

Componentes principales, correlaciones, análisis de sendero y algunos descriptores en genotipos de melón (*Cucumis Melo* L.)

Principal components, correlations, path analysis and some descriptors in melon (*Cucumis Melo* L.) genotypes

Fernando Borrego-Escalante^{1*}, Sergio Luis López-Tejeda¹, Alfonso López-Benítez¹, Adalberto Benavides-Mendoza¹ y María Margarita Murillo-Soto¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315. Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: fborregoe9@gmail.com (*Autor responsable)

RESUMEN

En México, la producción de melón en 2018 fue de aproximadamente 595 000 toneladas. Ante un mercado cada vez más exigente, los productores de melón han optado por sembrar variedades híbridas, que tienen mayores costos de producción. El objetivo de esta investigación fue identificar los genotipos con mayor valor de rendimiento y calidad, y así determinar si existe una relación entre el rendimiento y calidad de fruto. Con este propósito se utilizaron cinco líneas y un testigo (híbrido Cruiser), y un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y se evaluaron 12 variables, recomendadas como descriptores. Para el análisis de datos se realizó un análisis de componentes principales, un análisis de correlaciones y uno de sendero. En el análisis de componentes principales, el CP1 explica 53.85% de la varianza y el CP2 25.97 por ciento. Se encontraron dos grupos altamente correlacionados positivamente: el primero fue entre las variables peso de fruto (PESO), diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP), espesor de la pulpa (EP) y diámetro polar de la cavidad (DPC). En el segundo grupo se encuentran las variables sabor (SAB) y grados brix (BRIX). En el análisis de sendero, la variable PESO mostró un efecto directo alto positivo, mientras que las variables DP y EP tuvieron valores altos negativos. La variable BRIX presentó un valor de coeficiente alto negativo y la variable SABOR un coeficiente alto positivo. El análisis de sendero mostró que la variable PESO es un buen indicador para calcular el rendimiento. De acuerdo con el análisis de sendero, para las variables BRIX y SABOR se recomienda establecer otro método para el cálculo de los azúcares.

Palabras clave: azúcares, grupos, positivo, rendimiento, variables.

ABSTRACT

In Mexico, melon production in 2018 was approximately 595 000 t. Faced with an increasingly demanding market, melon producers have chosen to plant hybrid varieties, which have higher production costs. The objective of this research was to identify the genotypes with the highest yield and quality value, and thus determine if there is a relationship between yield and fruit quality. For this purpose, five lines and one control (Cruiser hybrid) were used, and a random complete block design with three repetitions and 12 variables, recommended as descriptors, were evaluated. For data analysis, a principal component analysis, a correlation analysis and a path analysis were performed. In principal component analysis, CP1 accounts for 53.85% of the variance and CP2 25.97%. Two groups were found highly positively correlated: the first was between the variables fruit weight (WEIGHT), equatorial diameter (DE), polar diameter (DP), pulp thickness (EP) and polar cavity diameter (CPD). In the second group are the variables flavor (SAB) and degrees brix (BRIX). In the path analysis, the variable PESO showed a positive high direct effect, while the DP and EP variables had high negative values. The BRIX variable presented a negative high coefficient value and the SABOR variable a positive high coefficient. Trail analysis showed that the PESO variable is a good indicator for calculating performance. According to the path analysis, for the variables BRIX and SABOR it is recommended to establish another method for the calculation of sugars.

Key words: groups, positive, sugars, variables, yield.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de melón es de aproximadamente 28 millones de toneladas anuales, mientras que, en México, en 2018 fue de alrededor de 595 000 t en 19 000 ha, con un rendimiento promedio de 31.36 t por hectárea y un valor de la producción de 2 900 millones de pesos (SIAP, 2018). En el mundo, México se ubica en el octavo lugar, con una participación de 2.2% (FAO). El melón es un cultivo importante económicamente que se produce ampliamente en regiones con temperatura tropical (Fernández-Trujillo *et al.*, 2011).

