017a; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017; Morales, 2009; Moreno-Reséndez et al., 2014; Queiroga et al., 2008b, Sánchez et al., 2016); melón Charentais entre 0,24 y 7,60 kg/m² (Barrientos, 2013; Botto, 2011; Cantliffe et al., 2009; González, 2017; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017); melón Galia entre 0,95 y 44,3 kg/m² (Abad et al., 2006; Bezerra et al., 2009; Botto, 2011; Dias et al., 2018; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017; Rodríguez et al., 2006, 2007); y melón Harper entre 0,42 y 3,43 kg/m² (Botto, 2011; Barrientos, 2013; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017). Los resultados obtenidos en el presente ensayo se ubicaron dentro de dichos rangos, excepto en el caso del genotipo HSR-4310, que obtuvo un rendimiento por debajo del rango informado para los melones tipo Galia. El rendimiento por área en el melón es un rasgo cuantitativo complejo, gobernado por un gran número de genes, y que es afectado considerablemente por el ambiente (Monge-Pérez & Loría-Coto, 2020).

El mayor porcentaje de sólidos solubles totales se obtuvo con los genotipos HSR-4366 (12,29 °Brix), Brilliant (12,08 °Brix) y JMX-1411 (12,00 °Brix), mientras que el menor valor para esta característica se presentó en el genotipo JMX-207 con 10,35 °Brix (figura 5). Todos los genotipos produjeron frutos cuyo contenido de sólidos solubles fue superior a 10,0 °Brix, que es el mínimo requerido para los melones de exportación, lo que indica que, en el presente ensayo, la calidad de los frutos fue muy buena en todos los casos respecto a esta característica.

