

Melón (*Cucumis melo* L.) cultivado bajo invernadero: correlaciones entre variables

Melon (*Cucumis melo* L.) grown under greenhouse conditions: correlations between variables

Jose Eladio Monge-Pérez¹, Michelle Loría-Coto²

Fecha de recepción: 16 de enero de 2018
Fecha de aprobación: 6 de mayo de 2018

Monge-Pérez, J. E; Loría-Coto, M. Melón (*Cucumis melo* L.)
cultivado bajo invernadero: correlaciones entre variables.
Tecnología en Marcha. Vol. 32-1. Enero-Marzo 2019. Pág
134-150.

DOI: <https://doi.org/10.8845/tm.v32.i1.4124>

1 Docente en la sede de Guanacaste e Investigador en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: melonescr@yahoo.com.mx
2 Docente e investigadora de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. Correo electrónico: michelle_loria@yahoo.com



Palabras clave

Cucumis melo; número de frutos por metro cuadrado; rendimiento; correlación de Pearson; regresión lineal.

Resumen

Se establecieron correlaciones de Pearson para 63 genotipos de melón producidos bajo invernadero, entre cinco variables cuantitativas: peso del fruto (g), número de frutos por metro cuadrado, rendimiento por área (ton/ha), firmeza de la pulpa del fruto (N), y porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix). Los melones andromonoicos produjeron un mayor número de frutos por metro cuadrado y un mayor rendimiento por área, en comparación con los monoicos, y no se encontraron diferencias significativas entre ellos para el peso del fruto, el porcentaje de sólidos solubles totales, ni la firmeza de la pulpa del fruto. La única correlación de Pearson evaluada en los 63 genotipos que fue alta ($r \geq 0,69$) y con significancia estadística ($p \leq 0,05$), se obtuvo entre el rendimiento y el número de frutos por metro cuadrado ($r = 0,79$); en este caso se calculó la regresión lineal ($R^2 = 0,63$). Se concluye que el número de frutos por metro cuadrado es la variable más importante para predecir el rendimiento en melón cultivado en invernadero. Se obtuvieron otras 11 correlaciones altas y con significancia estadística, según el tipo de expresión sexual o según el tipo de melón.

Keywords

Cucumis melo; number of fruits per square meter; yield; Pearson correlation; linear regression.

Abstract

For 63 melon genotypes grown under greenhouse conditions the researchers estimated Pearson correlations between five quantitative variables: fruit weight (g), number of fruits per square meter, yield per area (ton/ha), fruit flesh firmness (N) and percentage of total soluble solids (°Brix). Andromonoecious melons showed a higher number of fruits per square meter and a higher yield than monoecious melons, and there were no significant differences between them for fruit weight, percentage of total soluble solids, and fruit flesh firmness. The only Pearson correlation evaluated in the 63 genotypes that was high ($r \geq 0,69$) and statistically significant ($p \leq 0,05$), was obtained between yield and the number of fruits per square meter ($r = 0,79$); in this case the linear regression was calculated ($R^2 = 0,63$). It is concluded that the number of fruits per square meter is the most important variable to predict yield in greenhouse grown melon. Statistically significant correlations were observed in eleven more cases, not across all genotypes but estimated according the kind of sexual expression or the type of melon.

Introducción

En Costa Rica, la producción hortícola bajo ambiente protegido se inició a finales de los años 80 del siglo XX, principalmente dirigida hacia la exportación de plantas ornamentales y flores. La producción de melón bajo este sistema de cultivo ha sido tradicionalmente muy baja en este país (J. E. Monge-Pérez, datos sin publicar).

En Costa Rica, los tipos de melón que se producen para exportación son: Harper, Cantaloupe, Amarillo, Honey Dew, Galia, Piel de Sapó, Charentais, y Orange Flesh. Durante el año 2009, el 85 % de las exportaciones a Estados Unidos correspondieron a melón tipo Harper y Cantaloupe, y

el 15 % restante a Honey Dew, mientras que las exportaciones a Europa estuvieron encabezadas por el melón tipo Amarillo (58 %), seguido de Harper y Cantaloupe (39 %), y Galia (3 %) [1].

En el cultivo de melón bajo invernadero se utiliza generalmente un tutorado, lo que permite un mejor aprovechamiento del área. 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 [2]. 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 [3].

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 [2].

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 [4].

Un aspecto clave en cualquier proyecto de producción hortícola es la selección del genotipo adecuado. Cada genotipo presenta características particulares en cuanto al crecimiento de la planta y del fruto. Un cultivar adecuado deberá tener diversas características sobresalientes, entre las que se incluyen: buen rendimiento, resistencia a enfermedades, buena calidad del fruto, adaptabilidad a las condiciones ambientales donde se pretende cultivar, un mercado aceptable, y una larga vida de anaquel. 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. La escogencia de un híbrido de melón sin una evaluación previa puede acarrear perjuicios en la productividad y la calidad obtenidas [2].

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, y 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.

El objetivo de esta investigación fue establecer las correlaciones de Pearson existentes entre cinco variables cuantitativas evaluadas para 63 genotipos de melón, cultivados bajo ambiente protegido, en Alajuela, Costa Rica.

Materiales y métodos

Se cultivaron 63 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.), correspondientes a diez tipos diferentes: Amarillo, Cantaloupe, Cantaloupe Italiano, Charentais, Crenshaw, Galia, Harper, Honey Dew, Honey Dew Orange Flesh, y Japonés (cuadro 1).

La siembra se realizó en condiciones hidropónicas, en el invernadero de Hortalizas de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), la cual está localizada en Barrio San José de Alajuela, Costa Rica, a una altitud de 883 msnm. Los tipos de melón se caracterizaron según la descripción de la literatura [5].

