

Pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado en ambiente protegido: correlaciones entre variables

Cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under greenhouse conditions: correlations among variables

José Aníbal Cruz-Coronado¹, José Eladio Monge-Pérez²,
Michelle Loría-Coto³

Fecha de recepción: 31 de agosto de 2020
Fecha de aprobación: 25 de noviembre de 2020

Cruz-Coronado, J.A; Monge-Pérez, J.E; Loría-Coto, M.
Pepino (*cucumis sativus* L.) cultivado en ambiente protegido:
correlaciones entre variables. *Tecnología en Marcha*. Vol. 34-
4 Octubre-Diciembre 2021. Pág 75-91.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v34i4.5334>



- 1 Licenciado en Agronomía, Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: cruzsanibal@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0002-8290-3443>
- 2 Máster en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, Investigador de Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: melonescr@yahoo.com.mx
 <https://orcid.org/0000-0002-5384-507X>
- 3 Máster en Administración Educativa, Investigadora de Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica. Correo electrónico: michelle_loria@yahoo.com
 <https://orcid.org/0000-0003-0456-2230>

Palabras clave

Correlaciones de *Pearson*; regresión lineal; producción; agricultura protegida.

Resumen

Se calcularon las correlaciones de *Pearson* para 13 híbridos de pepino cultivados bajo ambiente protegido en temporada lluviosa, usando siete características: longitud, diámetro y peso del fruto, número de frutos por planta, rendimiento total y comercial, y porcentaje de sólidos solubles totales. Se obtuvieron ocho correlaciones (evaluadas en los 13 híbridos) que fueron altas ($r \geq 0,66$) y con significancia estadística ($p \leq 0,05$), en cuyo caso se obtuvo la regresión lineal: longitud y peso del fruto ($r=0,99$); longitud del fruto y número de frutos por planta ($r=-0,79$); peso del fruto y número de frutos por planta ($r=-0,72$); diámetro del fruto y número de frutos por planta ($r=-0,79$); diámetro del fruto y rendimiento total ($r=-0,75$); diámetro del fruto y rendimiento comercial ($r=-0,84$); número de frutos por planta y rendimiento comercial ($r=0,76$); y rendimiento total y comercial ($r=0,95$). También se hallaron otras once correlaciones altas y con significancia estadística, de acuerdo al tipo de pepino (largo, mediano o pequeño). Se concluye que el tipo de pepino ejerce un efecto importante sobre el resultado de las correlaciones.

Keywords

Pearson correlations; linear regression; production; protected agriculture.

Abstract

For 13 cucumber hybrids grown under greenhouse conditions during rainy season the researchers estimated *Pearson* correlations among seven characteristics: fruit length, fruit width, fruit weight, number of fruits per plant, total and commercial yield, and percentage of total soluble solids. Among the 13 evaluated hybrids there were eight correlations that were high ($r \geq 0,66$) and statistically significant ($p \leq 0,05$). In those cases the linear regression statistics were calculated: fruit length and weight ($r=0,99$); fruit length and number of fruits per plant ($r=-0,79$); fruit weight and number of fruits per plant ($r=-0,72$); fruit width and number of fruits per plant ($r=-0,79$); fruit width and total yield ($r=-0,75$); fruit width and commercial yield ($r=-0,84$); number of fruits per plant and commercial yield ($r=0,76$); and total and commercial yield ($r=0,95$). Statistically significant correlations were also obtained in eleven additional cases, not across all hybrids but estimated according to the cucumber type (long, medium or small). It is concluded that the type of cucumber has an important effect in the correlation results.

Introducción

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una planta de la familia Cucurbitaceae que se cultiva ampliamente en muchas regiones tropicales y subtropicales del mundo [1]. Existen muchos tipos de cultivares, que se distinguen por sus diferencias en forma del fruto, coloración, tamaño, tipo de cáscara, entre otras características [2]. Una de las principales clasificaciones se da a partir de la longitud del fruto, por lo que los cultivares se consideran como largos (30-36 cm), medianos (18-23 cm) o pequeños (8-13 cm) [3] [2].

El estudio de la asociación entre caracteres es el objetivo principal del análisis de correlación, técnica que mide el grado de asociación entre rasgos cuantitativos [4]. La determinación de la correlación entre caracteres de plantas es importante en la selección y el mejoramiento

genético [5]. Los estudios de correlación ayudan a decidir cuál característica contribuye con el rendimiento de manera positiva o negativa [6] [7] [8] [9]. Una correlación significativa y positiva entre dos caracteres sugiere que ambos pueden ser mejorados de forma simultánea en un programa de selección [10].

Se han llevado a cabo varias investigaciones sobre correlaciones entre características en el cultivo de pepino en diversos países [11] [12] [5] [10] [1] [13] [7] [4] [14] [9] [6] [15] [8], así como también en Costa Rica [16], aunque en esa ocasión el estudio se llevó a cabo durante la temporada seca.

El objetivo de este trabajo fue calcular las correlaciones de Pearson entre siete variables cuantitativas, para 13 híbridos de pepino cultivados bajo ambiente protegido durante la temporada lluviosa, en Alajuela, Costa Rica.