A través de los años, los productores de melón han cambiado las variedades por híbridos, y las exigencias de calidad por parte de las cadenas comerciales han provocado un rechazo de entre 30 y 40% de sus cosechas, debido a que no alcanzan los estándares de calidad exigidos. Las principales ventajas que ofrece la semilla híbrida son: tamaño de fruto más grande, mayor resistencia a enfermedades fúngicas y obtención de cosechas más rápidas. El cultivo de melón requiere, para un mayor rendimiento, clima seco y temperaturas diurnas y nocturnas altas, entre 40 y 20° centígrados, respectivamente. Sin embargo, cuando se siembra en estas condiciones, debido a la oferta y demanda, el precio disminuye, a veces al grado de no que no se recuperan los costos de producción. El agricultor, para obtener cosechas con un mejor precio de venta, puede sembrar en febrero, pero requiere cuidar el cultivo de las bajas temperaturas; también puede sembrar en junio, pero con condiciones climáticas que propician menores rendimientos y mayor presencia de plagas y enfermedades, por lo que se necesitan variedades adaptadas a las condiciones subóptimas de siembras tardías. El objetivo en esta investigación es identificar los genotipos con mayor valor de rendimiento y calidad, además de determinar si existe una relación entre el rendimiento y calidad de fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron cinco líneas y un testigo (híbrido Cruiser). Las líneas pertenecen al programa de mejoramiento de melón, del área de fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). La investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano 2018, en un lote experimental perteneciente a la UAAAN, institución que se ubica al sur de Saltillo,

Coahuila, a 25°, 21' 19.29" latitud N, y 101° 01' 49.07" longitud W, con una altitud de 1 777 msnm.

Para realizar la investigación se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, y para el análisis de datos, primero se llevó a cabo un análisis de componentes principales con el programa estadístico SAS V9.0, con el cual primero se hizo una estandarización sobre las variables originales con media 0 y varianza 1, lo que equivale a tomar los componentes principales de la matriz de correlaciones. El análisis de correlaciones y sendero se realizó de igual manera con el programa estadístico SAS V9.0, para el cual se utilizaron los coeficientes de Pearson, que miden el grado de relación entre variables. Para el análisis de sendero se utilizaron los valores obtenidos en el de correlaciones, después de lo cual se definió una matriz de correlaciones (A) entre las variables: peso (PESO), diámetro ecuatorial del fruto (DE), diámetro polar del fruto (DP), malla (MAL), color de pulpa (CP), espesor de pulpa (EP), espesor de la cáscara (EC), diámetro ecuatorial de la cavidad del fruto (DEC), diámetro polar de la cavidad del fruto (DPC), grados brix (BRIX) y sabor (SAB), además de un vector de correlaciones (R) entre las variables anteriormente mencionadas y la variable rendimiento (REN). Para obtener los coeficientes de sendero (b) se utilizó la siguiente operación matricial: $b = A^{-1} * R$, y para lograr la matriz de efectos directos e indirectos (E) se utilizó la siguiente operación matricial: $E = A * \text{diag}(C)$.

Se evaluaron 12 variables: tres cualitativas y nueve cuantitativas. Las variables cualitativas se midieron en base a los siguientes estándares (IPGRI, 2003): MAL 1 = liso, 2 = ligeramente liso, 3 = malla abierta, 4 = malla intermedia, 5 = malla cerrada; CP 1 = amarillo, 2 = salmón, 3 = naranja pálido, 4 = naranja intermedio, 5 = naranja intenso; SABOR 1 = amargo, 2 = ligeramente amargo, 3 = ligeramente dulce, 4 = dulce, 5 = muy dulce.

Las variables cuantitativas: DP, DE, EC, EP, DEC y DPC se midieron con una cinta métrica, y el valor de la variable PESO con una balanza de resorte. Para el cálculo de la variable BRIX se utilizó un refractómetro marca Atago.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se pueden observar dos grupos de componentes altamente correlacionados; en uno se encuentran las variables PESO, DP y DE, en otro, las

variables SABOR, MAL, DEC y BRIX. De acuerdo con los valores obtenidos en el Cuadro 1, el componente principal 1, que explica un 53.85% de la varianza, presenta alta contribución con valores positivos por las variables PESO, DEF, DPF y DPC, las cuales están relacionadas con la variable REN. El componente principal 2, explica un 25.97% de la varianza, mayormente con valores positivos, por las variables CP, BRIX y SABOR.