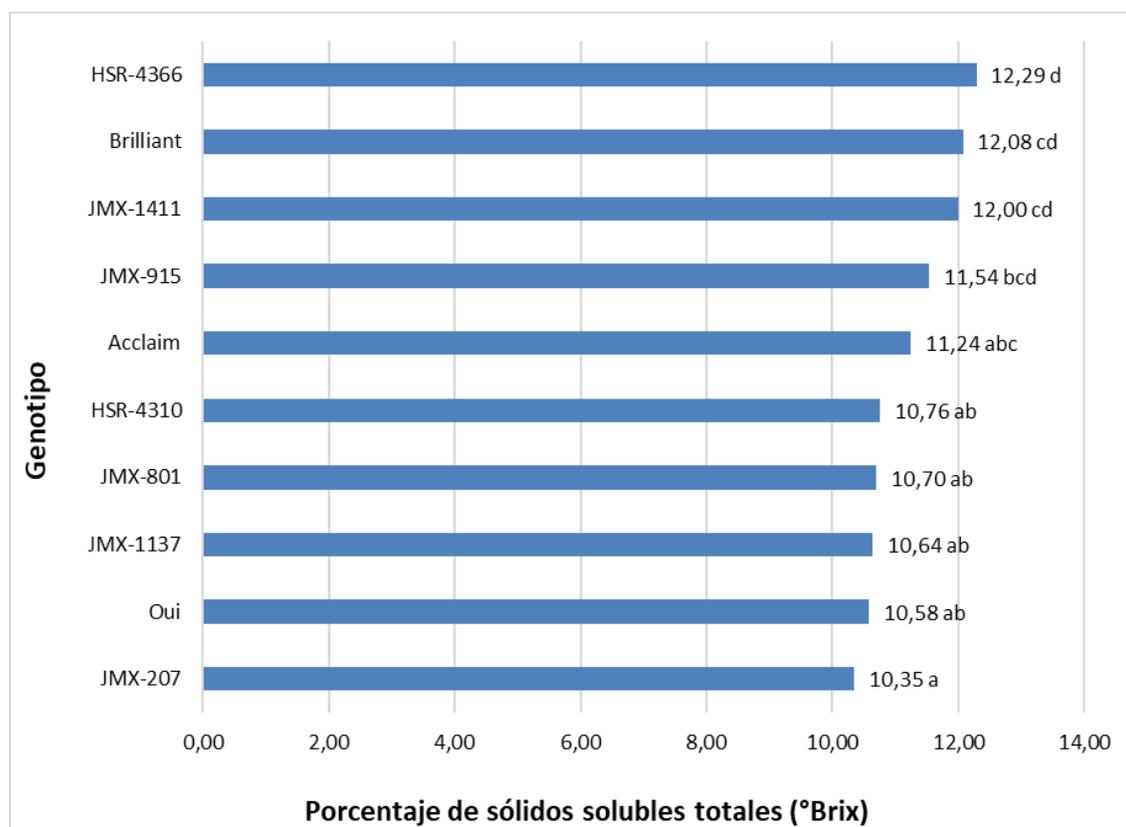


Figura 5. Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) de los genotipos evaluados.

Nota. Porcentajes de sólidos solubles totales con una letra en común no son significativamente diferentes, según prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de sólidos solubles totales se usa para clasificar el melón según su grado de dulzura; menos de 9 °Brix se considera no comercializable, entre 9 y 12 °Brix se considera comercializable, y más de 12 °Brix se considera de calidad extra (Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017; Vargas et al., 2008). En EE.UU., los melones con un mínimo de 9 °Brix califican como calidad U.S. No. 1, y los que tienen un mínimo de 11 °Brix se consideran como calidad *Fancy*, que es el grado más alto de calidad para melones, según la normativa de ese país (Cantliffe et al., 2009). Por lo tanto, todos los genotipos evaluados mostraron un porcentaje de sólidos solubles totales apropiado para comercialización, y varios de ellos mostraron una calidad extra, lo que indica que las condiciones climáticas y de manejo del cultivo fueron idóneas, y que los genotipos poseen características genéticas superiores para la acumulación de sólidos solubles.

De acuerdo con varias investigaciones, en melón producido en invernadero se han obtenido los siguientes valores de porcentaje de sólidos solubles totales: melón Amarillo entre 7,50 y 15,16 °Brix (Alvarado-Sánchez & Monge-Pérez, 2015; Botto, 2011; Díaz-Alvarado & Monge-Pérez, 2017b; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017; Paduan et al., 2007); melón Cantaloupe entre 6,60 y 14,09 °Brix (Abraham-Juárez et al., 2018; Barrientos, 2013; Botto, 2011; Díaz-Alvarado & Monge-Pérez, 2017a; Monge-Pérez & Loría-

Coto, 2017; Morales, 2009; Moreno-Reséndez et al., 2014; Preciado-Rangel et al., 2018; Queiroga et al., 2008b, c; Salandanan et al., 2009; Sánchez et al., 2016; Santiago et al., 2018; Yam et al., 2020); melón Charentais entre 8,00 y 15,10 °Brix (Barrientos, 2013; Botto, 2011; Cantliffe et al., 2009; González, 2017; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017; Salandanan et al., 2009); melón Galia entre 8,00 y 12,93 °Brix (Abad et al., 2006; Botto, 2011; Dias et al., 2018; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017; Paduan et al., 2007; Rodríguez et al., 2006, 2007; Salandanan et al., 2009); y melón Harper entre 7,70 y 14,54 °Brix (Barrientos, 2013; Botto, 2011; Mitchell et al., 2008; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017). Los resultados hallados en el presente estudio se ubicaron dentro de dichos rangos. Las variaciones en los valores de esta característica se pueden deber, entre otros factores, al material genético, tipo de sustrato, manejo del riego, luz y temperatura.

En la figura 6 se presentan los datos de firmeza de la pulpa del fruto de los genotipos evaluados. El mayor valor para esta característica se obtuvo en los genotipos JMX-801 (40,21 N) y JMX-1411 (33,44 N), mientras que el menor valor se obtuvo en Oui (16,89 N) y JMX-1137 (18,41 N).

