

Producción de melón (*Cucumis melo L.*) Cantaloupe en invernadero: correlación entre densidad de siembra y variables de rendimiento

Jorge Manuel Díaz Alvarado¹ / José Eladio Monge Pérez² / Michelle Loría Coto³

DOI: <https://doi.org/10.5377/payds.v9i0.11851>

Recepción: 01/10/2019 Aceptación: 31/05/2020

Resumen

Se establecieron correlaciones de Pearson en melón Cantaloupe producido bajo invernadero, manejado con tres tipos de poda (un tallo; dos tallos; sin poda), entre la densidad de siembra y las siguientes variables: edad al inicio de la cosecha, peso del fruto, número de frutos por planta y por metro cuadrado; rendimiento por planta y por área, firmeza de la pulpa del fruto, y porcentaje de sólidos solubles totales.

El cultivo se manejó con fertirrigación en sustrato de fibra de coco. Para los tres tipos de poda, la única correlación de Pearson que tuvo significancia estadística ($p \leq 0.05$) fue entre la densidad de siembra y el porcentaje de sólidos solubles totales ($r = -0.75^{**}$), en cuyo caso se obtuvo la regresión lineal. Para los tratamientos sin poda y con poda a dos tallos, también se obtuvieron correlaciones significativas entre la densidad de siembra y número total de frutos por metro cuadrado ($r = 0.59^*$ y 0.73^{**}); rendimiento total ($r = 0.63^*$ y 0.75^{**}); y rendimiento comercial ($r = 0.57^*$ y 0.71^{**}).

Para el tratamiento sin poda, se obtuvo una correlación significativa entre la densidad de siembra y el número de frutos comerciales por metro cuadrado ($r = 0.67^*$). Se concluye que, en melón Cantaloupe manejado sin poda, el uso de una mayor densidad de siembra provocó un aumento en el número de frutos (totales y comerciales) por área, y en el rendimiento total y comercial, aunque se redujo significativamente el porcentaje de sólidos solubles totales.

Palabras clave: Número de frutos por metro cuadrado, rendimiento, correlación de Pearson, regresión lineal, sólidos solubles totales

Abstract

Pearson correlations were established in Cantaloupe melon produced under a greenhouse, managed with three types of pruning (one stem; two stems; no pruning), between planting density and the following variables: age at the beginning of harvest, fruit weight, number of fruits per plant and per square meter; yield per plant and per area, firmness of the fruit pulp, and percentage of total soluble solids.

The crop was managed with fertigation in coconut fiber substrate. For the three types of pruning, the only Pearson correlation that had statistical significance ($p \leq 0.05$) was between the sowing density and the percentage of total soluble solids ($r = -0.75^{**}$), in which case the regression was obtained linear. For the treatments without pruning and with two-stem pruning, significant correlations were also obtained between planting density and total number of fruits per square meter ($r = 0.59^*$ and 0.73^{**}); total yield ($r = 0.63^*$ and 0.75^{**}); and commercial yield ($r = 0.57^*$ and 0.71^{**}).

For the treatment without pruning, a significant correlation was obtained between the planting density and the number of commercial fruits per square meter ($r = 0.67^*$). It is concluded that, in Cantaloupe melon managed without pruning, the use of a higher planting density caused an increase in the number of fruits (total and commercial) per area, and in the total and commercial yield, although the percentage of total soluble solids.

Key words: Number of fruits per square meter, Pearson Correlation, linear regression, total soluble solids.

1. Licenciado en Agronomía, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.; email: jorgeda@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8444-7373>
2. Máster en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, investigador, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica, Costa Rica; email: melonescr@yahoo.com.mx; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5384-507X>
3. Máster en Administración Educativa, investigadora, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica; email: michelle_loria@yahoo.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0456-2230>



1. Introducción

El melón (*Cucumis melo L.*) es uno de los principales cultivos de exportación en Costa Rica. Es una especie de la familia Cucurbitaceae, cuya planta es herbácea, anual, y sus tallos pueden ser rastreros o trepadores al contar con un tutorado (Reche, 2007). Los tipos de melón que más se cultivan en este país son: Cantaloupe, Amarillo, Honey Dew, Galla, Charentais, Piel de Sapo, Harper, y Orange Flesh (Monge-Pérez, 2014).

El cultivo protegido presenta varias ventajas sobre el cultivo a campo abierto, como la obtención de mayor número de cosechas durante el año, precocidad de la cosecha, economía de agua y fertilizantes, mayor rendimiento y mejor calidad de los frutos (Vargas, Castoldi, Charlo y Braz, 2008). En el cultivo bajo ambiente protegido se alteran las características ambientales de clima y de suelo: hay menor radiación solar global, evapotranspiración y viento, y hay mayor radiación difusa, temperatura y humedad relativa del aire (Martins, Peil, Schwengber, Assis y Mendez, 1998).

Por otra parte, el cultivo de melón en sistema hidropónico permite un control parcial de las condiciones climáticas, menor aplicación de plaguicidas, manejo adecuado del agua y de los nutrientes de acuerdo al desarrollo del cultivo, la posibilidad de cultivar a mayor densidad, y un aumento significativo en la productividad y calidad del producto final (Vargas, Castoldi, Charlo, y Braz, 2008).

Una ventaja de la producción de melón en invernadero es que se puede cultivar durante todo el año. En Costa Rica hay una importante demanda insatisfecha durante la época lluviosa, debido a la muy baja o nula producción (y de baja calidad) de melón a campo abierto, por lo que los consumidores podrían estar dispuestos a pagar precios altos por frutos de alta calidad en esa época. La producción de melón bajo ambiente protegido abriría esta oportunidad comercial para los agricultores (Monge-Pérez, 2016; Santos, Obregón-Olivas y Salamé-Donoso, 2010).