Cuadro 1. Genotipos utilizados en la investigación.

Tipo	Genotipos
Amarillo (n=5)	Lady (Agriset), Brilliant (Agriset), 16-26-69 (Pandia), Sunshine (Agriset), XY-05-8 (Xinjiang Mag-Era)
Cantaloupe (n=10)	UG-505 (United Genetics), UG-4305 (United Genetics), 325 (Xinjiang Mag-Era), Charon (DP Seeds), Electra (DP Seeds), Sidewinder Improved (DP Seeds), OTM-10-112 (Catom), MKS-M220 (Agriset), Holbrook (Hollar), Torreón (United Genetics)
Cantaloupe Italiano (n=1)	Vida (DP Seeds)
Charentais (n=5)	Gandalf (Nunhems), E-81-8200 (Enza Zaden), Oui (DP Seeds), OT-8-140 (Catom), Skol (DP Seeds)
Crenshaw (n=1)	Lilly (DP Seeds)
Galia (n=13)	Solarnet (Nunhems), E-81-2097 (Enza Zaden), 10-26-60 (Pandia), Gala (DP Seeds), Kelsey (DP Seeds), Sigal (DP Seeds), Winner (DP Seeds), HSR-4370 (Hollar), OTM-9-21 (Catom), AX-12-4075 (Agriset), AX-12-4078 (Agriset), HSR-4310 (Hollar), HSR-4402 (Hollar)
Harper (n=18)	M-10 (Xinjiang Mag-Era), Cupid (Agriset), Dainty (Agriset), Red Aroma (Agriset), Red Lover (Agriset), Crete No. 1 (Agriset), Infinito (DP Seeds), Sante (DP Seeds), Caribbean Dream (Rijk Zwaan), WSC-08-46 (DP Seeds), HSR-4366 (Hollar), MKS-M218 (Agriset), HSR-4406 (Hollar), HSR-4408 (Hollar), HSR-4411 (Hollar), HSR-4413 (Hollar), OTM-10-108 (Catom), OTM-10-271 (Catom)
Honey Dew (n=5)	T-10 (Xinjiang Mag-Era), Capo Verde (United Genetics), UG-1108 (United Genetics), Dewlightful (Hollar), Dewluxe (Hollar)
Honey Dew Orange Flesh (n=2)	Uncle Sam (United Genetics), XH-336 (Xinjiang Mag-Era)
Japonés (n=3)	Arkanga (Green Seeds), Alien (Green Seeds), Cream Dew NP-6 (Green Seeds)

Nota: el nombre entre paréntesis corresponde a la casa comercial proveedora de la semilla.

El ensayo se transplantó el 3 de noviembre de 2011; las plantas iniciaron cosecha el 9 de enero de 2012, es decir a los 67 días después de transplante (ddt), y la evaluación de los frutos se llevó a cabo hasta el 6 de marzo de 2012 (124 ddt).

El cultivo se realizó en sacos de fibra de coco, de 1 m de largo, 20 cm de ancho y 15 cm de altura. La distancia de siembra fue de 25 cm entre plantas, y de 1,54 m entre hileras, para una densidad de 2,60 plantas/m². Las plantas se sujetaron por medio de dos mallas plásticas, ubicadas una a cada lado de cada hilera de plantas. Todas las plantas se decapitaron cuando tenían cuatro hojas verdaderas (12 ddt) y se dejó crecer los tallos secundarios libremente.

Se implementó un sistema de manejo integrado de plagas, y se utilizó un programa de fertilización validado para la producción comercial de melón, según las experiencias previas en el invernadero de la EEAFBM. El fertirriego se suministró a cada hora, entre las 7:00 a.m. y las 4:00 p.m. Se contó con polinización entomófila en el invernadero, por medio de una colmena de *Apis mellifera* y otra de *Nannotrigona* sp.

A partir de los descriptores propuestos a nivel internacional para el cultivo de melón [6], se seleccionaron las siguientes variables a evaluar:

Variables cualitativas

Tipo de expresión sexual: se determinó evaluando la presencia de flores hermafroditas (andromonoica) o femeninas (monoica), además de las masculinas, en cada genotipo.

Variables cuantitativas

Número de frutos por metro cuadrado: se obtuvo al registrar el número total de frutos producidos en cada parcela, y dividir ese dato entre el número de plantas por parcela, y luego se multiplicó por la densidad de siembra.

Rendimiento por área (ton/ha): se estimó el peso de los frutos de melón producidos en una hectárea, a partir del rendimiento por planta y de la densidad de siembra.

Peso del fruto (g): se midió el peso individual de todos los frutos por cada genotipo, y se obtuvo el promedio.

Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix): se obtuvo el porcentaje de sólidos solubles totales de varios frutos por cada genotipo, y se obtuvo el promedio.

Firmeza de la pulpa del fruto (N): se midió la firmeza de la pulpa de varios frutos por cada genotipo, y se obtuvo el promedio.

El peso de los frutos se obtuvo con una balanza electrónica marca Ocony, modelo TH-I-EK, de $5000,0 \pm 0,1$ g de capacidad. El porcentaje de sólidos solubles totales se determinó con un refractómetro manual marca Atago, modelo N-1a, con una escala de $0,0-32,0 \pm 0,2$ %. Para la evaluación de firmeza del fruto se utilizó un penetrómetro portátil marca Effegi, modelo FT-327, con una capacidad de $12,5 \pm 0,1$ 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 cada genotipo se sembró una parcela con 8 plantas (2 sacos), y todos los datos se obtuvieron a partir de los frutos totales producidos en dicha parcela.

