

CORRELACIONES Y COEFICIENTES DE TRAYECTORIA EN AJONJOLI (*Sesamum indicum* L.)*

Manuel Delgado**

RESUMEN

Durante 1990 y 1991 se llevaron a cabo en la Colonia Agrícola Turén, estado Portuguesa, tres ensayos con la finalidad de evaluar los siguientes nueve cultivares de ajonjolí: Ciclo OP-20, Ciclo OP-26, L-7041, Píritu, ICA-Ambalá, ICA-609, Aceitera-M, Chino Rojo y M-1074-121-12. Los datos tomados fueron usados para calcular los coeficientes de correlación y de trayectoria entre el rendimiento por planta y sus componentes. Los resultados indicaron que los componentes más fuertemente relacionados con el rendimiento fueron el número de frutos por planta y el peso de las semillas, con un efecto mayormente directo, de acuerdo a los coeficientes de trayectoria calculados. Otras correlaciones importantes fueron las de altura de planta y longitud de fructificación con el número de frutos por planta, a través del cual tuvieron una importante influencia indirecta sobre el rendimiento por planta.

Palabras claves: Correlaciones, coeficiente de trayectoria, ajonjolí.

SUMMARY

Correlations and path coefficients in sesame (*Sesamum indicum* L.)

Correlations and path coefficients in sesame. During 1990 and 1991, three trials were carried out, in the Colonia Agrícola Turén. Portuguesa state, in order to evaluate the following sesame cultivars: Ciclo OP-20, Ciclo OP-26, L-7041, Píritu, ICA-Ambalá, ICA-609, Aceitera-M, Chino Rojo and M-1074-121-12. The data were used to calculate the correlation coefficients and the path coefficients, between yield per plant and its components. The result obtained indicated that the most strong correlations exist between number of pods per plant and seed weight twith seed plant yield, whose effect is mainly direct, according to the path coefficient analysis. Other strong correlations exist between plant height and length of fruiting with number pods per plant, through wich they have an important indirect effects over yield per plant.

Key words: Correlations, path coefficient, sesame.

INTRODUCCION

En el ajonjolí, a la par del rendimiento por unidad de superficie y el rendimiento por planta, es necesario evaluar otras características que pudieran estar asociadas con el rendimiento. El estudio de sus relaciones a través de los coeficientes de correlación y de trayectoria, indicaría en que medida éstas influyen sobre el rendimiento, la naturaleza de las relaciones y hasta que grado se compensan unas con otras.

Los valores de los coeficientes de correlación obtenidos por diferentes autores son muy diversos y

hasta contradictorios, debido posiblemente a la diversidad de los genotipos estudiados y a la interacción genotipo x ambiente. Así tenemos que las correlaciones positivas y significativas más fuertes con el rendimiento las tienen, en orden de importancia, el número de cápsulas por planta, la longitud de los frutos y el peso de las semillas, (Delgado y Yermanos ,1975; Gupta y Labana, 1983; Layrisse ,1976; Osman ,1986; Mohamed y Doraira, 1964; Osman y Khidir ,1974;Yadava et al., 1980; Palaniswamy et al., 1978; Chavan y Chopde, 1981). La revisión realizada por Montilla et al. (1990) confirman estas aseveraciones y además indican que las correlaciones entre la

* Parte del proyecto 03-7A-91 financiado por el CDCHT-UCLA.

** Profesor Posgrado de Fitopatología, Decanato de Agronomía, UCLA. Apartado 400, Barquisimeto, Venezuela.

altura de las plantas, la longitud de la fructificación, la altura hasta el primer fruto y el peso de las semillas con el rendimiento varían tanto en signo como en grado de significación.

Las relaciones entre otras características distintas al rendimiento han sido menos estudiadas; sin embargo, se pueden mencionar las siguientes informaciones, la altura de la planta está negativa y significativamente correlacionada con el peso de 1000 semillas, según Osman y El Gizouli (1970); pero positiva y significativamente correlacionada con las siguientes otras características: número de semillas por fruto, número de frutos por planta y altura del primer fruto (Chavan y Chopde, 1981; Osman y El Gizouli, 1970; Angarita, 1962). La longitud del fruto está positiva y significativamente correlacionada con el número de frutos por planta y el número de semillas por fruto, de acuerdo a Chavan y Chopde (1981) y López y Mazzani (1964).