Por otra parte, en la producción bajo invernadero se pueden alcanzar mejores rendimientos en comparación con la producción a campo abierto, pues se puede prolongar el ciclo productivo del cultivo (Reche, 2007; Santos, Obregón-Olivas y Salamé-Donoso, 2010; Alvarado-Sánchez y Monge-Pérez, 2015). Con el fin de obtener un buen rendimiento y calidad en el cultivo de melón bajo invernadero, se puede recurrir a tres prácticas: un sistema de podas, un sistema de amarre o tutorado (mediante cuerdas o mallas), y una mayor densidad de siembra (Gómez-Guillamón, Camero y Gonzáles-Fernández, 1997).

La calidad de los frutos de melón está relacionada con características como la concentración de sólidos solubles totales, la apariencia interna y externa del fruto, el grosor de la pulpa y el sabor, las que determinan la

aceptabilidad del consumidor (Vargas, Castoldi, Charlo y Braz, 2008).

El objetivo de utilizar podas en el cultivo de melón es adelantar la cosecha, ya que en esta especie las flores femeninas o hermafroditas solo aparecen en las ramas secundarias o terciarias. Con la poda se busca mantener un balance para disminuir el vigor vegetativo y adelantar la aparición de este tipo de flores. Las prácticas de poda incluyen la eliminación o conservación del tallo principal, y el manejo de uno, dos o más tallos secundarios y terciarios (Reche, 2007).

La existencia de correlaciones significativas entre diversas variables en un cultivo puede ayudar a realizar una selección más rápida de los mejores genotipos a nivel de producción agrícola. Esto es también un factor de relevancia en los procesos de fitomejoramiento, pues ayuda a identificar las variables más importantes a ser consideradas para la generación de nuevos genotipos (Monge-Pérez y Loría-Coto, 2019).

Diversos autores han evaluado el efecto de la densidad de siembra sobre la producción de melón en invernadero; generalmente al utilizar una mayor densidad, el rendimiento aumenta (Nerson, 1999; Gualberto, Resende y Losasso, 2001; Pereira, Nogueira, Pedrosa, Negreiros y Bezerra-Neto, 2003; Ban, Goreta

y Borosic, 2006; Rodríguez, Shaw y Cantliffe, 2007; Bezerra, Nunes, Freitas y Silva, 2009; Díaz-Alvarado y Monge-Pérez, 2017b); y esto provoca en algunas ocasiones un menor peso del fruto (Nerson, 1999; Rodríguez, Shaw y Cantliffe, 2007). Pero en otros casos no se afecta el peso o la calidad del melón (Ban, Goreta y Borosic, 2006; Rodríguez, Shaw y Cantliffe, 2007; Díaz-Alvarado y Monge-Pérez, 2017b). Sin embargo, en Costa Rica no se ha informado sobre estudios de la relación entre la densidad de siembra y las variables de rendimiento, en la producción de melón Cantaloupe producido bajo invernadero.

El objetivo de esta investigación fue establecer correlaciones de Pearson entre la densidad de siembra y variables de rendimiento, en melón Cantaloupe cultivado en invernadero, en Alajuela, Costa Rica.

2. Materiales y métodos

La siembra se realizó en condiciones hidropónicas, en el invernadero de Hortalizas de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM)⁴ de la Universidad de Costa Rica, la cual está localizada en Barrio San José de Alajuela, Costa Rica, a una altitud de 883 msnm.

Se sembró el híbrido Torreón F-1, el cual es un melón tipo Cantaloupe (*Cucumis melo* L.

4. Dentro del documento, los autores harán referencia a esta institución mediante su acrónimo.



var. cantalupensis). Las plántulas fueron trasplantadas el 28 de febrero de 2012, cuando tenían dos hojas verdaderas expandidas.

El cultivo se realizó en sacos plásticos rellenos con sustrato de fibra de coco (30 litros por saco), de 1 m de largo, 20 cm de ancho y 15 cm de altura. Previo al trasplante, los sacos se hidrataron por 24 horas, y luego se desinfectaron con el fungicida-bactericida TCMTB, a la dosis recomendada por el fabricante. Para favorecer el drenaje, se realizaron cortes de 3 cm de largo y 1 cm de altura, en la base del saco. Las plantas se sujetaron por medio de dos mallas plásticas, ubicadas una a cada lado de cada hilera de plantas.

Se evaluaron nueve tratamientos, correspondientes a la combinación factorial de tres densidades de siembra y tres tipos de poda (tabla 1). La distancia entre hileras fue de 1.54 m, y la distancia entre plantas fue de 33.0; 20.0; y 16.7 cm, correspondientes a una densidad de siembra de 1.95; 3.25; y 3.90 plantas/m²,

respectivamente. Los tipos de poda fueron: un tallo secundario; dos tallos secundarios; y plantas sin poda.

La poda del tallo principal se realizó a los 15 días después del trasplante (ddt), cuando las plantas tenían tres hojas verdaderas expandidas (Gómez-Guillamón, Camero y Gonzáles-Fernández, 1997), y se seleccionó uno o dos tallos secundarios, según el tratamiento correspondiente. El tratamiento sin poda se dejó a libre crecimiento. (Ver tabla 1).

Para todas las plantas, los tallos principales o secundarios fueron tutorados en una malla de polietileno de 2.0 m de altura. En los tratamientos con poda, una vez tutorado el tallo secundario, se realizaron podas semanales de la siguiente manera: los tallos terciarios que tenían fruto se podaron después de la segunda hoja emergida posterior al fruto; y los tallos terciarios sin fruto se podaron después de la cuarta hoja emergida (Gómez-Guillamón, Camero y Gonzáles-Fer-

Tabla 1. Tratamientos evaluados en el ensayo

Tratamiento	Densidad (plantas/m ²)	Tipo de poda
1	1.95	Un tallo
2	1.95	Dos tallos
3	1.95	Sin poda
4	3.25	Un tallo
5	3.25	Dos tallos
6	3.25	Sin poda
7	3.90	Un tallo
8	3.90	Dos tallos
9	3.90	Sin poda

nández, 1997). Esta poda de mantenimiento fue realizada durante los 22 días posteriores a la poda inicial; y a partir de ese momento no fue necesario realizar más podas, debido al escaso desarrollo de nuevos tallos terciarios. En los tratamientos sin poda, no se realizaron podas de los tallos terciarios.