Materiales y métodos

Se cultivaron 13 híbridos de pepino (*Cucumis sativus* L.) partenocárpico (cuadro 1), en condiciones hidropónicas, en un invernadero de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), situada en Barrio San José de Alajuela, Costa Rica, a una altitud de 883 msnm.

Cuadro 1. Híbridos de pepino utilizados en el ensayo.

Tipo de pepino	Híbrido	País de origen
Largo (n=4)	Arioso	Taiwan
	Cumlaude	Holanda
	Kalunga	Holanda
	Paisaje	Holanda
Mediano (n=7)	Corinto	Holanda
	Katrina	Holanda
	Macario	Holanda
	Modan	Holanda
	Paraíso	Holanda
	Primavera	Holanda
Pequeño (n=2)	22-20-782	Estados Unidos
	Larino	Holanda
	22-20-781	Estados Unidos

Las plántulas se trasplantaron el 15 de julio de 2015, y el período de cultivo abarcó hasta el 20 de octubre de 2015 (97 días después del trasplante-ddt), para un período de cosecha de 10 semanas.

La siembra se llevó a cabo en sacos plásticos rellenos con fibra de coco, de 1 m de largo, 20 cm de ancho y 15 cm de altura. La densidad de siembra usada fue de 2,60 plantas/m² (25 cm entre plantas y 1,54 m entre hileras). Las plantas se manejaron a un solo tallo, por lo que se eliminaron todos los tallos secundarios. Se eliminaron también los primeros cuatro frutos de la planta, con el fin de conseguir mayor uniformidad en la cosecha. La fertirrigación automática (cuadro 2) se realizó por medio de un dispositivo marca iGrow 1400.

Cuadro 2. Fertirrigación usada en la investigación.

Etapa del cultivo	Concentración del nutriente (mg/l)											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	Mo	B
0-14 ddt	150	53	240	165	40	50	0,16	2,9	0,3	0,6	0,9	0,8
15-30 ddt	161	53	265	175	50	50	0,16	2,9	0,3	0,6	0,9	0,8
>30 ddt	172,5	53	290	175	55	50	0,16	2,9	0,3	0,6	0,9	0,8

Se evaluaron las siguientes variables: longitud del fruto, diámetro del fruto, número de frutos por planta, peso del fruto, rendimiento total, rendimiento comercial, y porcentaje de sólidos solubles totales, según la metodología descrita ampliamente por otros autores [16].

Se usó un diseño experimental irrestricto al azar, con cuatro repeticiones por híbrido. La parcela consistió de ocho plantas, y todas ellas fueron evaluadas. Se estimó el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre todas las variables, y en las combinaciones de variables en las que se encontró una correlación alta ($r \geq 0,66$) y significancia estadística ($p \leq 0,05$), se estableció la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación (R^2). Se calcularon las correlaciones para los 13 híbridos en total, así como también por cada tipo de pepino.

Resultados y discusión

En los cuadros 3 al 21, se muestran los resultados de las correlaciones de Pearson para las combinaciones de variables en las cuales se obtuvo un resultado alto ($r \geq 0,66$) y estadísticamente significativo ($p \leq 0,05$), y en las figuras 1 a 11 se presentan las regresiones lineales de dichas relaciones. No se presentan los resultados para las combinaciones en que la correlación (para los 13 híbridos o para cada tipo de pepino) fue no significativa, o tuvo un valor menor a 0,66.

Con respecto a la correlación entre longitud y peso del fruto, el coeficiente hallado fue alto, positivo y altamente significativo, tanto para los 13 híbridos ($r=0,99$; $R^2=0,97$) (figura 1), como para el pepino mediano, mientras que fue no significativo para los pepinos tipo largo y pequeño (cuadro 3).

Cuadro 3. Coeficientes de correlación de Pearson entre longitud del fruto (cm) y peso del fruto (g).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R^2)
Total ($n=13$)	0,99	**	0,97
Largo ($n=4$)	0,46	ns	
Mediano ($n=7$)	0,88	**	0,77
Pequeño ($n=2$)	0,66	ns	

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

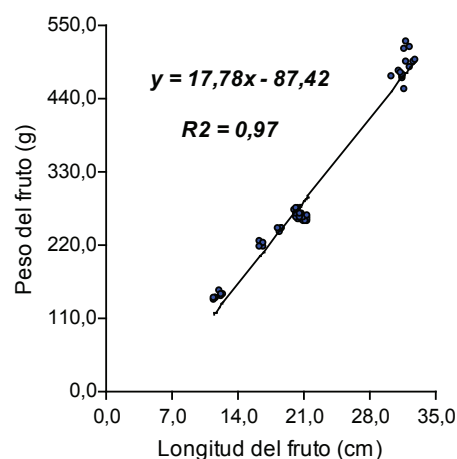


Figura 1. Regresión lineal entre longitud del fruto y peso del fruto para los 13 híbridos.

En otros estudios también se halló una correlación positiva y altamente significativa entre ambas variables ($r=0,61-0,92$) [16] [5] [15] [14] [13] [8]. Sin embargo, en otros trabajos la correlación fue baja, positiva y significativa ($r=0,21-0,24$) [1] [17], y otros autores hallaron una correlación no significativa entre ellas [12] [7] [9].