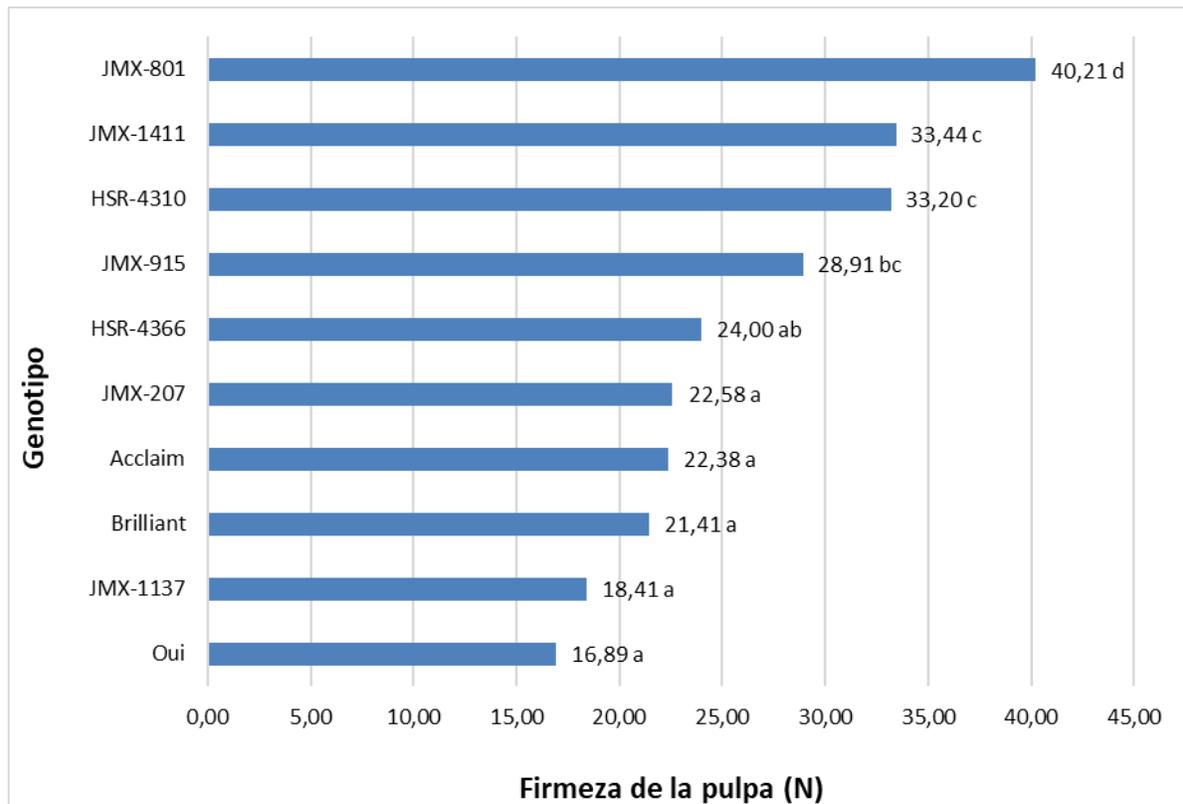


Figura 6. Firmeza de la pulpa del fruto (N) de los genotipos evaluados.

Nota. Firmezas de la pulpa del fruto con una letra en común no son significativamente diferentes, según prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

La firmeza es un factor relevante en la calidad del fruto de melón, y es un rasgo intrínseco a la resistencia contra el deterioro físico y mecánico que se produce como consecuencia del acarreo y mercadeo del fruto; la firmeza de la pulpa del fruto es una característica genética, y constituye un indicador de su grado de madurez (Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017).

En las empresas exportadoras de melón en Costa Rica, se ha establecido un valor mínimo recomendable de 18,6 N en la firmeza de la pulpa del fruto, en el momento de madurez fisiológica (Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017). De acuerdo con estos parámetros, todos los genotipos presentaron una firmeza idónea para exportación, excepto Oui y JMX-1137; sin embargo, para el mercado nacional de Costa Rica, los valores obtenidos por ambos genotipos se consideran aceptables. Por otra parte, en Brasil se ha establecido que la firmeza mínima aceptable es de 22 N para melón Galia, de 24 N para melón Amarillo, de 30 N para melón Cantaloupe y Orange Flesh, y de 32 N para melón Piel de Sapo (Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017). No obstante, hay que tomar en cuenta que esos valores corresponden a un mercado de exportación hacia Europa.