Se implementó un sistema de manejo integrado de plagas mediante el combate químico (insecticidas, acaricidas y fungicidas permitidos en el cultivo de melón); combate biológico (hongos entomopatógenos: *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, y hongos antagonistas de otros hongos: *Trichoderma spp.*), y combate etológico (trampas pegajosas de colores amarillo y azul, así como repelentes de insectos). Se utilizó un programa de fertirrigación validado para la producción comercial de melón, según las experiencias previas en el invernadero de la EEAFBM.

Las fuentes de fertilizantes solubles utilizadas fueron: sulfato de magnesio, Fe-EDTA® y fosfato monopotásico en la solución A; y nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de cobre, sulfato de zinc, Manvert-Mn®, ácido bórico y Molibdeno Mix® en la solución B. El fertirriego se suministró a cada hora, entre las 7:00 a.m. y las 4:00 p.m. El consumo de solución nutritiva por planta varió entre 0.5 y 1.5 litros por día, según el estado fenológico del cultivo; la demanda fue mayor hacia el final del ciclo del cultivo. Al inicio

de la floración se introdujo una colmena de abejas (*Apis mellifera*) con el fin de promover una adecuada polinización.

La cosecha inició el 11 de mayo de 2012 (73 ddt), y se extendió por un periodo de 31 días, hasta el 11 de junio de 2012 (104 ddt). El índice de cosecha utilizado fue cuando había un 75 % de desprendimiento del pedúnculo, y se lograba una fácil separación del fruto. Se consideró como fruto comercial aquel con un peso superior a 399 g. (Ver figura 1).

El peso de los frutos se obtuvo con una balanza electrónica marca Ocony, modelo TH-I-EK, de 5000.0 ± 0.1 g de capacidad.

El porcentaje de sólidos solubles totales se determinó con un refractómetro manual marca Atago, modelo N-1a, con una capacidad de 32.0 ± 0.2 °Brix. Para la evaluación de firmeza de pulpa del fruto se utilizó un penetrómetro portátil marca Effegi, modelo FT-327, con una capacidad de 12.5 ± 0.1 kilogramo-fuerza; y los datos se multiplicaron por un factor de conversión de 9.806 para obtener el dato en Newtons (N). Se utilizó el puntero cuya base mide 7.5 mm de ancho.

Para la evaluación de sólidos solubles totales y de firmeza de pulpa del fruto, cada fruto se cortó en forma longitudinal. A una mitad se le evaluó el porcentaje de sólidos solubles totales, en tres sitios diferentes; a la otra mitad se le midió la firmeza de la pulpa en tres sitios diferentes.



Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar, con arreglo de parcelas divididas. Las parcelas grandes correspondieron a las densidades de siembra (tres densidades), y las pequeñas a los diferentes sistemas de podas (tres tipos), para un total de nueve tratamientos. Se establecieron cuatro repeticiones por tratamiento.

El área útil fue equivalente a dos metros lineales (3.1 m²) a lo largo de la hilera de siembra. La cantidad de plantas incluidas en cada parcela útil varió en función de la densidad de siembra: la densidad de 1.95 plantas/m² tuvo seis plantas; la densidad de 3.25 plantas/m² tuvo diez plantas; y la densidad

de 3.90 plantas/m² tuvo doce plantas. Todos los frutos producidos dentro de la parcela útil fueron evaluados.

Se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre la densidad de siembra y las variables de rendimiento, y para aquellas combinaciones en que se obtuvo significancia estadística ($p \leq 0.05$), se calculó la regresión lineal con su respectiva ecuación y su coeficiente de determinación (R^2). Las correlaciones se obtuvieron tanto entre el total de tratamientos evaluados, como según el tipo de poda.

Variable	Explicación
Edad al inicio de la cosecha (ddt)	Se registró el tiempo transcurrido entre el trasplante y el inicio de la cosecha para cada tratamiento.
Número de frutos por planta y por metro cuadrado	Se obtuvo al registrar el número total de frutos producidos en cada parcela. Ese dato se dividió entre el número de plantas por parcela; y luego se multiplicó el valor obtenido por la densidad de siembra.
Rendimiento por planta (g) y por área (ton/ha)	Se estimó el peso de todos los frutos de melón producidos en cada parcela. Se dividió ese dato entre el número de plantas por parcela; luego se multiplicó el valor obtenido por la densidad de siembra.
Peso del fruto (g)	Se midió el peso de cada fruto producido, y se obtuvo el promedio.
Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix)	Se obtuvo el porcentaje de sólidos solubles totales de cada fruto, y se obtuvo el promedio.
Firmeza de la pulpa del fruto (N)	Se midió la firmeza de la pulpa de cada fruto, y se obtuvo el promedio.

Figura 1. Cuadro resumen de variables evaluadas.

3. Resultados y discusión

Durante el desarrollo de este ensayo, la temperatura promedio dentro del invernadero fue de 25°C, con un rango entre 17 y 41°C; y la humedad relativa promedio fue de 75 %, con un rango entre 18 y 100 %.

Con respecto a la correlación entre la densidad de siembra y el número total de frutos por metro cuadrado, el valor obtenido fue positivo y altamente significativo para el total de tratamientos ($r = 0.49$; $R^2 = 0.24$) (tabla 2, figura 2); así como para el tratamiento sin poda ($r = 0.73$; $R^2 = 0.54$) (figura 3); y fue significativo para la poda a dos tallos ($r = 0.59$; $R^2 = 0.35$) (figura 4); pero fue no significativo para la poda a un tallo.

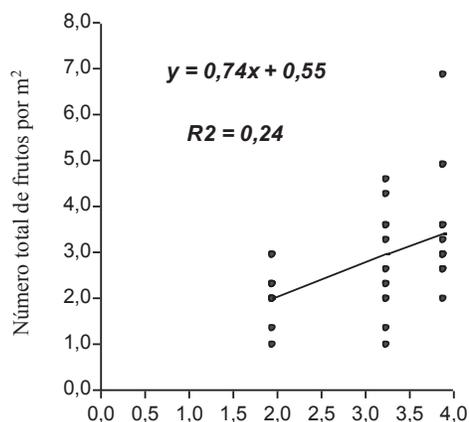


Figura 2. Regresión lineal del número total de frutos por m² versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para el total de tratamientos evaluados (n=36).