La correlación hallada entre la longitud del fruto y el número de frutos por planta fue alta, negativa, y altamente significativa, tanto para los 13 híbridos ($r=-0,79$; $R^2=0,62$) (figura 2) como para el pepino mediano, mientras que no fue significativa para los pepinos tipo largo y pequeño (cuadro 4).

Generalmente, una planta tiene una cantidad limitada de fotoasimilados, que debe repartir entre sus frutos; en un híbrido que produzca frutos de tamaño pequeño, esa cantidad de fotoasimilados puede ser capaz de llenar una mayor cantidad de frutos, en comparación con una planta que produzca frutos de mayor tamaño, en cuyo caso la planta podrá llenar una menor cantidad de frutos. En esta investigación, también se observó que las plantas de pepino pequeño pueden llegar a producir varios frutos por nudo, mientras que en las plantas de pepino largo la planta solamente produce un fruto por cada nudo, lo cual está estrechamente relacionado con el tipo de floración que presenta cada híbrido.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre longitud del fruto (cm) y número de frutos por planta.

Híbridos	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R^2)
Total (n=13)	-0,79	**	0,62
Largo (n=4)	0,18	ns	
Mediano (n=7)	-0,88	**	0,77
Pequeño (n=2)	0,44	ns	

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

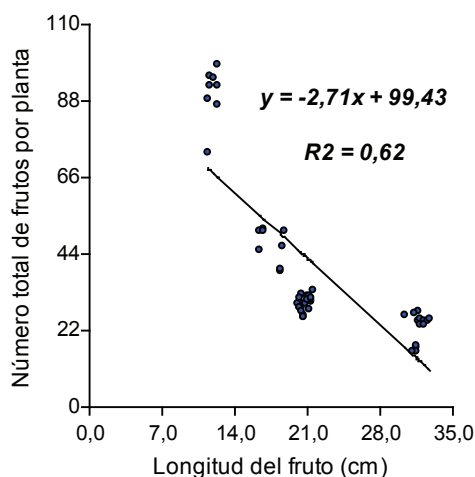


Figura 2. Regresión lineal entre longitud del fruto y número de frutos por planta para los 13 híbridos.

En otros trabajos se obtuvo también una correlación negativa y altamente significativa entre ambas variables ($r=-0,56$ a $-0,72$) [16] [15]. Por el contrario, otros investigadores encontraron una correlación alta, positiva y altamente significativa entre estas características ($r=0,78-0,91$) [13] [10]. En otros ensayos se halló una correlación positiva y significativa, aunque no muy alta ($r=0,50$) [11], y otros autores obtuvieron una correlación no significativa [5] [6] [8] [1] [14] [12] [7] [18] [17] [9].

En el caso de la correlación entre el peso del fruto y el número de frutos por planta, se halló un valor alto, negativo y altamente significativo, tanto para los 13 híbridos ($r=-0,72$; $R^2=0,51$) (figura 3) como para el pepino mediano, mientras que fue no significativo para los pepinos largo y pequeño (cuadro 5).

Cuadro 5. Coeficientes de correlación de Pearson entre peso del fruto (g) y número de frutos por planta.

Híbridos	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R^2)
Total (n=13)	-0,72	**	0,51
Largo (n=4)	0,26	ns	
Mediano (n=7)	-0,87	**	0,76
Pequeño (n=2)	0,50	ns	

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

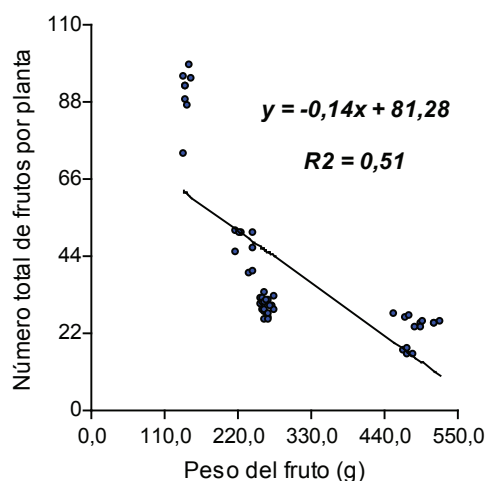


Figura 3. Regresión lineal entre peso del fruto y número de frutos por planta para los 13 híbridos.

De manera contraria a los resultados hallados en este ensayo para los 13 híbridos, otros autores encontraron una correlación positiva y altamente significativa entre ambas características ($r=0,55-0,63$) [13] [7]. No obstante, en otros estudios se obtuvo una correlación negativa, y significativa o altamente significativa ($r=-0,29$ a $-0,84$) [16] [14], y otros investigadores encontraron una correlación no significativa entre ellas [5] [8] [15] [1] [12] [17] [9].

Para la correlación entre el diámetro del fruto y el número de frutos por planta, se encontró un valor alto, negativo y altamente significativo para los 13 híbridos ($r=-0,79$; $R^2=0,62$) (figura 4), así como para los pepinos tipo largo y mediano, mientras que no fue significativo para el pepino pequeño (cuadro 6).

De manera contraria a lo obtenido en este trabajo, en otros ensayos se halló una correlación positiva y altamente significativa entre ambas características ($r=0,52-0,88$) [10] [13] [7]. Sin embargo, otros autores encontraron una correlación negativa, y significativa o muy significativa ($r=-0,26$ a $-0,77$) [16] [8] [1] [9], y en otras ocasiones la correlación no fue significativa [12] [15] [18] [17] [5] [6] [14].