Según varios autores, en melón producido en invernadero se han hallado los siguientes valores de firmeza de la pulpa del fruto: melón Amarillo entre 17,94 y 24,71 N (Alvarado-Sánchez & Monge-Pérez, 2015; Díaz-Alvarado & Monge-Pérez, 2017b; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017); melón Cantaloupe entre 14,91 y 29,91 N (Díaz-Alvarado & Monge-Pérez, 2017a; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017; Preciado-Rangel et al., 2018; Sánchez et al., 2016); melón Charentais entre 10,9 y 45,3 N (Cantliffe et al., 2009; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017); melón Galia entre 19,12 y 37,94 N (Abad et al., 2006; Dias et al., 2018; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017); y melón Harper entre 19,10 y 19,12 N (Mitchell et al., 2008; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2017). Los valores obtenidos en el presente ensayo se ubicaron dentro de dichos rangos, excepto en los genotipos JMX-915 y JMX-801 (Harper), que presentaron valores por encima del rango respectivo a ese tipo de melón. Las variaciones en los valores de firmeza de la pulpa del fruto de melón se pueden explicar por el efecto del genotipo, de la fertilización y del tipo de sustrato, entre otros.

En resumen, se hallaron diferencias estadísticamente significativas en cinco de las variables estudiadas, tanto en términos de rendimiento como de calidad de los frutos de melón, y asimismo se observaron diferencias en el tipo de expresión sexual y edad al inicio de la cosecha entre los genotipos.

Conclusiones

Dado que la mayoría de los consumidores prefieren un melón con sabor dulce, el porcentaje de sólidos solubles totales es una característica primordial para determinar la calidad de un genotipo de melón; todos los genotipos se destacaron por su alto contenido de sólidos solubles totales, y constituyen opciones válidas para los consumidores que buscan melones de alta calidad.

El número de frutos/m² y el rendimiento por área fue significativamente mayor en los genotipos JMX-207 (7,39 frutos/m²; 5,05 kg/m²), Oui (5,69 frutos/m²; 3,77 kg/m²) y Brilliant (6,09 frutos/m²; 3,49 kg/m²), y significativamente menor en el genotipo JMX-801 (0,65 frutos/m²; 0,56 kg/m²).

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de Cristina Arguedas, Carolina Ramírez, Julio Vega y Andrés Oviedo en el trabajo de campo, y de Mario Monge en la revisión de la traducción del resumen al idioma inglés.

Descargos de responsabilidad

Este trabajo fue financiado por la Universidad de Costa Rica. Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Referencias

- Abad, D. E., Garrido, J. C., & Fernández, E. R. (2006). Ensayo de cultivares de melón galia (*Cucumis melo* L.) entutorado en invernadero. En M. M. Trujillo (Ed.), *XXXV Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura: Santiago de Compostela 2005* (pp. 241-250). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Abraham-Juárez, M. R., Espitia-Vázquez, I., Guzmán-Mendoza, R., Olalde-Portugal, V., Ruiz-Aguilar, G. M., García-Hernández, J. L., Herrera-Isidró, L., & Núñez-Paleniús, H. G. (2018). Desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) de plantas inoculadas con cepas mexicanas de *Bacillus subtilis* (Ehrenberg). *Agrociencia*, 52(1), 91-102. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-31952018000100091&lng=pt&nrm=iso
- Alvarado-Sánchez, T., & Monge-Pérez, J. E. (2015). Efecto de la aplicación de bioactivadores y del raleo manual de frutos sobre el rendimiento y la calidad de melón (*Cucumis melo* L.) bajo cultivo protegido en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 28(4), 15-25. <https://doi.org/10.18845/tm.v28i4.2439>
- Banchón, J. R. (2018). *Evaluación y selección de cultivares híbridos de melón (Cucumis melo L.) en condiciones de invernadero en la zona de Puerto La Boca, Manabí* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Digital UNESUM. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1379>
- Barrientos, M. A. (2013). *Cultivo protegido hidropónico de melón (Cucumis melo L.) en la zona norte de Costa Rica* [Práctica de especialidad, Escuela de Agronomía. Sede Regional de San Carlos]. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Bezerra, F. M., Nunes, M. C., Freitas, C. A., & Silva, F. L. (2009). Desempenho de três híbridos de meloeiro sob dois espaçamentos em ambiente protegido na Chapada do Apodi. *Revista Ciência Agronômica*, 40(3), 412-416. <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/762/361>