Para obtener la comparación entre los dos tipos de expresión sexual evaluados (andromonoica y monoica), se utilizó la prueba de t de Student con una significancia de 5 % para determinar diferencias entre tratamientos, donde los tratamientos fueron cada tipo de expresión sexual, y cada genotipo correspondió a una repetición.

Además, para las cinco variables evaluadas, se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre ellas, y para aquellas combinaciones de variables en que se obtuvo una alta correlación ($r \geq 0,69$) y significancia estadística ($p \leq 0,05$), se obtuvo la regresión lineal con su respectiva ecuación y su coeficiente de determinación (R^2). Las correlaciones se obtuvieron tanto entre el total de los 63 genotipos evaluados, como según el tipo de expresión sexual, y también según el tipo de melón (excepto para los tipos Honey Dew Orange Flesh, Crenshaw y Cantaloupe Italiano, en cuyo caso el número de repeticiones fue muy bajo).

Resultados y discusión

Con respecto al tipo de expresión sexual, 47 genotipos fueron andromonoicos, y 13 fueron monoicos (cuadro 2) (no se logró obtener este dato en el caso de tres genotipos). No se presentaron diferencias estadísticamente significativas para el peso del fruto, la firmeza de la pulpa del fruto, ni el porcentaje de sólidos solubles totales, entre los genotipos monoicos y los andromonoicos. Sin embargo, sí se presentaron diferencias altamente significativas entre ellos para el número de frutos por metro cuadrado, y para el rendimiento; los genotipos andromonoicos produjeron un mayor número de frutos por metro cuadrado y un mayor rendimiento, en comparación con los monoicos.

Cuadro 2. Influencia del tipo de expresión sexual sobre las variables evaluadas.

Variable	Tipo de expresión sexual	
	Monoica (n=13)	Andromonoica (n=47)
Firmeza del fruto (N)	22,13 a	17,26 a
Número de frutos/m ²	2,12 a	5,80 b
Peso del fruto (g)	606,66 a	603,57 a
Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix)	13,58 a	14,13 a
Rendimiento (ton/ha)	12,32 a	34,60 b

Nota: valores con una letra en común entre tratamientos no son significativamente diferentes, según la prueba de t de Student ($p \leq 0,05$).

A pesar de la importancia de la influencia de la expresión sexual sobre el rendimiento del melón producido bajo invernadero, la información sobre esta característica no siempre es fácil de obtener al momento de la compra de la semilla, por lo que es necesario hacer la consulta técnica especializada ante la empresa productora de la semilla, o sembrar algunas plantas previamente para observar sus flores.

Con respecto a la correlación entre el porcentaje de sólidos solubles totales y el peso del fruto, en ningún caso se obtuvo significancia estadística, excepto para los melones tipo Harper, pero dicha correlación fue muy baja ($r = 0,45$) (cuadro 3).

Cuadro 3. Coeficientes de correlación de Pearson entre porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) y peso del fruto (g).

Genotipos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=63)	0,10	ns	
Andromonoicos (n=47)	0,18	ns	
Monoicos (n=13)	0,10	ns	
Amarillo (n=5)	0,16	ns	
Cantaloupe (n=10)	-0,31	ns	
Charentais (n=5)	0,11	ns	
Galia (n=13)	0,23	ns	
Harper (n=18)	0,45	*	
Honey Dew (n=5)	0,79	ns	
Japonés (n=3)	-0,90	ns	

Nota: ns = no significativo; * = significativa ($p \leq 0,05$); ** = altamente significativa ($p \leq 0,01$).

En melón cultivado a campo abierto, unos investigadores encontraron una alta correlación entre el porcentaje de sólidos solubles totales y el peso promedio del fruto (valor de r entre 0,84 y 0,93, según la densidad de siembra), aunque ellos argumentaron que esos datos podrían haber sido distorsionados por un genotipo que obtuvo un valor muy bajo en el porcentaje de sólidos solubles totales, por lo que más bien consideraron que dicha variable se mantuvo constante, sin importar el peso del fruto, cuando los frutos se cosecharon en plena madurez [7].

En el caso de la correlación entre la firmeza del fruto y el peso del fruto, solamente se presentó significancia estadística para los melones tipo Amarillo, con un coeficiente de correlación muy alto ($r = -0,97$) (cuadro 4). En la figura 1 se muestra la ecuación de regresión lineal para este caso, la cual presentó un coeficiente de determinación bastante alto ($R^2 = 0,94$); la relación fue inversamente proporcional, es decir, que los frutos con mayor peso fueron los que presentaron la menor firmeza de la pulpa.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre firmeza del fruto (N) y peso del fruto (g).

Genotipos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R^2)
Total (n=63)	-0,24	ns	
Andromonoicos (n=47)	-0,33	ns	
Monoicos (n=13)	-0,09	ns	
Amarillo (n=5)	-0,97	*	0,94
Cantaloupe (n=10)	-0,26	ns	
Charentais (n=5)	0,69	ns	
Galia (n=13)	-0,29	ns	
Harper (n=18)	-0,17	ns	
Honey Dew (n=5)	-0,52	ns	
Japonés (n=3)	0,15	ns	

Nota: ns = no significativo; * = significativa ($p \leq 0,05$); ** = altamente significativa ($p \leq 0,01$).

La correlación entre rendimiento y peso del fruto fue significativa entre los 63 genotipos evaluados, pero dicho coeficiente fue bajo ($r = 0,36$) (cuadro 5). Algo similar ocurrió con los genotipos andromonoicos ($r = 0,49$) y con los melones tipo Harper ($r = 0,43$), ya que en ningún caso dicho coeficiente fue superior a 0,69. En los demás casos no hubo significancia estadística.