Cuadro 6. Coeficientes de correlación de Pearson entre diámetro del fruto (mm) y número de frutos por planta.

Híbridos	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R^2)
Total (n=13)	-0,79	**	0,62
Largo (n=4)	-0,89	**	0,79
Mediano (n=7)	-0,87	**	0,76
Pequeño (n=2)	-0,55	ns	

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

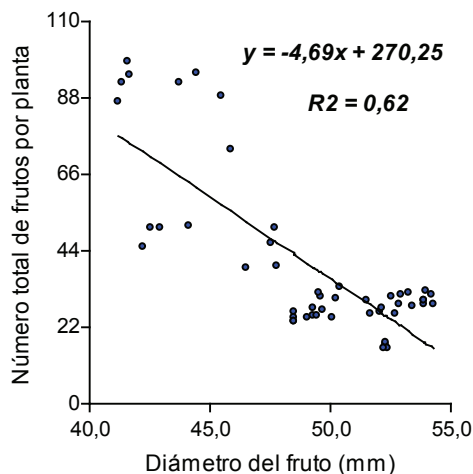


Figura 4. Regresión lineal entre diámetro del fruto y número de frutos por planta para los 13 híbridos.

La correlación hallada entre el diámetro del fruto y el rendimiento total fue alta, negativa y altamente significativa para los 13 híbridos ($r = -0,75$; $R^2 = 0,56$) (figura 5), y lo mismo sucedió para los pepinos largo y mediano, pero fue no significativa para el pepino pequeño (cuadro 7).

Cuadro 7. Coeficientes de correlación de Pearson entre diámetro del fruto (mm) y rendimiento total (kg/m^2).

Híbridos	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R^2)
Total (n=13)	-0,75	**	0,56
Largo (n=4)	-0,89	**	0,79
Mediano (n=7)	-0,78	**	0,61
Pequeño (n=2)	-0,68	ns	0,46

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

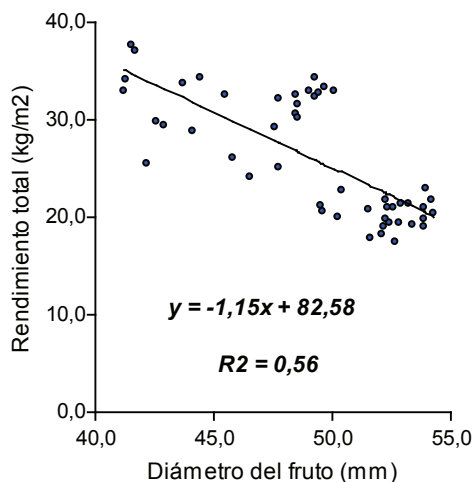


Figura 5. Regresión lineal entre diámetro del fruto y rendimiento total para los 13 híbridos.

De manera contraria a lo hallado en este ensayo, algunos autores obtuvieron una correlación positiva, y significativa o altamente significativa, entre ambas características ($r=0,39-0,88$) [7] [4] [10] [15] [13] [4] [14] [5], pero otros investigadores hallaron una correlación no significativa [17] [12] [8] [6] [18] [1] [9].

En cuanto a la correlación entre el diámetro del fruto y el rendimiento comercial, se obtuvo un valor alto, negativo y altamente significativo para los 13 híbridos ($r=-0,84$; $R^2=0,71$) (figura 6), y de forma similar sucedió para cada tipo de pepino (cuadro 8). De forma contraria a lo obtenido en la presente investigación, un autor halló un valor positivo y altamente significativo para la correlación entre estas características ($r=0,56$) [13].

Cuadro 8. Coeficientes de correlación de Pearson entre diámetro del fruto (mm) y rendimiento comercial (kg/m^2).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R^2)
Total (n=13)	-0,84	**	0,71
Largo (n=4)	-0,83	**	0,69
Mediano (n=7)	-0,80	**	0,64
Pequeño (n=2)	-0,82	**	0,67

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

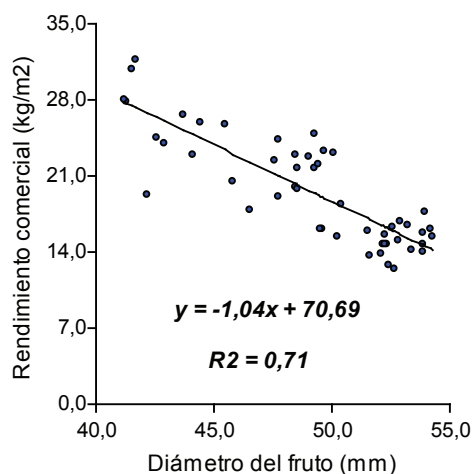


Figura 6. Regresión lineal entre diámetro del fruto y rendimiento comercial para los 13 híbridos.

La correlación hallada entre el número de frutos por planta y el rendimiento comercial fue alta, positiva y altamente significativa para los 13 híbridos ($r=0,76$; $R^2=0,58$) (figura 7); y lo mismo sucedió para cada tipo de pepino (cuadro 9). Otros investigadores hallaron también un valor alto, positivo y altamente significativo entre estas características ($r=0,51-0,92$) [16] [13].