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Pearson entre densidad de siembra y número total de frutos por m² en melón Cantaloupe

Tratamiento	Coefficientes de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficientes de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=36)	0.49	**	0.24
Poda a un tallo (n=12)	0.48	ns	
Poda a dos tallos (n=12)	0.59	*	0.35
Sin poda (n=12)	0.73	**	0.54

Nota: ns: no significativo; *: significativo ($p \leq 0.05$); **: altamente significativo ($p \leq 0.01$).

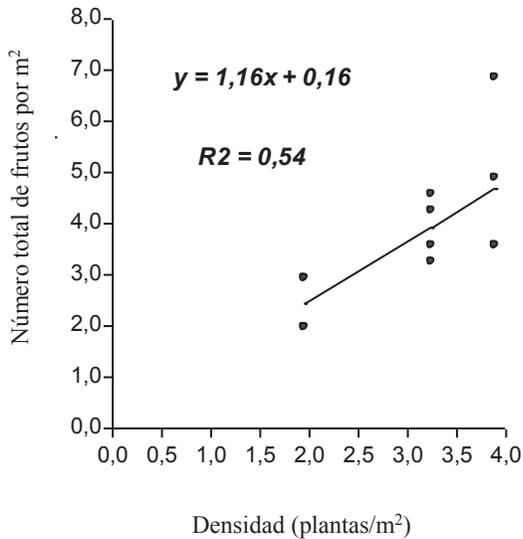


Figura 3. Regresión lineal del número total de frutos por m² versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para los tratamientos sin poda (n=12).

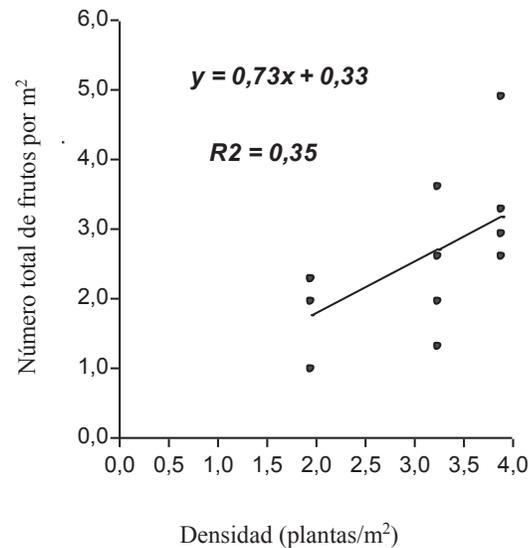


Figura 4. Regresión lineal del número total de frutos por m² versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para los tratamientos con poda a dos tallos (n=12).

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Pearson entre densidad de siembra y número de frutos comerciales por m² en melón Cantaloupe

Tratamiento	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=36)	0.44	*	0.19
Poda a un tallo (n=12)	0.23	ns	
Poda a dos tallos (n=12)	0.56	ns	
Sin poda (n=12)	0.67	*	0.45

Nota: ns: no significativo; *: significativo (≤ 0.05); **: altamente significativo ($p \leq 0.01$).

La correlación entre la densidad de siembra y el número de frutos comerciales por metro cuadrado fue positiva y altamente significativa para el total de tratamientos ($r = 0.44$; $R^2 = 0.19$) (tabla 3, figura 5); y también significativa para el tratamiento sin poda ($r = 0.67$; $R^2 = 0.45$) (figura 6); pero fue no significativa para los tratamientos con poda a uno y dos tallos.

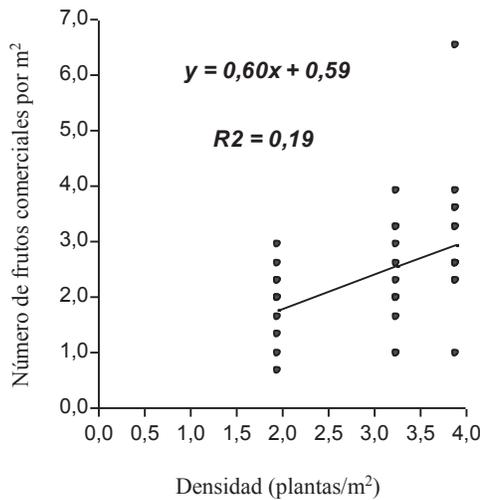


Figura 5. Regresión lineal del número de frutos comerciales por m² versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para el total de tratamientos evaluados (n=36).

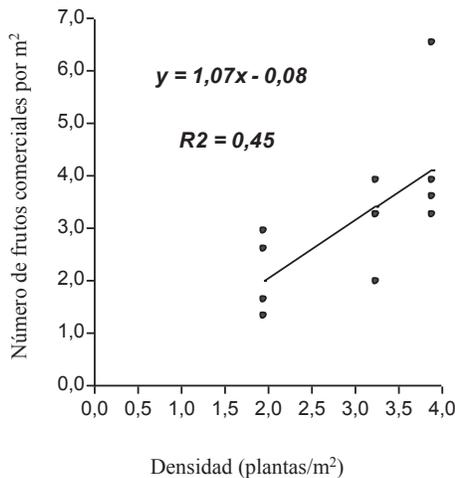


Figura 6. Regresión lineal del número de frutos comerciales por m² versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para los tratamientos sin poda (n=12).

El incremento en la densidad de siembra provocó un aumento en el número total de frutos por metro cuadrado en los tratamientos con poda a dos tallos y sin poda; causó también un aumento en el número de frutos comerciales por metro cuadrado en el tratamiento sin poda. Esto se favoreció debido a que el híbrido Torreón F-1 posee una planta poco vigorosa, pequeña, de crecimiento poco exuberante, y que ocupó poco espacio para su desarrollo, por lo que la competencia por luz y otros recursos probablemente fue baja entre las plantas de la población. Esos resultados son congruentes con los datos informados por varios autores para melón (Nerson, 1999; Nerson, 2002; Ban, Goreta y Borosic, 2006; Pereira, Nogueira, Pedrosa, Negreiros y Bezerra-Neto, 2003; Kultur, Harrison y Staub, 2001).