La correlación entre el número de frutos por metro cuadrado y el peso del fruto únicamente fue significativa en el caso de los melones tipo Amarillo ($r = -0,87$) (cuadro 6), la cual evidenció una relación inversamente proporcional, es decir, que a mayor número de frutos por metro cuadrado, se obtuvo un menor peso del fruto. En la figura 2 se muestra la ecuación de regresión lineal para este caso, con un coeficiente de determinación de 0,76.

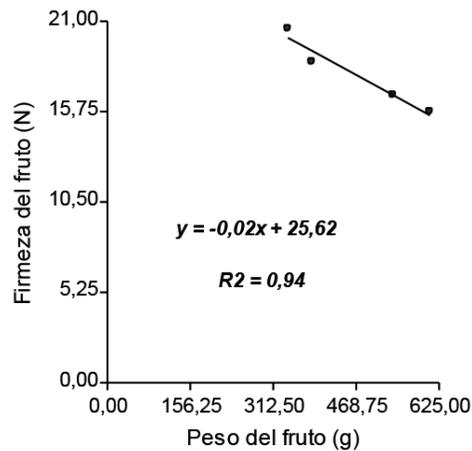


Figura 1. Regresión lineal de la firmeza del fruto versus el peso del fruto para los melones tipo Amarillo evaluados.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación de Pearson entre rendimiento (ton/ha) y peso del fruto (g).

Genotipos	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=63)	0,36	**	0,13
Andromonoicos (n=47)	0,49	**	
Monoicos (n=13)	0,25	ns	
Amarillo (n=5)	-0,25	ns	
Cantaloupe (n=10)	0,35	ns	
Charentais (n=5)	0,71	ns	
Galia (n=13)	0,34	ns	
Harper (n=18)	0,43	*	
Honey Dew (n=5)	0,35	ns	
Japonés (n=3)	0,83	ns	

Nota: ns = no significativo; * = significativa (p≤0,05); ** = altamente significativa (p≤0,01).

Cuadro 6. Coeficientes de correlación de Pearson entre número de frutos por metro cuadrado y peso del fruto (g).

Genotipos	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=63)	-0,18	ns	
Andromonoicos (n=47)	-0,21	ns	
Monoicos (n=13)	-0,20	ns	
Amarillo (n=5)	-0,87	**	0,76
Cantaloupe (n=10)	-0,15	ns	
Charentais (n=5)	0,53	ns	
Galia (n=13)	-0,13	ns	
Harper (n=18)	0,01	ns	
Honey Dew (n=5)	-0,36	ns	
Japonés (n=3)	-0,01	ns	

Nota: ns = no significativo; * = significativa (p≤0,05); ** = altamente significativa (p≤0,01).

Al igual que en el presente ensayo, unos investigadores encontraron también una correlación negativa ($r = -0,98$) entre el número de frutos por planta y el peso promedio del fruto, para un genotipo de melón cultivado a campo abierto, con un coeficiente de determinación de 0,92 para la ecuación de regresión lineal [7].

En otras investigaciones, se ha informado que en el caso de melones tipo Japonés y tipo Cantaloupe cultivados en invernadero, a mayor número de frutos por metro cuadrado se obtuvo un menor peso de los frutos [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14]. Estos resultados coinciden con los hallados en el presente estudio.

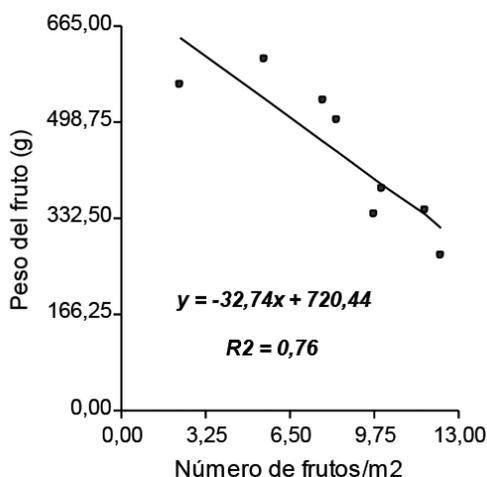


Figura 2. Regresión lineal del peso del fruto versus el número de frutos/m² para los melones tipo Amarillo evaluados.

La correlación entre el porcentaje de sólidos solubles totales y la firmeza del fruto únicamente presentó significancia estadística para el caso de los melones tipo Harper ($r = -0,84$) (cuadro 7), con una relación inversamente proporcional, es decir, que a mayor firmeza del fruto, se obtuvo un menor porcentaje de sólidos solubles totales. En la figura 3 se muestra la ecuación de regresión lineal para este caso, con un coeficiente de determinación de 0,70.

Para la correlación entre el porcentaje de sólidos solubles totales y el rendimiento, solamente se presentó significancia estadística para el total de genotipos evaluados, así como para los genotipos andromonocicos, y los melones Harper y Cantaloupe (cuadro 8). Sin embargo, entre estos casos, el coeficiente de correlación únicamente fue alto para el caso de los melones tipo Cantaloupe ($r = -0,77$), el cual evidenció una relación inversamente proporcional, es decir, que a mayor rendimiento se obtuvo un menor porcentaje de sólidos solubles totales; en la figura 4 se presenta la ecuación de regresión lineal para este caso, con un coeficiente de determinación de 0,60.