La correlación entre el rendimiento total y el rendimiento comercial fue alta, positiva y altamente significativa para los 13 híbridos ($r=0,95$; $R^2=0,91$) (figura 8), y lo mismo sucedió con cada tipo de pepino (cuadro 10). Otros investigadores también hallaron un valor muy alto, positivo y altamente significativo entre estas características ($r=0,81-0,99$) [16] [13].

Cuadro 9. Coeficientes de correlación de Pearson entre número de frutos por planta y rendimiento comercial (kg/m²).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=13)	0,76	**	0,58
Largo (n=4)	0,95	**	0,90
Mediano (n=7)	0,97	**	0,94
Pequeño (n=2)	0,84	**	0,71

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

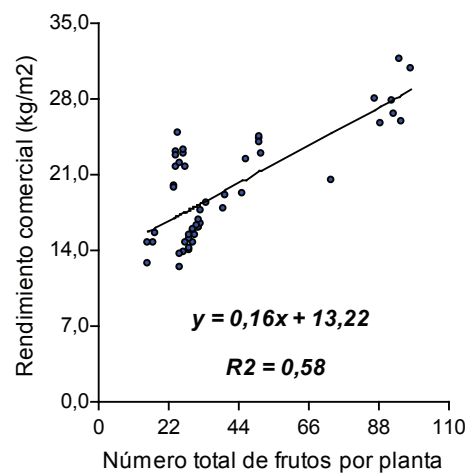


Figura 7. Regresión lineal entre número de frutos por planta y rendimiento comercial para los 13 híbridos.

Cuadro 10. Coeficientes de correlación de Pearson entre rendimiento total (kg/m²) y rendimiento comercial (kg/m²).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=13)	0,95	**	0,91
Largo (n=4)	0,98	**	0,96
Mediano (n=7)	0,99	**	0,98
Pequeño (n=2)	0,95	**	0,91

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

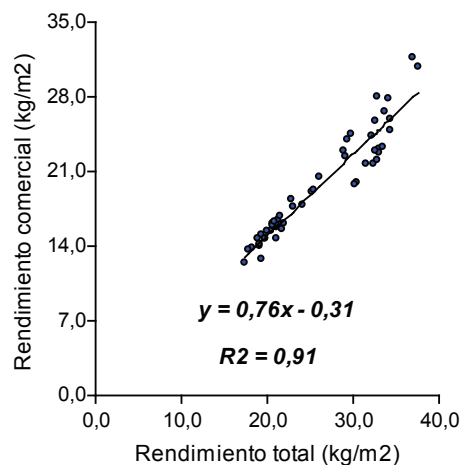


Figura 8. Regresión lineal entre el rendimiento total y el rendimiento comercial para los 13 híbridos.

La correlación entre el número de frutos por planta y el rendimiento total fue alta, positiva y altamente significativa, para los pepinos largo, mediano y pequeño por separado (cuadro 11; figuras 9, 10 y 11); sin embargo, para el total de 13 híbridos fue positivo y altamente significativo, pero no fue tan alto.

Cuadro 11. Coeficientes de correlación de Pearson entre número de frutos por planta y rendimiento total (kg/m²).

Híbridos	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coefficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=13)	0,59	**	
Largo (n=4)	0,98	**	0,95
Mediano (n=7)	0,98	**	0,95
Pequeño (n=2)	0,96	**	0,93

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

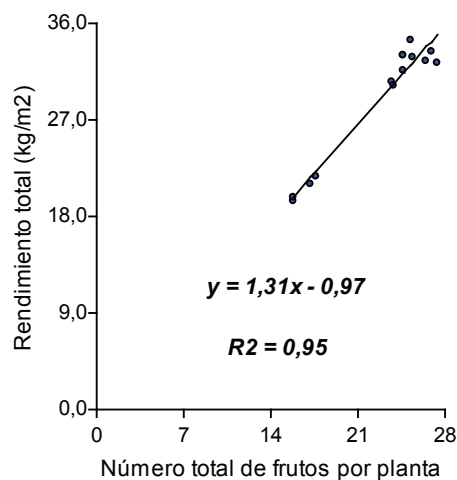


Figura 9. Regresión lineal entre número de frutos por planta y rendimiento total para los híbridos de pepino largo (n=4).

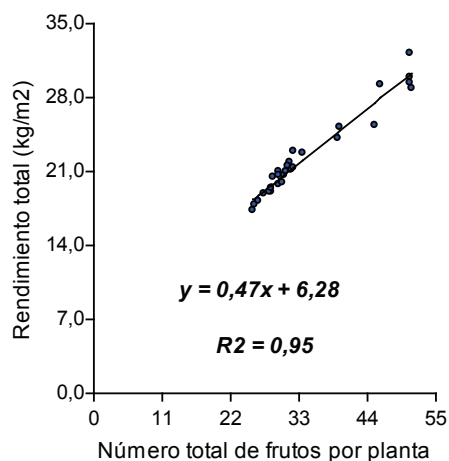


Figura 10. Regresión lineal entre número de frutos por planta y rendimiento total para los híbridos de pepino mediano (n=7).