En cuanto a la correlación entre la densidad de siembra y el rendimiento total, el valor obtenido fue positivo y altamente significativo para el total de tratamientos ($r = 0.51$; $R^2 = 0.26$) (tabla 4, figura 7), así como para el tratamiento sin poda ($r = 0.75$; $R^2 = 0.56$) (figura 8); y fue significativo para la poda a dos tallos ($r = 0.63$; $R^2 = 0.39$) (figura 9); pero fue no significativo para la poda a un tallo.



Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre densidad de siembra y rendimiento total (ton/ha) en melón Cantaloupe

Tratamiento	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=36)	0.51	**	0.26
Poda a un tallo (n=12)	0.41	ns	
Poda a dos tallos (n=12)	0.63	*	0.39
Sin poda (n=12)	0.75	**	0.56

Nota: ns: no significativo; *: significativo ($p \leq 0.05$); **: altamente significativo ($p \leq 0.01$).

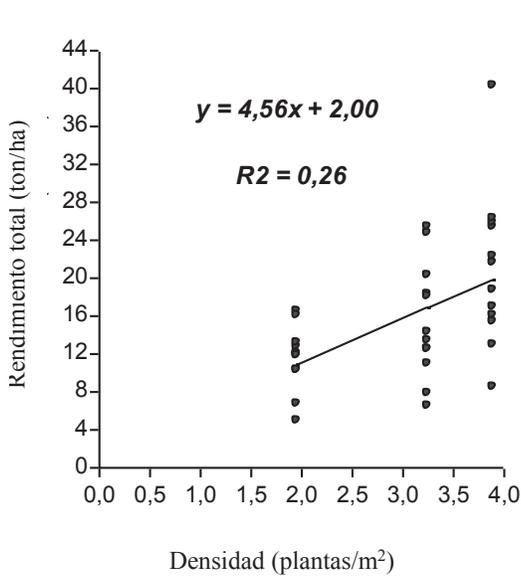


Figura 7. Regresión lineal del rendimiento total versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para el total de tratamientos evaluados (n=36).

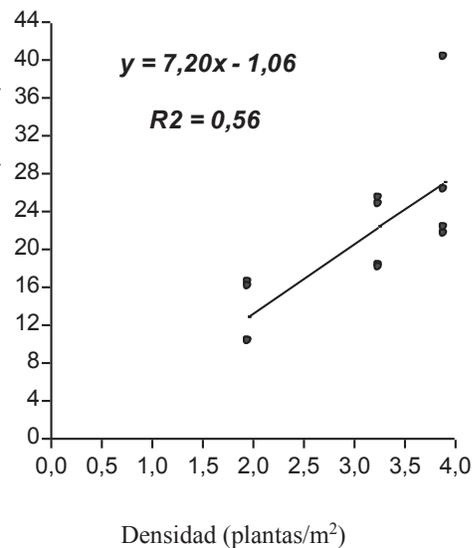


Figura 8. Regresión lineal del rendimiento total versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para los tratamientos sin poda (n=12).

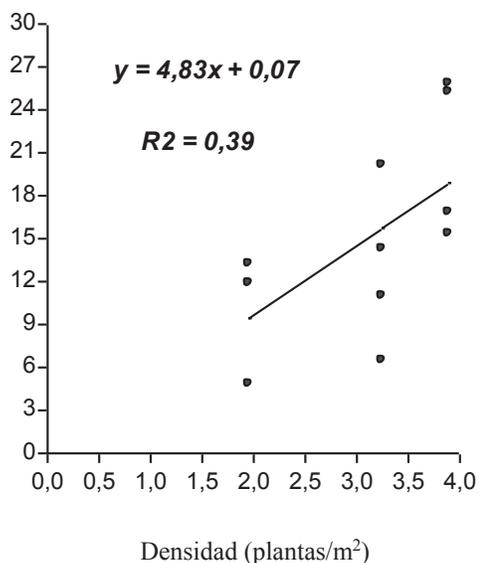


Figura 9. Regresión lineal del rendimiento total versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para los tratamientos con poda a dos tallos (n=12).

Con respecto a la correlación entre la densidad de siembra y el rendimiento comercial, el valor hallado fue positivo y altamente significativo para el total de tratamientos ($r = 0.47$; $R^2 = 0.23$) (tabla 5, figura 10), así como para

el tratamiento sin poda ($r = 0.71$; $R^2 = 0.51$) (figura 11). También fue significativo para la poda a dos tallos ($r = 0.57$; $R^2 = 0.33$) (figura 12); pero fue no significativo para la poda a un tallo.

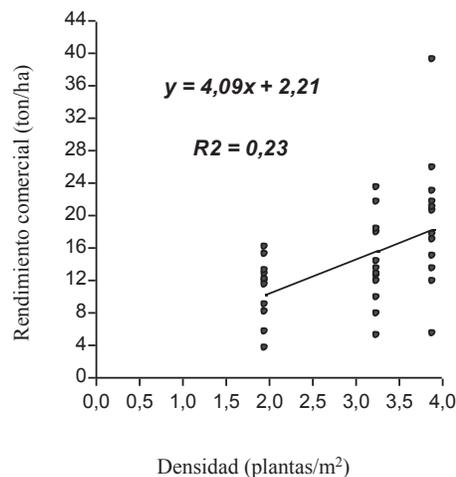


Figura 10. Regresión lineal del rendimiento comercial versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para el total de tratamientos evaluados (n=36).

Tabla 5. Coeficientes de correlación de Pearson entre densidad de siembra y rendimiento comercial (ton/ha) en melón Cantaloupe

Tratamiento	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=36)	0.47	**	0.23
Poda a un tallo (n=12)	0.26	ns	
Poda a dos tallos (n=12)	0.57	*	0.33
Sin poda (n=12)	0.71	**	0.51

Nota: ns: no significativo; *: significativo ($p \leq 0.05$); **: altamente significativo ($p \leq 0.01$).