- Botto, A. S. (2011). *Evaluación del rendimiento y el total de sacarosa disuelta (°Bx) de quince cultivares de melón (Cucumis melo L.) en sustrato compost y mezcla compost con arena bajo condiciones de macrotúnel* [Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana]. Biblioteca Digital Wilson Popenoe. <http://hdl.handle.net/11036/306>
- Cantliffe, D. J., Harty, J. M., Shaw, N. L., Sargent, S. A., & Stoffella, P. J. (2009). Greenhouse production of 'Charentais'-type cantaloupes (*Cucumis melo* L. var. *cantalupensis*). *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 122, 281-285.
- Charlo, H. C., Castoldi, R., Vargas, P. F., & Braz, L. T. (2009). Cultivo de melão rendilhado com dois e três frutos por planta. *Horticultura Brasileira*, 27(2), 251-255. <https://www.scielo.br/j/hb/a/xNkXM6vPD3bPFHscxgsPfwg/?lang=pt&format=pdf>
- Dias, N. S., Morais, P. L., Sarmiento, J. D., Neto, O. N., & Freitas, J. J. (2018). Efecto de soluciones nutritivas salinas en la producción de melón (*Cucumis melo* L. cv. Néctar) en invernadero. *Acta Agronómica*, 67(4), 517-524. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/60023
- Díaz-Alvarado, J. M., & Monge-Pérez, J. E. (2017a). Efecto de la poda y la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad de melón Cantaloupe (*Cucumis melo* L.) cultivado bajo invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), 21-29. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v11n1/2011-2173-rcch-11-01-00021.pdf>
- Díaz-Alvarado, J. M., & Monge-Pérez, J. E. (2017b). Producción de melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero: efecto de poda y densidad de siembra. *Revista Posgrado y Sociedad*, 15(1), 1-12. <https://doi.org/10.22458/rpys.v15i1.1821>
- González, J. (2017). *Ensayo de dos variedades de melón (Cucumis melo L.) en hidroponía* [Tesis de pregrado, Universidad de La Laguna]. Repositorio institucional RIULL. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6366/Proyecto%20Melon%20Cantalupo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marín, F. (s.f.). *Situación general de la agricultura protegida en Costa Rica* [Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola Bajo Ambientes Protegidos (ProNAp)]. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/pronap01-ambiente-prottegido.pdf>
- Mitchell, J. M., Cantliffe, D. J., Klee, H. J., Sargent, S. A., Stoffella, P. J., & Tieman, D. (2008). Fruit quality and aroma characteristics of a specialty red-fleshed melon (*Cucumis melo* L.), 'Red Moon'. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 121, 274-280. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183271615>
- Monge-Pérez, J. E. (2014). Producción y exportación de melón (*Cucumis melo*) en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 27(1), 93-103. <https://doi.org/10.18845/tm.v27i1.1700>
- Monge-Pérez, J. E. (2016). Evaluación de 70 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Intersedes*, 17(36), 1-41. <http://dx.doi.org/10.15517/isucr.v17i36.26944>
- Monge-Pérez, J. E., & Loría-Coto, M. (2017). Producción de melón en invernadero: comparación agronómica entre tipos de melón. *Revista Posgrado y Sociedad*, 15(2), 79-100. <https://doi.org/10.22458/rpys.v15i2.1966>