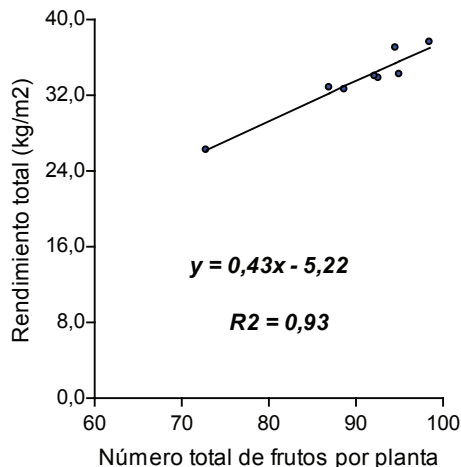


Figura 11. Regresión lineal entre número de frutos por planta y rendimiento total para los híbridos de pepino pequeño (n=2).

Otros investigadores también encontraron una correlación positiva, y significativa o altamente significativa, entre estas características ($r=0,37-0,93$) [16] [13] [12] [6] [7] [11] [10] [1] [18] [14] [9] [5] [8] [15] [17].

La correlación hallada entre el número de frutos por planta y el porcentaje de sólidos solubles totales fue alta, negativa y altamente significativa, pero solamente para el pepino largo ($r=-0,97$; $R^2=0,95$) (cuadro 12).

Cuadro 12. Coeficientes de correlación de Pearson entre número de frutos por planta y porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=13)	-0,28	*	
Largo (n=4)	-0,97	**	0,95
Mediano (n=7)	-0,31	ns	
Pequeño (n=2)	0,07	ns	

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

Al igual que en el presente estudio, otros investigadores hallaron una correlación negativa y altamente significativa entre estas características ($r = -0,67$) [16], mientras que otros autores hallaron una correlación no significativa [9] [14].

La correlación encontrada entre el diámetro del fruto y el porcentaje de sólidos solubles totales fue alta, positiva y altamente significativa, pero solamente para el pepino largo ($r = 0,92$; $R^2 = 0,85$) (cuadro 13).

Al igual que en el presente estudio, otros autores también hallaron una correlación positiva y altamente significativa entre ambas características ($r = 0,69$) [16]. Sin embargo, unos investigadores encontraron una correlación baja, negativa y altamente significativa ($r = -0,37$) [14], y en otro estudio la correlación no fue significativa [9].

Cuadro 13. Coeficientes de correlación de Pearson entre diámetro del fruto (mm) y porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=13)	0,36	**	
Largo (n=4)	0,92	**	0,85
Mediano (n=7)	0,49	**	
Pequeño (n=2)	0,28	ns	

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

La correlación entre el rendimiento comercial y el porcentaje de sólidos solubles totales fue alta, negativa y altamente significativa, únicamente para el pepino largo ($r = -0,92$; $R^2 = 0,85$) (cuadro 14).

Cuadro 14. Coeficientes de correlación de Pearson entre rendimiento comercial (kg/m²) y porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=13)	-0,31	*	
Largo (n=4)	-0,92	**	0,85
Mediano (n=7)	-0,25	ns	
Pequeño (n=2)	-0,26	ns	

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

La correlación entre el rendimiento total y el porcentaje de sólidos solubles totales fue alta, negativa y altamente significativa, únicamente para el pepino largo ($r=-0,97$; $R^2=0,95$) (cuadro 15). En otros estudios esta correlación no fue significativa [9] [14].

Cuadro 15. Coeficientes de correlación de Pearson entre rendimiento total (kg/m²) y porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=13)	-0,27	ns	
Largo (n=4)	-0,97	**	0,95
Mediano (n=7)	-0,25	ns	
Pequeño (n=2)	-0,09	ns	

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

La correlación entre el peso del fruto y el rendimiento total fue alta, negativa y altamente significativa, únicamente para el pepino mediano ($r=-0,75$; $R^2=0,57$) (cuadro 16), pero fue alta, positiva y significativa únicamente para el pepino pequeño ($r=0,71$; $R^2=0,50$). En otros estudios se obtuvo una correlación positiva, y significativa o altamente significativa, entre estas características ($r=0,25-0,92$) [13] [7] [8] [5] [1] [17] [12] [9] [14] [15].

Cuadro 16. Coeficientes de correlación de Pearson entre peso del fruto (g) y rendimiento total (kg/m²).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=13)	0,06	ns	
Largo (n=4)	0,47	ns	
Mediano (n=7)	-0,75	**	0,57
Pequeño (n=2)	0,71	*	0,50

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

La correlación entre el peso del fruto y el rendimiento comercial fue alta, negativa y altamente significativa, únicamente para el pepino mediano ($r=-0,75$; $R^2=0,57$) (cuadro 17), pero fue alta, positiva y altamente significativa únicamente para el pepino pequeño ($r=0,88$; $R^2=0,78$). Un investigador halló una correlación alta, positiva y altamente significativa entre dichas características ($r=0,83$) [13].