Con respecto a la correlación entre el porcentaje de sólidos solubles totales y el número de frutos por metro cuadrado, se obtuvo significancia estadística para el total de genotipos evaluados, así como para los genotipos andromonocicos y los melones Cantaloupe (cuadro 9). Sin embargo, el coeficiente de correlación únicamente fue alto para el caso de los melones tipo Cantaloupe ($r = -0,69$), el cual mostró una relación inversamente proporcional, por lo que a mayor número de frutos por metro cuadrado se obtuvo un menor porcentaje de sólidos solubles totales; en la figura 5 se presenta la ecuación de regresión lineal para este caso, con un coeficiente de determinación de 0,48.

Cuadro 7. Coeficientes de correlación de Pearson entre porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) y firmeza del fruto (N).

Genotipos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=63)	-0,02	ns	
Andromonoicos (n=47)	-0,01	ns	
Monoicos (n=13)	-0,22	ns	
Amarillo (n=5)	-0,04	ns	
Cantaloupe (n=10)	0,32	ns	
Charentais (n=5)	-0,16	ns	
Galia (n=13)	0,14	ns	
Harper (n=18)	-0,84	**	0,70
Honey Dew (n=5)	-0,53	ns	
Japonés (n=3)	-0,57	ns	

Nota: ns = no significativo; * = significativa (p≤0,05); ** = altamente significativa (p≤0,01).

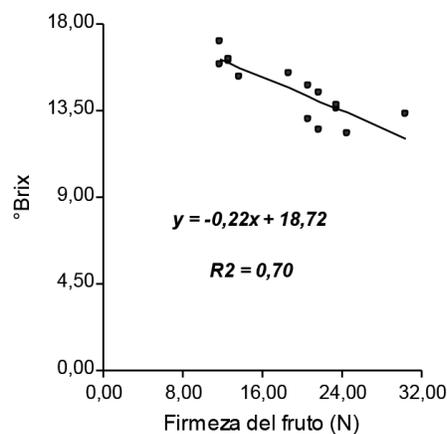


Figura 3. Regresión lineal del porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) versus la firmeza del fruto (N) para los melones tipo Harper evaluados.

Cuadro 8. Coeficientes de correlación de Pearson entre porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) y rendimiento (ton/ha).

Genotipos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=63)	0,37	**	0,14
Andromonoicos (n=47)	0,45	**	
Monoicos (n=13)	-0,23	ns	
Amarillo (n=5)	0,13	ns	
Cantaloupe (n=10)	-0,77	**	0,60
Charentais (n=5)	-0,16	ns	
Galia (n=13)	-0,01	ns	
Harper (n=18)	0,55	**	
Honey Dew (n=5)	0,38	ns	
Japonés (n=3)	-0,99	ns	

Nota: ns = no significativo; * = significativa (p≤0,05); ** = altamente significativa (p≤0,01).

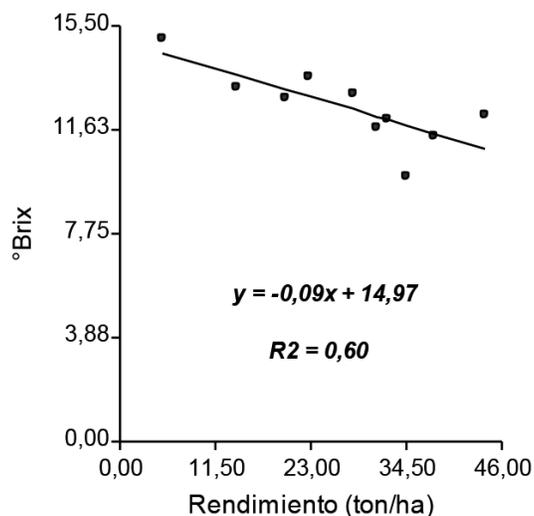


Figura 4. Regresión lineal del porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) versus el rendimiento para los melones tipo Cantaloupe evaluados.

Cuadro 9. Coeficientes de correlación de Pearson entre porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) y número de frutos por metro cuadrado.

Genotipos	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=63)	0,33	**	0,11
Andromonoicos (n=47)	0,39	**	
Monoicos (n=13)	-0,31	ns	
Amarillo (n=5)	-0,07	ns	
Cantaloupe (n=10)	-0,69	*	0,48
Charentais (n=5)	-0,19	ns	
Galia (n=13)	0,01	ns	
Harper (n=18)	0,35	ns	
Honey Dew (n=5)	-0,14	ns	
Japonés (n=3)	-0,42	ns	

Nota: ns = no significativo; * = significativa (p≤0,05); ** = altamente significativa (p≤0,01).

Otros investigadores también han encontrado que en melón tipo Japonés y Cantaloupe cultivados en invernadero, conforme aumenta el número de frutos por metro cuadrado, disminuye el porcentaje de sólidos solubles totales [8], [13], [15]. Esos resultados coinciden con los hallados en el presente estudio.

No se obtuvo significancia estadística en ningún caso, tanto para la correlación entre la firmeza del fruto y el rendimiento (cuadro 10), como para la correlación entre la firmeza del fruto y el número de frutos por metro cuadrado (cuadro 11).

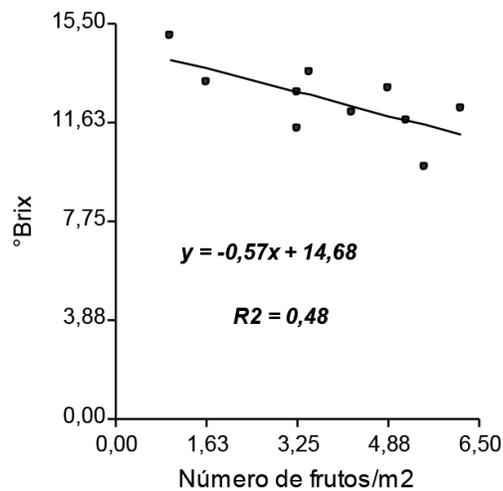


Figura 5. Regresión lineal del porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) versus el número de frutos/m² para los melones tipo Cantaloupe evaluados.