- Monge-Pérez, J. E., & Loría-Coto, M. (2019). Melón (*Cucumis melo* L.) cultivado bajo invernadero: correlaciones entre variables. *Tecnología en Marcha*, 32(1), 134-150. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i1.4124>
- Monge-Pérez, J. E., & Loría-Coto, M. (2020). Parámetros de selección para el rendimiento en melón (*Cucumis melo*) cultivado bajo invernadero. *Cuadernos de Investigación UNED*, 12(2), 1-11. <http://hdl.handle.net/10669/81812>
- Morales, F. (2009). *Caracterización de producción de genotipos de melón reticulado (Cucumis melo L.) bajo invernadero 2008-2009* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna]. Repositorio UAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2144/FERNANDO%20MORALES%20BRAVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreno-Reséndez, A., García-Gutiérrez, L., Cano-Ríos, P., Martínez-Cueto, V., Márquez-Hernández, C., & Rodríguez-Dimas, N. (2014). Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(2), 163-173. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=358633965007>
- Naranjo, A. R. (2012). *Evaluación agronómica y de calidad en diferentes híbridos de melón Cucumis melo grupo Cantaloupe bajo condiciones controladas en el valle de Tumbaco* [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. Repositorio USFQ. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1483/1/104053.pdf>
- Paduan, M. T., Campos, R. P., & Clemente, E. (2007). Qualidade dos frutos de tipos de melão, produzidos em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(3), 535-539. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000300024>
- Preciado-Rangel, P., Salas-Pérez, L., Gallegos-Robles, M. A., Ruiz-Espinoza, F. H., Ayala-Garay, A. V., Fortis-Hernández, M., & Murillo-Amador, B. (2018). Increasing doses of potassium increases yield and quality of muskmelon fruits under greenhouse. *Horticultura Brasileira*, 36(2), 184-188. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180206>
- Queiroga, R. C., Puiatti, M., Fontes, P. C., & Cecon, P. R. (2008a). Partição de assimilados e índices fisiológicos de cultivares de melão do grupo Cantalupensis influenciados por número e posição de frutos na planta, em ambiente protegido. *Revista Ceres*, 55(6), 596-604. <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226820006.pdf>
- Queiroga, R. C., Puiatti, M., Fontes, P. C., & Cecon, P. R. (2008b). Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro variando número de frutos e de folhas por planta. *Horticultura Brasileira*, 26(2), 209-215. <https://www.scielo.br/j/hb/a/BmwWsfSpf7BR4G5LjBLmB4K/?lang=pt&format=pdf>
- Queiroga, R. C., Puiatti, M., Fontes, P. C., & Cecon, P. R. (2008c). Produtividade e qualidade do melão cantaloupe, cultivado em ambiente protegido, variando o número e a posição dos frutos na planta. *Bragantia*, 67(4), 911-920. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000400013>
- Rodríguez, J. C., Cantliffe, D. J., Shaw, N. L., & Karchi, Z. (2006). Soilless media and containers for greenhouse production of 'Galia' type muskmelon. *Hort Science*, 41(5), 1200-1205. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.5.1200>
- Rodríguez, J. C., Shaw, N. L., & Cantliffe, D. J. (2007). Influence of plant density on yield and fruit quality of greenhouse-grown Galia muskmelons. *Hort Technology*, 17(4), 580-585. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.17.4.580>

- Salandanan, K., Bunning, M., Stonaker, F., Külen, O., Kendall, P., & Stushnoff, C. (2009). Comparative analysis of antioxidant properties and fruit quality attributes of organically and conventionally grown melons (*Cucumis melo* L.). *Hort Science*, *44*(7), 1825-1832. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.7.1825>
- Sánchez, D. J., Fortis, M., Esparza, J. R., Rodríguez, J. C., Cruz, E., Sánchez, E., & Preciado, P. (2016). Empleo de vermicompost en la producción de frutos de melón y su calidad nutracéutica. *Interciencia*, *41*(3), 213-217. https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/213-PRECIADO-40_3.pdf
- Santiago, F., Pliego, L., Aragón, E., Zárate, G., & Córdova, G. (2018). Calidad en frutos de melón bajo tres sistemas de producción en invernadero de baja tecnificación. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, *5*(1), 24-33. https://www.voaxaca.tecnm.mx/revista/docs/RMAE%20vol%205_1_2018/3%20RMAE_2017-18-Melon.pdf
- Vargas, P. F., Castoldi, R., Charlo, H. C., & Braz, L. T. (2008). Qualidade de melão rendilhado (*Cucumis melo* L.) em função do sistema de cultivo. *Ciência e Agrotecnologia*, *32*(1), 137-142. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000100020>
- Yam, R. S., Fan, Y., Lin, J., Fan, C., & Lo, H. (2020). Quality improvement of netted melon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) through precise nitrogen and potassium management in a hydroponic system. *Agronomy*, *10*(816), 1-21. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060816>