Cuadro 17. Coeficientes de correlación de Pearson entre peso del fruto (g) y rendimiento comercial (kg/m²).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R ²)
Total (n=13)	-0,20	ns	
Largo (n=4)	0,51	ns	
Mediano (n=7)	-0,75	**	0,57
Pequeño (n=2)	0,88	**	0,78

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

La correlación entre la longitud del fruto y el rendimiento comercial fue alta, negativa y altamente significativa, únicamente para el pepino mediano ($r=-0,78$; $R^2=0,62$) (cuadro 18). Por el contrario, un autor encontró una correlación alta, positiva y altamente significativa entre estas características ($r=0,80$) [13].

Cuadro 18. Coeficientes de correlación de Pearson entre longitud del fruto (mm) y rendimiento comercial (kg/m^2).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R^2)
Total (n=13)	-0,31	*	
Largo (n=4)	0,18	ns	
Mediano (n=7)	-0,78	**	0,62
Pequeño (n=2)	0,69	ns	

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

La correlación entre longitud del fruto y rendimiento total fue alta, negativa y altamente significativa, únicamente para el pepino mediano ($r=-0,79$; $R^2=0,63$) (cuadro 19).

Cuadro 19. Coeficientes de correlación de Pearson entre longitud del fruto (mm) y rendimiento total (kg/m^2).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R^2)
Total (n=13)	-0,05	ns	
Largo (n=4)	0,27	ns	
Mediano (n=7)	-0,79	**	0,63
Pequeño (n=2)	0,56	ns	

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

De manera contraria, unos autores hallaron una correlación positiva y altamente significativa entre ambas variables ($r=0,38-0,92$) [13] [4] [10] [5] [8] [14], mientras que muchos autores encontraron una correlación no significativa [7] [17] [12] [9] [6] [18] [1] [15] [11].

La correlación entre el diámetro y la longitud del fruto fue alta, positiva y altamente significativa, únicamente para el pepino mediano ($r=0,86$; $R^2=0,75$) (cuadro 20), mientras que fue alta, negativa y altamente significativa únicamente para el pepino pequeño ($r=-0,94$; $R^2=0,88$).

Cuadro 20. Coeficientes de correlación de Pearson entre diámetro del fruto (mm) y longitud del fruto (cm).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R^2)
Total (n=13)	0,49	**	
Largo (n=4)	-0,29	ns	
Mediano (n=7)	0,86	**	0,75
Pequeño (n=2)	-0,94	**	0,88

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

Algunos investigadores encontraron una correlación positiva, y significativa o altamente significativa, entre ambas variables ($r=0,23-0,98$) [17] [4] [10] [14] [4] [13] [8] [1] [15] [5], mientras que otros hallaron un valor no significativo [6] [18] [7] [9].

La correlación entre el diámetro y el peso del fruto fue alta, positiva y altamente significativa, únicamente para el pepino mediano ($r=0,94$; $R^2=0,88$), mientras que fue negativa, alta y significativa únicamente para el pepino pequeño ($r=-0,76$; $R^2=0,58$) (cuadro 21).

Cuadro 21. Coeficientes de correlación de Pearson entre diámetro del fruto (mm) y peso del fruto (g).

Híbridos	Coeficiente de correlación (r)	Probabilidad (p)	Coeficiente de determinación de la regresión lineal (R^2)
Total (n=13)	0,39	**	
Largo (n=4)	-0,34	ns	
Mediano (n=7)	0,94	**	0,88
Pequeño (n=2)	-0,76	*	0,58

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

Otros investigadores hallaron también una correlación positiva, y significativa o altamente significativa, entre estas características ($r=0,21-0,74$) [16] [7] [15] [14] [5] [13] [8] [1] [9], mientras que unos autores obtuvieron una correlación no significativa [17] [12].

En comparación con otra investigación llevada a cabo en Costa Rica en la temporada seca [16], en el presente estudio se obtuvo un mayor número de correlaciones que fueron altas ($r \geq 0,66$) y significativas ($p \leq 0,05$), ya sea en el total de híbridos de pepino, o según el tipo de pepino. Las nueve correlaciones que solamente se destacaron durante la temporada lluviosa fueron obtenidas entre: diámetro del fruto y rendimiento total; diámetro del fruto y rendimiento comercial; rendimiento comercial y porcentaje de sólidos solubles totales; rendimiento total y porcentaje de sólidos solubles totales; peso del fruto y rendimiento total; peso del fruto y rendimiento comercial; longitud del fruto y rendimiento comercial; longitud del fruto y rendimiento total; y diámetro del fruto y longitud del fruto. Este hallazgo constituye un aporte importante al conocimiento, pues se comprueba que la temporada del año (seca o lluviosa) afecta los resultados de las correlaciones entre variables en pepino producido bajo invernadero, a través de la influencia de los factores climáticos sobre la fisiología de las plantas.

Conclusiones

Se obtuvieron ocho correlaciones de Pearson (evaluadas en los 13 híbridos) que fueron altas ($r \geq 0,66$) y con significancia estadística ($p \leq 0,05$), en cuyo caso se establecieron las regresiones lineales: longitud y peso del fruto ($r=0,99$); longitud del fruto y número de frutos por planta ($r=-0,79$); peso del fruto y número de frutos por planta ($r=-0,72$); diámetro del fruto y número de frutos por planta ($r=-0,79$); diámetro del fruto y rendimiento total ($r=-0,75$); diámetro del fruto y rendimiento comercial ($r=-0,84$); número de frutos por planta y rendimiento comercial ($r=0,76$); y rendimiento total y comercial ($r=0,95$). Además, se establecieron otras once correlaciones altas y con significancia estadística, según el tipo de pepino (largo, mediano o pequeño).