Cuadro 10. Coeficientes de correlación de Pearson entre firmeza del fruto (N) y rendimiento (ton/ha).

Genotipos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=63)	-0,25	ns	
Andromonoicos (n=47)	-0,28	ns	
Monoicos (n=13)	0,39	ns	
Amarillo (n=5)	-0,28	ns	
Cantaloupe (n=10)	-0,37	ns	
Charentais (n=5)	0,17	ns	
Galia (n=13)	-0,42	ns	
Harper (n=18)	-0,45	ns	
Honey Dew (n=5)	-0,46	ns	
Japonés (n=3)	0,68	ns	

Nota: ns = no significativo; * = significativa (p≤0,05); ** = altamente significativa (p≤0,01).

En el caso de la correlación entre el rendimiento y el número de frutos por metro cuadrado, se obtuvo significancia estadística ($p \leq 0,05$) y alta correlación ($r \geq 0,69$) en todos los casos evaluados, excepto para los melones tipo Amarillo, Honey Dew, y Japonés (cuadro 12). En las siguientes figuras se muestran las ecuaciones de regresión lineal para todos los 63 genotipos evaluados (figura 6; $R^2 = 0,63$), para los genotipos andromonoicos (figura 7; $R^2 = 0,47$) y los monoicos (figura 8; $R^2 = 0,79$), así como para los melones tipo Cantaloupe (figura 9; $R^2 = 0,74$), Charentais (figura 10; $R^2 = 0,94$), Galia (figura 11; $R^2 = 0,71$), y Harper (figura 12; $R^2 = 0,80$). En todos estos casos, la relación fue directamente proporcional, es decir, que a mayor número de frutos por metro cuadrado, se obtuvo un mayor rendimiento.

Cuadro 11. Coeficientes de correlación de Pearson entre firmeza del fruto (N) y número de frutos por metro cuadrado.

Genotipos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=63)	-0,17	ns	
Andromonoicos (n=47)	-0,19	ns	
Monoicos (n=13)	0,47	ns	
Amarillo (n=5)	0,87	ns	
Cantaloupe (n=10)	-0,33	ns	
Charentais (n=5)	0,06	ns	
Galia (n=13)	-0,34	ns	
Harper (n=18)	-0,41	ns	
Honey Dew (n=5)	-0,22	ns	
Japonés (n=3)	0,99	ns	

Nota: ns = no significativo; * = significativa ($p \leq 0,05$); ** = altamente significativa ($p \leq 0,01$).

Cuadro 12. Coeficientes de correlación de Pearson entre rendimiento (ton/ha) y número de frutos por metro cuadrado.

Genotipos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=63)	0,79	**	0,63
Andromonoicos (n=47)	0,69	**	0,47
Monoicos (n=13)	0,89	**	0,79
Amarillo (n=5)	0,67	ns	
Cantaloupe (n=10)	0,86	**	0,74
Charentais (n=5)	0,97	**	0,94
Galia (n=13)	0,84	**	0,71
Harper (n=18)	0,89	**	0,80
Honey Dew (n=5)	0,74	ns	
Japonés (n=3)	0,55	ns	

Nota: ns = no significativo; * = significativa ($p \leq 0,05$); ** = altamente significativa ($p \leq 0,01$).

En un ensayo de producción de tres genotipos de melón a campo abierto, a dos densidades de siembra (13605,51 y 6802,86 plantas/ha) y en dos sitios distintos, se encontró una correlación positiva entre las variables número de frutos por metro cuadrado y rendimiento por hectárea, con valores de r que oscilaron entre 0,49 y 0,99 [7]. Esos investigadores también encontraron ecuaciones de regresión lineal que relacionaron en forma directamente proporcional el número de frutos por planta y el rendimiento por planta, con coeficientes de determinación de 0,96 y 0,93. Esos resultados coinciden con los obtenidos en el presente ensayo.

Por otra parte, en evaluaciones de producción de melón tipo Japonés en invernadero, otros autores hallaron que, conforme aumenta el número de frutos por metro cuadrado, también aumenta el rendimiento [9], [11], [14], lo cual es similar a lo obtenido en la presente investigación.

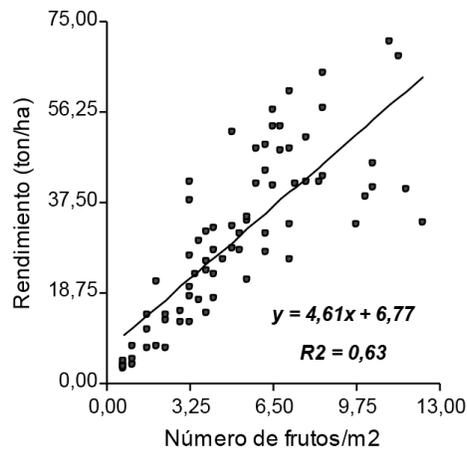


Figura 6. Regresión lineal del rendimiento versus el número de frutos/m² para el total de genotipos evaluados (n=63).

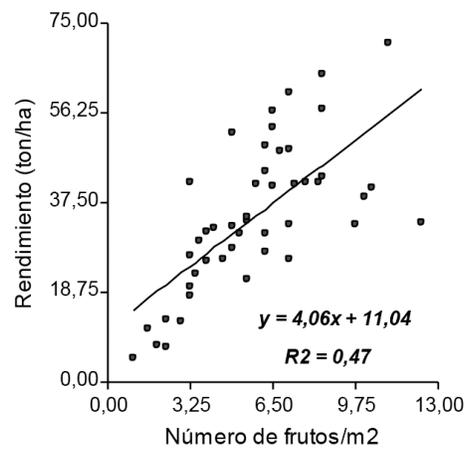


Figura 7. Regresión lineal del rendimiento versus el número de frutos/m² para los genotipos andromonoicos evaluados (n=47).