De acuerdo con el Cuadro 2, las correlaciones para la variable PESO es altamente significativa con las variables DE, DP, EP y DPC. La variable DE es altamente significativa en la correlación con las va-

riables PESO, DP, EP, DEC y DPC. La variable DP es significativa y está correlacionada positivamente con las variables PESO, DE, EP y DPC. En la variable EP, las variables PESO, DE, DP son altamente significativas y están correlacionadas positivamente, mientras que la variable DPC es significativa y está correlacionada positivamente con las variables PESO, DP, DE y EP. Las variables SABOR y BRIX presentan correlación entre sí.

El Cuadro 3 muestra los efectos directos e indirectos sobre la variable rendimiento. En la variable PESO, el coeficiente directo de sendero es alto y positivo. Los coeficientes para las variables DP y EP

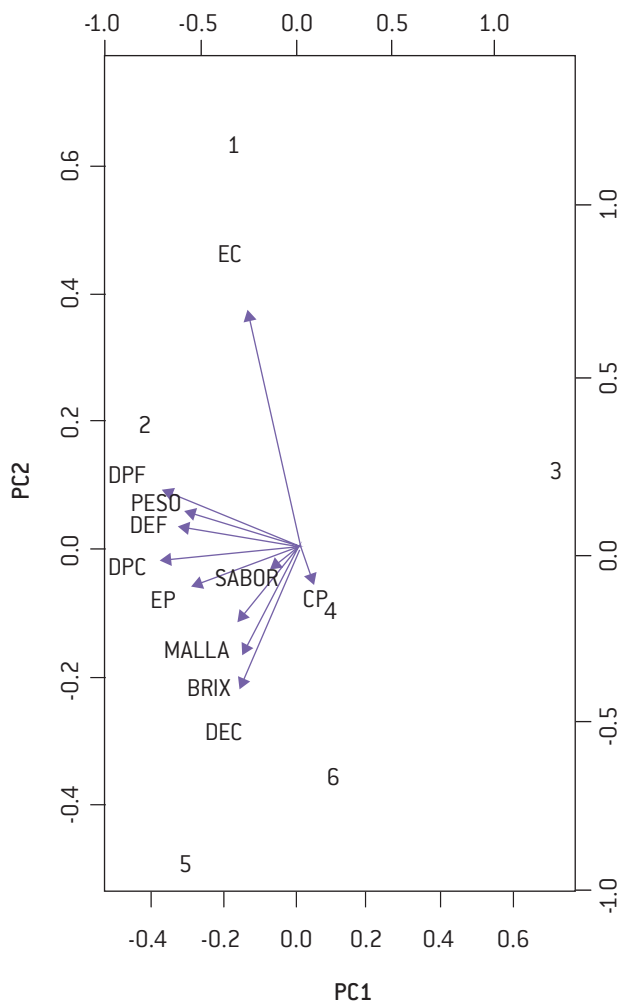


Figura 1. Biplot de análisis de componentes principales en las variables de rendimiento y calidad de fruto.

Cuadro 1. Contribución relativa de las variables analizadas en cinco componentes principales en seis genotipos de melón (*Cucumis Melo* L.).

Var	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
PESO	0.3760	-0.2024	-0.0231	-0.2515	-0.1651
DEF	0.3887	-0.1374	0.0162	-0.2068	-0.3539
DPF	0.3833	-0.1975	0.0868	-0.1080	-0.0519
MAL	0.2299	-0.0481	-0.6605	0.0773	0.5751
EC	0.1077	-0.4429	0.4893	0.1927	0.2389
CP	-0.1161	0.5299	0.1646	0.3532	-0.1027
EP	0.3318	-0.0101	-0.1982	0.6395	-0.4450
DEC	0.2814	0.3972	-0.1731	-0.2469	0.0021
DPC	0.3717	0.0452	0.1543	0.4411	0.3340
BRIX	0.2867	0.4098	0.0974	-0.1716	-0.0857
SABOR	0.2701	0.3065	0.4316	-0.1430	0.3598
EXPL. VAR.	5.9235	2.8571	1.4070	0.6226	0.1898
PRP. TOTAL	0.5385	0.2597	0.1279	0.0566	0.0173

CP= componentes principales, DEF= diámetro ecuatorial del fruto, DPF= diámetro polar del fruto, EC= espesor de la cáscara, CP= color de la pulpa, EP= espesor de la pulpa, DEC= diámetro ecuatorial de la cavidad, DPC= diámetro polar de la cavidad.

mostraron valores directos negativos altos y las variables DE, MAL, EC, CP y DPC coeficientes muy bajos, por lo que no afectan al rendimiento. En las variables DP y EP se obtuvieron coeficientes directos altos negativos, mientras que en la variable BRIX el coeficiente directo es negativo y en la variable SABOR es positivo.