Se concluye que el tipo de pepino influye de forma importante en el valor de las correlaciones.

Agradecimientos

Se agradece a CONARE y a la Universidad de Costa Rica por el financiamiento de la investigación, y a Mario Monge por la revisión de la traducción al inglés del resumen.

Referencias

- [1] M. Golabadi, P. Golkar y A. Eghtedary, "Combining ability analysis of fruit yield and morphological traits in greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.)," *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 95, pp. 377-385, 2015.
- [2] L. C. Crosby, "Growth and consumer evaluation of *Cucumis sativus* L. cultivated in controlled environments," 2008.
- [3] Johnny's Selected Seeds, "Cucumber types and terminology," 2014. [Online]. Available: <http://www.johnny-seeds.com/assets/information/cucumbers-types-terminology-8989.pdf>.
- [4] M. A. Murtadha y T. A. Sanni, "Interaction effects of seasons and farming practices on correlation and path analysis of yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.)," *Journal of Ecobiotechnology*, vol. 10, pp. 21-24, 2018.
- [5] S. K. Deepa, H. P. Hadimani, C. N. Hanchinamani, R. Shet, S. Koulgi y Ashok, "Studies on character association in cucumber (*Cucumis sativus* L.)," *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 7, n° 11, pp. 1977-1982, 2018.
- [6] R. M. Shet, T. Shantappa, Ashok y S. B. Gurumurthy, "Genetic variability and correlation studies for productivity traits in cucumber (*Cucumis sativus* L.)," *International Journal of Chemical Studies*, vol. 6, n° 5, pp. 236-238, 2018.
- [7] A. Kumari, A. K. Singh, D. P. Moharana, A. Kumar y N. Kumar, "Character relationship and path coefficient analysis for yield and yield components in diverse genotypes of cucumber (*Cucumis sativus* L.)," *The Pharma Innovation Journal*, vol. 7, n° 5, pp. 33-38, 2018.
- [8] R. Veena, A. S. Sidhu, M. Pitchaimuthu y K. Souravi, "Character association for fruit yield and yield traits in Cucumber (*Cucumis sativus* L.)," *Electronic Journal of Plant Breeding*, vol. 4, n° 1, pp. 1108-1112, 2013.
- [9] S. Sharma, R. Kumar, S. Chatterjee y H. R. Sharma, "Correlation and path analysis studies for yield and its attributes in cucumber (*Cucumis sativus* L.)," *International Journal of Chemical Studies*, vol. 6, n° 2, pp. 2045-2048, 2018.
- [10] C. O. Ene, P. E. Ogbonna, C. U. Agbo y U. P. Chukwudi, "Evaluation of sixteen cucumber (*Cucumis sativus* L.) genotypes in derived savannah environment using path coefficient analysis," *Notulae Scientia Biologicae*, vol. 8, n° 1, pp. 85-92, 2016.
- [11] U. Afangideh y E. A. Uyoh, "Genetic variability and correlation studies in some varieties of cucumber (*Cucumis sativus* L.)," *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, vol. 3, n° 4, pp. 376-384, 2007.
- [12] C. S. Ahirwar, D. K. Singh y M. L. Kushwaha, "Assessment of genetic variation in cucumber (*Cucumis sativus* L.) germplasm on correlation, path analysis and cluster analysis," *Chemical Science Review and Letters*, vol. 6, n° 23, pp. 1886-1893, 2017.
- [13] C. N. Hanchinamani, "Genetic variability, divergence, heterosis and combining ability studies in cucumber (*Cucumis sativus* L.)," University of Agricultural Sciences, Dharwad, India, 2006.
- [14] S. Pal, H. R. Sharma, A. Das y A. K. Pandav, "Character association and path analysis for fruit yield and its contributing traits in cucumber (*Cucumis sativus* L.)," *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, vol. 10, n° 2, pp. 163-170, 2017.
- [15] M. Z. Ullah, M. J. Hasan, A. Z. M. K. A. Chowdhury, A. I. Saki y A. H. M. A. Rahman, "Genetic variability and correlation in exotic cucumber (*Cucumis sativus* L.) varieties," *Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics*, vol. 25, n° 1, pp. 17-23, 2012.
- [16] K. Chacón-Padilla y J. E. Monge-Pérez, "Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: correlaciones entre variables," *Revista Posgrado y Sociedad*, vol. 18, n° 2, pp. 53-70, 2020.
- [17] G. E. Nwofia, A. N. Amajuoyi y E. U. Mbah, "Response of three cucumber varieties (*Cucumis sativus* L.) to planting season and NPK fertilizer rates in lowland humid tropics: sex expression, yield and inter-relationships between yield and associated traits," *International Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 5, n° 1, pp. 30-37, 2015.
- [18] A. Soleimani, A. Ahmadihah y S. Soleimani, "Performance of different greenhouse cucumber cultivars (*Cucumis sativus* L.) in southern Iran," *African Journal of Biotechnology*, vol. 8, n° 17, pp. 4077-4083, 2009.