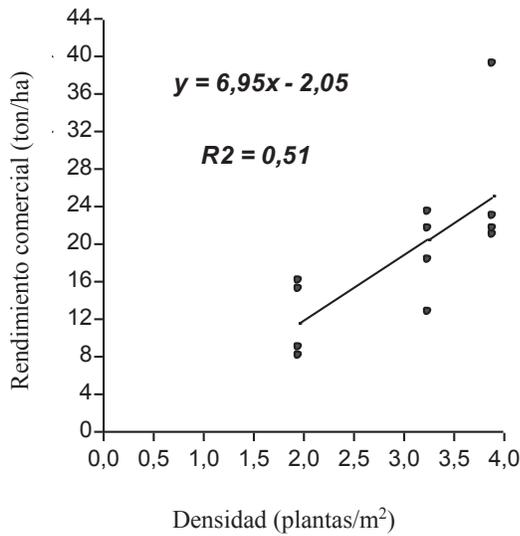


Figura 11. Regresión lineal del rendimiento comercial versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para los tratamientos sin poda (n=12).

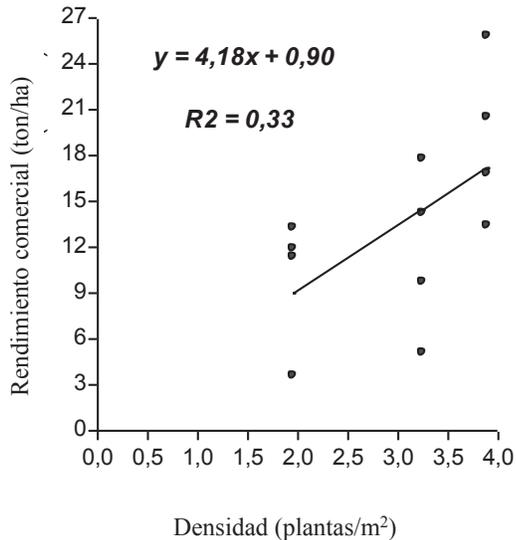


Figura 12. Regresión lineal del rendimiento comercial versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para los tratamientos con poda a dos tallos (n=12).

Con respecto al rendimiento (total y comercial), se obtuvieron mayores valores confor-

me aumentó la densidad de siembra, tanto en el tratamiento con poda a dos tallos como en el tratamiento sin poda. Esto es un resultado similar al hallado por otros investigadores (Nerson, 1999; Gualberto, Resende y Losasso, 2001; García, Rodríguez y Lugo, 2006; Ban, Goreta y Borosic, 2006; Nerson, 2002; Kultur, Harrison y Staub, 2001; Rodríguez, Shaw y Cantliffe, 2007; Bezerra, Nunes, Freitas y Silva, 2009; Díaz-Alvarado y Monge-Pérez, 2017b; Casaroli, *et al.*, 2004).

Sin embargo, otros investigadores no hallaron diferencias en el rendimiento total y/o comercial por hectárea al cultivar melón a diferentes densidades de siembra (García, Rodríguez y Lugo, 2006; Díaz-Alvarado y Monge-Pérez, 2017a), tal y como sucedió con el tratamiento de poda a un tallo. Por otra parte, otros autores hallaron un menor rendimiento comercial por área al aumentar la densidad de siembra (Pereira, Nogueira, Pedrosa, Negreiros y Bezerra-Neto, 2003).

La correlación entre la densidad de siembra y el porcentaje de sólidos solubles totales fue negativa y altamente significativa, tanto para el total de tratamientos ($r = -0,75$; $R^2 = 0,56$) (tabla 6, figura 13), como para la poda a un tallo ($r = -0,79$; $R^2 = 0,63$) (figura 14), para la poda a dos tallos ($r = -0,84$; $R^2 = 0,70$) (figura 15), y para el tratamiento sin poda ($r = -0,82$; $R^2 = 0,68$) (figura 16).

Tabla 6. Coeficientes de correlación de Pearson entre densidad de siembra y porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) en melón Cantaloupe

Tratamiento	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=36)	-0.75	**	0.56
Poda a un tallo (n=12)	-0.79	**	0.63
Poda a dos tallos (n=12)	-0.84	**	0.70
Sin poda (n=12)	-0.82	**	0.68

Nota: ** altamente significativo (p≤0.01).

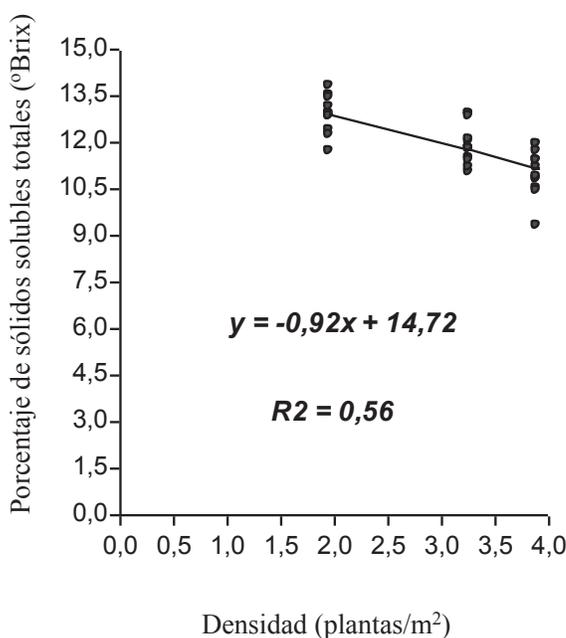


Figura 13. Regresión lineal del porcentaje de sólidos solubles totales versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para el total de tratamientos evaluados (n=36).