En el análisis de componentes principales, el CP1 podría llamarse características relacionadas con el rendimiento y el CP2 características relacionadas con la calidad de fruto. El objetivo del análisis es reducir la dimensionalidad en la cual se expresa el conjunto original de variables (Peña, 2002). La alta correlación encontrada entre la variable PESO y las variables DE, DP, EP y DPC puede indicar que existe una correlación genética entre estas variables debido a diferencias en la absorción del potasio (K), que influye en las variables que determinan la calidad del fruto, como lo son: peso promedio del fruto, diámetro ecuatorial, grosor de pulpa, contenido de sólidos solubles totales, firmeza del fruto, contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante (Preciado *et al.*, 2018). La dulzura (altamente correlacionada con el contenido

de azúcares), que es el atributo más importante correlacionado con el sabor y las preferencias globales del consumidor de melón, puede explicar la correlación entre las variables SAB y BRI (Lester y Shellie, 1992). De acuerdo con el análisis de sendero, en el que la variable PESO mostró un efecto directo alto positivo y las variables DP y EP tuvieron valores negativos altos, podría indicar que, a mayor peso de los frutos, mayor rendimiento, y a mayor valor de diámetro polar y espesor de la pulpa, menor rendimiento. La variable BRIX presentó un valor de coeficiente alto negativo y la variable SABOR un coeficiente alto positivo. Los resultados anteriores entran en una contradicción, ya que a mayor número de grados Brix, mayor es el sabor; una explicación a lo anterior podría ser que el método que se usa para medir azúcares es inadecuado. El refractómetro determina la concentración de sólidos disueltos (sobre todo sacarosa); en las frutas, el azúcar que potencializa el sabor es la fructosa. La explicación a los resultados obtenidos de las variables BRIX y SABOR, en el análisis de sendero sería que la variable SABOR es mejor determinante sobre el rendimiento, en comparación con la variable BRIX.

Cuadro 2. Matriz de correlaciones fenotípicas de las variables estudiadas para seis genotipos de melón.

Variable	REND	PE	DE	DP	MAL	EC
REND	1.00	0.99*	0.51	0.48	0.62	0.44
PESO	0.99*	1.00	0.95*	0.96*	0.34	0.00
DE	0.51	0.95*	1.00	0.95*	0.33	0.01
DP	0.48	0.96*	0.95*	1.00	0.33	0.05
MAL	0.62	0.34	0.33	0.33	1.00	0.08
EC	0.44	0.00	0.01	0.05	0.08	1.00
CP	0.21	0.38	0.43	0.36	0.42	-0.07
EP	0.41	0.76*	0.77*	0.75*	0.33	-0.05
DEC	0.00	0.55	0.59	0.52	0.00	-0.19
DPC	0.31	0.85*	0.81*	0.91*	0.26	0.09
BRIX	-0.10	0.25	0.30	0.23	0.41	-0.10
SABOR	0.16	0.26	0.31	0.24	0.33	-0.02

Variable	CP	EP	DEC	DPC	BRIX	SABOR
REND	0.21	0.41	0.00	0.31	-0.10	0.16
PE	0.38	0.76*	0.55	0.85*	0.25	0.26
DE	0.43	0.77*	0.59	0.81*	0.30	0.31
DP	0.36	0.75*	0.52	0.91*	0.23	0.24
MAL	0.42	0.33	0.00	0.26	0.41	0.33
EC	-0.07	-0.05	-0.19	0.09	-0.10	-0.02
CP	1.00	0.38	0.18	0.26	0.60	0.64
EP	0.38	1.00	0.23	0.65*	0.25	0.22
DEC	0.18	0.23	1.00	0.51	0.10	0.18
DPC	0.26	0.65*	0.51	1.00	0.11	0.14
BRIX	0.60*	0.25	0.10	0.11	1.00	0.69*
SABOR	0.64*	0.21	0.18	0.14	0.69*	1.00

*Significancia al 0.05%; REND= rendimiento; PE= peso; DE= diámetro ecuatorial; DP= diámetro polar; MAL= malla; EC= espesor de la cascara; CP= color de la pulpa; EP= espesor de la pulpa; DEC= diámetro ecuatorial de la cavidad; DEP= diámetro polar de la cavidad; BRI= °Brix; SAB= sabor.