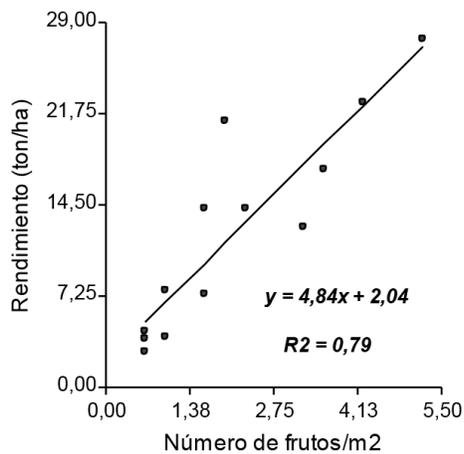


Figura 8. Regresión lineal del rendimiento versus el número de frutos/m² para los genotipos monoicos evaluados (n=13).

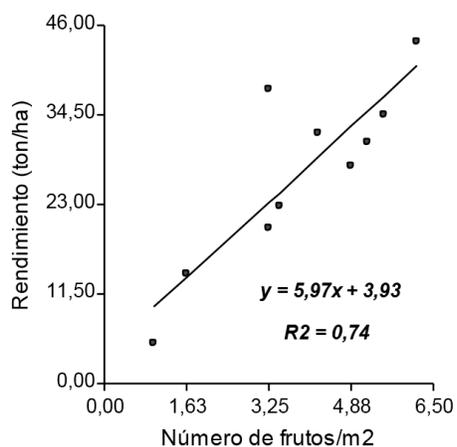


Figura 9. Regresión lineal del rendimiento versus el número de frutos/m² para los melones tipo Cantaloupe evaluados.

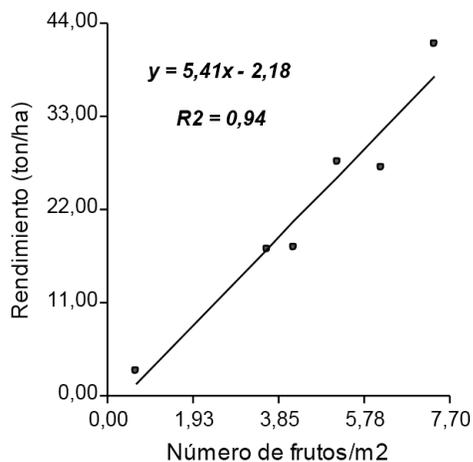


Figura 10. Regresión lineal del rendimiento versus el número de frutos/m² para los melones tipo Charentais evaluados.

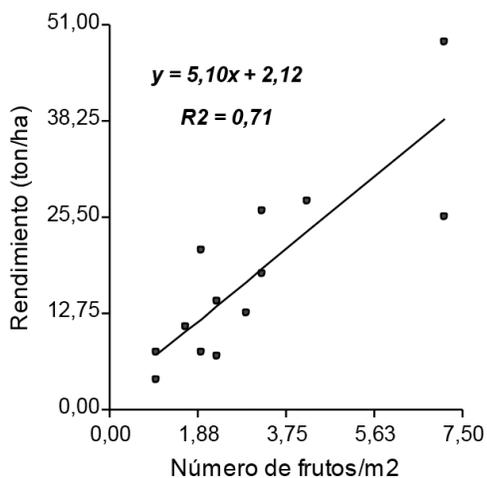


Figura 11. Regresión lineal del rendimiento versus el número de frutos/m² para los melones tipo Galia evaluados.

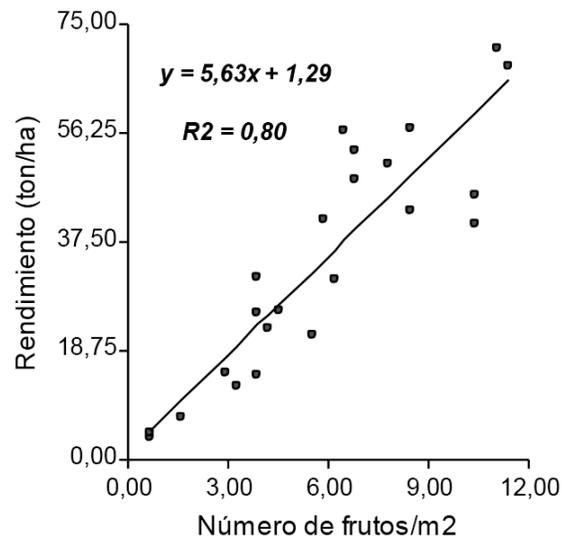


Figura 12. Regresión lineal del rendimiento versus el número de frutos/m² para los melones tipo Harper evaluados.

Por lo tanto, entre las diez correlaciones de Pearson evaluadas para los 63 genotipos, la única que fue alta ($r \geq 0,69$) y con significancia estadística ($p \leq 0,05$), se obtuvo entre el rendimiento y el número de frutos por metro cuadrado ($r = 0,79$), con una relación directamente proporcional, es decir, que a mayor número de frutos por metro cuadrado, se obtuvo un mayor rendimiento. Por lo tanto, se concluye que el número de frutos por metro cuadrado es la variable más importante para predecir el rendimiento en melón cultivado en invernadero, y no así la variable peso del fruto, cuya correlación con el rendimiento fue de solamente 0,36.