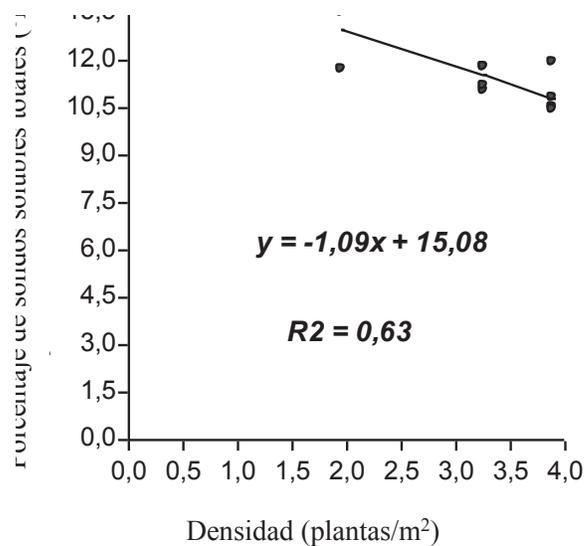


Figura 14. Regresión lineal del porcentaje de sólidos solubles totales versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para los tratamientos con poda a un tallo (n=12).

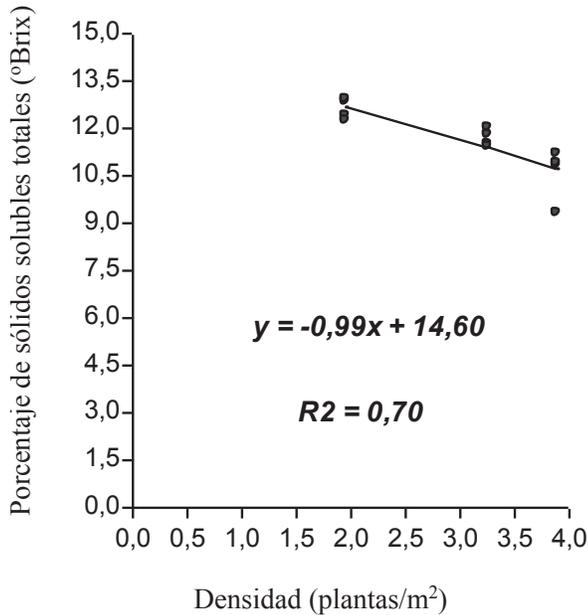


Figura 15. Regresión lineal del porcentaje de sólidos solubles totales versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para los tratamientos con poda a dos tallos (n=12).

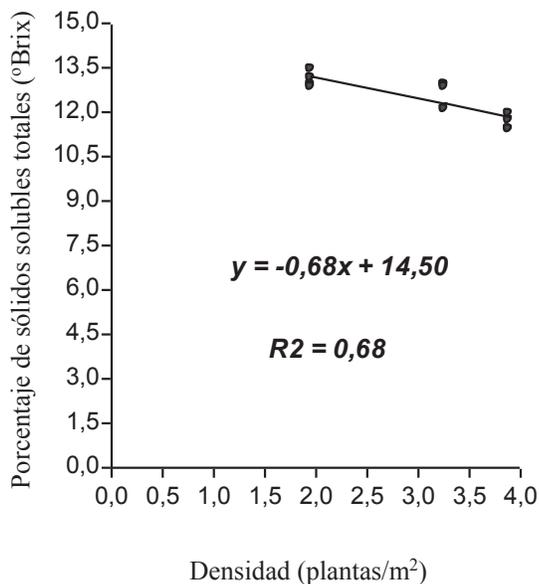


Figura 16. Regresión lineal del porcentaje de sólidos solubles totales versus la densidad de siembra en melón Cantaloupe, para los tratamientos sin poda (n=12).

Para el porcentaje de sólidos solubles totales, se presentó una disminución en los valores obtenidos conforme aumentó la densidad de siembra en los tres tratamientos de poda; lo cual es similar a lo encontrado por varios investigadores (Nerson, 2002; García, Rodríguez, Lugo y Rodríguez, 2009).

El incremento en el contenido de carbohidratos (°Brix) está relacionado con el incremento en el área foliar, como resultado de una mayor separación entre plantas (menor densidad de siembra), es decir, una menor competencia entre ellas (García, Rodríguez, Lugo y Rodríguez, 2009). Sin embargo, otros autores no encontraron diferencias significativas para esta variable al evaluar diferentes densidades de siembra en melón (Rodríguez, Shaw y Cantliffe, 2007; Díaz-Alvarado y Monge-Pérez, 2017b; Díaz-Alvarado y Monge-Pérez, 2017a; Kultur, Harrison y Staub, 2001); y otros investigadores hallaron que, para un híbrido de melón, el porcentaje de sólidos solubles totales aumentó al incrementarse la densidad de siembra (García, Rodríguez, Lugo y Rodríguez, 2009).

En todos los casos que se citan a continuación, las correlaciones fueron no significativas, entre la densidad de siembra y las siguientes variables: peso del fruto (tabla 7); número total de frutos por planta (tabla 8); rendimiento por planta (tabla 9); edad al inicio de la cosecha (tabla 10); y firmeza de la pulpa del fruto (tabla 11).

Tabla 7. Coeficientes de correlación de Pearson entre densidad de siembra y peso del fruto (g) en melón Cantaloupe

Tratamiento	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=36)	0.11	ns	
Poda a un tallo (n=12)	-0.13	ns	
Poda a dos tallos (n=12)	0.24	ns	
Sin poda (n=12)	0.41	ns	

Nota: ns: no significativo.

Tabla 8. Coeficientes de correlación de Pearson entre densidad de siembra y número total de frutos por planta en melon Cantaloupe

Tratamiento	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=36)	-0.21	ns	
Poda a un tallo (n=12)	-0.55	ns	
Poda a dos tallos	-0.19	ns	
Sin poda (n=12)	-0.07	ns	

Nota: ns: no significativo



Tabla 9. Coeficientes de correlación de Pearson entre densidades de siembra y rendimiento por planta (g) en melón Cantaloupe

Tratamiento	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=36)	-0.18	ns	
Poda a un tallo (n=12)	-0.59	ns	
Poda a dos tallos (n=12)	-0.11	ns	
Sin poda (n=12)	0.01	ns	

Nota: ns: no significativo.