CONCLUSIONES

El análisis de sendero mostró que la variable peso es un buen indicador para calcular el rendimiento, no así las variables de diámetro ecuatorial y polar del fruto, donde se recomienda establecer un rango. De

acuerdo con el análisis de sendero para las variables BRIX y SABOR, se recomienda establecer otro método para el cálculo de los azúcares, y compararlos con el que se realizó en este experimento.

Cuadro 3. Análisis de sendero.

Variable	PESO	DE	DP	MAL	EC	CP
PESO	1.96	0.01	-0.77	0.02	0.00	0.02
DE	1.91	0.01	-0.77	0.02	0.00	0.03
DP	1.91	0.01	-0.79	0.02	-0.01	0.03
MAL	0.16	0.01	-0.33	0.04	0.00	0.03
EC	0.29	0.00	-0.19	0.01	-0.02	0.01
CP	0.06	0.00	-0.24	0.01	0.00	0.08
EP	1.68	0.01	-0.66	0.02	0.00	0.03
DEC	0.75	0.01	-0.24	0.01	0.01	0.02
DPC	1.76	0.01	-0.75	0.02	0.00	0.02
BRIX	0.03	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.04
SABOR	-0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05

Variable	EP	DEC	DPC	BRIX	SABOR
PESO	-0.21	-0.07	0.03	0.00	-0.01
DE	-0.21	-0.07	0.03	-0.01	0.00
DP	-0.21	-0.06	0.03	-0.01	0.00
MAL	-0.13	-0.03	0.01	-0.02	0.03
EC	-0.04	0.10	0.01	0.03	0.04
CP	-0.08	-0.05	0.01	-0.10	0.16
EP	-0.25	-0.02	0.02	0.03	-0.06
DEC	-0.02	-0.19	0.01	-0.07	0.08
DPC	-0.20	-0.05	0.03	-0.01	0.01
BRIX	0.04	-0.07	0.00	-0.20	0.19
SABOR	0.05	-0.06	0.00	-0.14	0.27

REND= rendimiento; PE= peso; DE= diámetro ecuatorial; DP= diámetro polar; MAL= malla; EC= espesor de la cascara; CP= color de la pulpa; EP= espesor de la pulpa; DEC= diámetro ecuatorial de la cavidad; DEP= diámetro polar de la cavidad; BRI= °Brix; SAB= sabor.

LITERATURA CITADA

- FAO (2018). FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2019.
- FERNANDEZ TRUJILLO, J. P., B. Pico, J. G. Mas, J. M. Álvarez and A. J. Monforte (2011). Breeding for Fruit Quality in Melon. In: Breeding for fruit quality (ed) Wiley-Blackwell. In Iowa USA. pp. 261-278.
- IPGRI. 2003. Descriptors for Melon (*Cucumis melo* L.). International Plant Genetic Resources. Institute, Rome, Italy. ISBN 92-9043-597-7
- LESTER G. and K. C. Shellie et al. Postharvest (1992). Sensory and Physicochemical Attributes of Honey Dew Melon Fruit. Journal of American Society for Horticultural Science. 27: 1012-101.
- PEÑA DANIEL (2002). Regresión y diseño de experimentos. Madrid, España: Editorial Alianza.
- PRECIADO, P. R., L. P. Salas, M. A. Gallegos Robles, F. H. Ruiz Espinoza, A. V. Ayala Garay, M. H. Fortis y B. A. Murillo (2018). Dosis crecientes de Potasio incrementan el rendimiento y calidad de frutos de melón en invernadero. Revista de Horticultura Brasileira 36.
- SIAP. 2018. Anuario estadístico de la producción agrícola. [en línea]. www.siap.cultivo/melon/2018.