Entre todos los genotipos evaluados, las siguientes tres correlaciones sí fueron estadísticamente significativas, pero el grado de correlación fue bajo: rendimiento y peso del fruto ($r = 0,36$); rendimiento y porcentaje de sólidos solubles totales ($r = 0,37$); y número de frutos por metro cuadrado y porcentaje de sólidos solubles totales ($r = 0,33$).

Por otra parte, entre todos los genotipos evaluados, las correlaciones fueron no significativas estadísticamente en los siguientes seis casos: peso del fruto y porcentaje de sólidos solubles totales; peso del fruto y firmeza del fruto; peso del fruto y número de frutos por metro cuadrado; firmeza del fruto y porcentaje de sólidos solubles totales; firmeza del fruto y rendimiento; y firmeza del fruto y número de frutos por metro cuadrado.

Conclusiones y recomendaciones

Los melones andromonoicos produjeron un mayor número de frutos por metro cuadrado y un mayor rendimiento por área, en comparación con los monoicos. No se encontraron diferencias significativas entre ellos para el peso del fruto, el porcentaje de sólidos solubles totales, ni la firmeza de la pulpa del fruto.

La única correlación de Pearson evaluada en los 63 genotipos que fue alta ($r \geq 0,69$) y con significancia estadística ($p \leq 0,05$), se obtuvo entre el rendimiento y el número de frutos por metro cuadrado ($r = 0,79$), con una relación directamente proporcional, es decir, que a mayor número de frutos por metro cuadrado, se obtuvo un mayor rendimiento; en este caso se calculó la regresión lineal, que mostró un coeficiente de determinación de 0,63. Se concluye que el número de frutos por metro cuadrado es la variable más importante para predecir el rendimiento en melón cultivado en invernadero.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de Cristina Arguedas, María José Moya, Carolina Ramírez, Marcela Mora, Jorge Díaz, Felipe Coto, José González, 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. Asimismo, agradecen el financiamiento recibido por parte de la Universidad de Costa Rica para la realización de este trabajo.

Referencias

- [1] J. E. Monge-Pérez, "Producción y exportación de melón (*Cucumis melo*) en Costa Rica," *Tecnología en Marcha*, vol. 27, n° 1, pp. 93-103, 2014.
- [2] P. F. Vargas, R. Castoldi, H. C. O. Charlo y L. T. Braz, «Qualidade de melão rendilhado (*Cucumis melo* L.) em função do sistema de cultivo,» *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 32, n° 1, pp. 137-142, 2008.
- [3] S. R. Martins, R. M. Peil, J. E. Schwengber, F. N. Assis y M. E. G. Mendez, «Produção de melão em função de diferentes sistemas de condução de plantas em ambiente protegido,» *Horticultura Brasileira*, vol. 16, n° 1, pp. 24-30, 1998.
- [4] 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*, San José, Costa Rica, Editorial Nuevas Perspectivas, 2016, pp. 277-300.
- [5] J. M. Torres, «Los tipos de melón comerciales,» de *Melones*, España, Ediciones de Horticultura, 1997, pp. 13-20.
- [6] International Plant Genetic Resources Institute, *Descriptors for melon (*Cucumis melo* L.)*, Rome, Italy: IPGRI, 2003.
- [7] F. Kultur, H. C. Harrison y J. E. Staub, «Spacing and genotype affect fruit sugar concentration, yield, and fruit size of muskmelon,» *Hort Science*, vol. 36, n° 2, pp. 274-278, 2001.
- [8] R. Castoldi, H. C. O. Charlo, P. F. Vargas y L. T. Braz, «Qualidade de frutos de cinco híbridos de melão rendilhado em função do número de frutos por planta,» *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 30, n° 2, pp. 455-458, 2008.
- [9] H. C. O. Charlo, R. Castoldi, P. F. Vargas y L. T. Braz, «Cultivo de melão rendilhado com dois e três frutos por planta,» *Horticultura Brasileira*, vol. 27, n° 2, pp. 251-255, 2009.
- [10] R. Gualberto, F. V. Resende y P. H. L. Losasso, «Produtividade e qualidade do melão rendilhado em ambiente protegido, em função do espaçamento e sistema de condução,» *Horticultura Brasileira*, vol. 19, n° 3, pp. 240-243, 2001.
- [11] L. F. V. Purquerio, A. B. C. Filho y J. C. Barbosa, «Efeito da concentração de nitrogênio na solução nutritiva e do número de frutos por planta sobre a produção do meloeiro,» *Horticultura Brasileira*, vol. 21, n° 2, pp. 185-190, 2003.
- [12] R. C. F. Queiroga, M. Puiatti, P. C. R. Fontes y P. R. Cecon, «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*, vol. 55, n° 6, pp. 596-604, 2008.
- [13] R. C. F. Queiroga, M. Puiatti, P. C. R. Fontes y P. R. Cecon, «Produtividade e qualidade do melão cantaloupe, cultivado em ambiente protegido, variando o número e a posição dos frutos na planta,» *Bragantia*, vol. 67, n° 4, pp. 911-920, 2008.
- [14] C. C. Costa, A. B. C. Filho, R. L. Cavarianni y J. C. Barbosa, «Produção do melão rendilhado em função da concentração de potássio na solução nutritiva e do número de frutos por planta,» *Horticultura Brasileira*, vol. 22, n° 1, pp. 23-27, 2003.
- [15] R. C. F. Queiroga, M. Puiatti, P. C. R. Fontes y P. R. Cecon, «Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro variando número de frutos e de folhas por planta,» *Horticultura Brasileira*, vol. 26, n° 2, pp. 209-215, 2008.