Tabla 10. Coeficientes de correlación de Pearson entre densidades de siembra y de edad al inicio de la cosecha (ddt) en melón Cantaloupe

Tratamiento	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=36)	-0.27	ns	
Poda a un tallo (n=12)	-0.15	ns	
Poda a dos tallos (n=12)	-0.39	ns	
Sin poda (n=12)	-0.44	ns	

Nota: ns: no significativo.

Tabla 11. Coeficientes de correlación de Pearson entre densidades de siembra y firmeza de la pulpa del fruto (N) en melón Cantaloupe

Tratamiento	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=36)	0.18	ns	
Poda a un tallo (n=12)	0.09	ns	
Poda a dos tallos (n=12)	0.08	ns	
Sin poda (n=12)	0.35	ns	

Nota: ns: no significativo.

4. Conclusiones

Se concluye que, en melón Cantaloupe producido bajo invernadero y manejado sin poda, el uso de una mayor densidad de siembra provocó un aumento en el número de frutos (totales y comerciales) por área, y en el rendimiento total y comercial; aunque se redujo significativamente el porcentaje de sólidos solubles totales. Por otra parte, para todos los tipos de poda evaluados, este mismo porcentaje disminuyó en forma significativa al aumentar la densidad de siembra.

Además, la densidad de siembra no afectó a ninguna de las siguientes variables: peso del fruto, número total de frutos por planta, rendimiento por planta, edad al inicio de la cosecha, y firmeza de la pulpa del fruto.

Los autores agradecen el financiamiento recibido por parte de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica para la realización de este trabajo. Asimismo, agradecen la colaboración de Cristina Arguedas, Julio Vega, Carlos González y Andrés Oviedo en el trabajo de campo, y de Mario Monge en la revisión de la traducción del resumen al idioma inglés.



5. Referencias

- Alvarado-Sánchez, T. y 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.
- Ban, D.; Goreta, S. y Borosic, J. (2006). Plant spacing and cultivar affect melon growth and yield components. *Scientia Horticulturae*, 109, 238-243.
- Bezerra, F. M.; Nunes, M. C.; Freitas, C. A. y 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.
- Casaroli, D.; Fagan, E. B.; Santos, O. S.; Garcia, D. C.; Sinchak, S. y Riffel, C. (2004). Influência do espaçamento e densidade de frutos por planta em meloeiro hidropônico. *Horticultura Brasileira*, 22(2, Suplemento 2), 1-6.
- Díaz-Alvarado, J. M. y Monge-Pérez, J. E. (2017a). Efecto de poda y densidad de siembra sobre melón cultivado en invernadero. *Revista Pensamiento Actual*, 17(29), 105-115.
- Díaz-Alvarado, J. M. y 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.
- García, J. C.; Rodríguez, Z. F. y Lugo, J. G. (2006). Efecto del cultivar y la distancia entre plantas sobre el comportamiento agronómico y rendimiento del melón. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 23, 443-452.
- García, J. C.; Rodríguez, Z. F.; Lugo, J. G. y Rodríguez, V. (2009). Efecto del cultivar y distancia entre plantas sobre características físico-químicas del fruto del melón (*Cucumis melo L.*). *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 26, 141-158.
- Gómez-Guillamón, M. L.; Camero, R. y Gonzáles-Fernández, J. (1997). El melón en invernadero. En A. Namesny, *Melones* (Vols. Compendios de Horticultura, 10, pp. 67-77). Barcelona, España: Ediciones de Horticultura S. L.

- Gualberto, R.; Resende, F. V. y Losasso, P. H. (2001). Produtividade e qualidade do melão rendilhado em ambiente protegido, em função do espaçamento e sistema de condução. *Horticultura Brasileira*, 19(3), 240-243.
- Kultur, F.; Harrison, H. C. y Staub, J. E. (2001). Spacing and genotype affect fruit sugar concentration, yield, and fruit size of muskmelon. *HortScience*, 36(2), 274-278.
- Martins, S. R.; Peil, R. M.; Schwengber, J. E.; Assis, F. N. y Mendez, M. E. (1998). Produção de melão em função de diferentes sistemas de condução de plantas em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 16(1), 24-30.
- Monge-Pérez, J. E. (2014). Producción y exportación de melón (*Cucumis melo*) en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 27(1), 93-103.
- Monge-Pérez, J. E. (2016). 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. En *La investigación en Guanacaste II* (pp. 277-300). San José, Costa Rica: Editorial Nuevas Perspectivas.
- Monge-Pérez, J. E. y Loría-Coto, M. (2019). Melón (*Cucumis melo L.*) cultivado bajo invernadero: correlaciones entre variables. *Tecnología en Marcha*, 32(1), 134-150.
- Nerson, H. (1999). Effects of population density on fruit and seed production in muskmelons. *Acta Horticulturae*, 492, 65-70.
- Nerson, H. (2002). Relationship between plant density and fruit and seed production in muskmelon. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(5), 855-859.
- Pereira, F. H.; Nogueira, I. C.; Pedrosa, J. F.; Negreiros, M. Z. y Bezerra-Neto, F. (2003). Poda da haste principal e densidade de cultivo na produção e qualidade de frutos em híbridos de melão. *Horticultura Brasileira*, 21(2), 191-196.
- Reche, J. (2007). *Cultivo intensivo de melón* (Vol. Hojas divulgadoras N° 2125 HD). Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.



Rodríguez, J. C.; Shaw, N. L. y Cantliffe, D. J. (2007). Influence of plant density on yield and fruit quality of greenhouse-grown galia muskmelons. *Hort Technology*, 17(4), 580-585.

Santos, B.; Obregón-Olivas, H. y Salamé-Donoso, T. (2010). *Producción de hortalizas en ambientes protegidos: estructuras para la agricultura protegida*. Florida, Estados Unidos: University of Florida, IFAS Extension, UF Department of Horticulturas Sciences.

Vargas, P. F.; Castoldi, R.; Charlo, H. C. y Braz, L. T. (2008). Qualidade de melão rendilhado (*Cucumis melo L.*) em função do sistema de cultivo. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(1), 137-142.