Los coeficientes de correlación son una medida importante de la asociación entre caracteres; sin embargo, no siempre indican la contribución relativa de los componentes del rendimiento, la cual puede ser estimada a través de los coeficientes de trayectoria, ya que un componente puede ser discriminado entre su efecto directo y su efecto indirecto a través de otros componentes con los cuales está relacionado (Dewey y Lu, 1959). El uso de este método requiere de una situación de causa-efecto entre las variables, la cual puede ser establecida por el investigador de acuerdo a la evidencia experimental.

En ajonjolí, esa compleja asociación del rendimiento con sus componentes ha sido estudiada por varios autores. Chavan y Chopde (1981) indican que el mayor efecto positivo directo sobre el rendimiento lo tiene la longitud de las cápsulas y en menor grado el número de cápsulas por planta; mientras que el número de semillas por cápsula tiene un efecto directo negativo, pero positivo indirecto a través de la longitud de las cápsulas. Osman (1989) en un estudio de coeficientes de trayectoria en combinaciones androestériles por androfértiles, concluye que el número de cápsulas por planta y el número de semillas por cápsula en la generación F1 y el número de cápsulas por plantas en los padres, fueron los más importantes contribuyentes directos al rendimiento. El Hassan (1988), indica que la altura y el número de cápsulas por planta ejercen la mayor influencia directa positiva sobre el rendimiento. Para variedades ramificadas, también señala este autor la gran importancia del número de ramas primarias, la

longitud de las mismas y el número de cápsulas por planta como criterios de selección en función del rendimiento. Así mismo, con relación a variedades ramificadas, Palaniswamy et al. (1978) informan que la longitud de las ramas primarias muestra el mayor efecto positivo directo sobre el rendimiento, seguido del número de ramas primarias.

Destaca de nuevo la importancia del efecto directo del número de frutos por planta sobre el rendimiento. Posiblemente la influencia positiva de la altura de las plantas, el número y longitud de las ramas está asociada al rendimiento a través de la longitud de fructificación, el cual es un factor analizado en este estudio.

MATERIALES Y METODOS

El material experimental estuvo constituido por nueve cultivares identificados como Ciclo OP-20, Ciclo OP-26, L-7041, Píritu, Ica-Ambalá, Ica-609, Aceitera-M, Chino Rojo y M-1074-121-12. Para el análisis del rendimiento y sus componentes se analizaron tres ensayos, llevados a cabo, uno en 1990, en el campo experimental del FONAIAP, adyacente al centro poblado de la Colonia Agrícola Turén, estado Portuguesa (Ambiente 1) y otros dos en 1991 en sendas parcelas comerciales, la primera (Ambiente 2), situada a 15 km del centro poblado mencionado y la otra (Ambiente 3) a 3 km del mismo centro. Los ensayos fueron sembrados siguiendo un diseño de bloques completos al azar con cuatro replicaciones, utilizando parcelas de dos hileras de seis metros de largo y distancia de 0,60m. El área efectiva de cada unidad experimental fue de 6m² y la población resultante fue equivalente, en promedio a 300.000 plantas/ha. Mayores detalles sobre los experimentos y los cultivares fueron informados por el autor en otro trabajo (Delgado, 1993).

A los efectos del análisis de los componentes de rendimiento, de sus correlaciones y coeficientes de trayectoria, en cada unidad experimental se tomaron al azar diez plantas, a las cuales se le evaluaron las siguientes características: altura total de la planta (AP), en cm; altura hasta el primer fruto (APF), en cm; longitud de fructificación (LCF), en cm; número de frutos por planta (FPP); longitud de los frutos (LF), tomada de una muestra de cinco cápsulas de la parte media de fructificación, en cm; número de semillas por fruto (SPF), en base a la muestra anterior; peso de 1000 semillas (PMS), en g y rendimiento por planta (RPP) en g. Se analizó también el

rendimiento por parcela (RPPa) en g. Se calcularon los coeficientes de correlación fenotípica entre todas las características evaluadas en cada ensayo separadamente, con la finalidad de tener una idea de como esas correlaciones podrían estar influenciadas por el ambiente y cuales de ellas mostraban valores más o menos similares en todos los ensayos y tomarlas en cuenta para análisis adicionales. Con el conjunto de datos de los tres ensayos se recalculó el coeficiente de correlación entre todas las variables excepto rendimiento por parcela. Adicionalmente se calcularon estos coeficientes removiendo el efecto de ambiente y replicación, estimando que este cálculo representa las correlaciones genotípicas.

Los coeficientes de trayectoria fueron calculados para aquellas variables que mostraron los valores de correlación más altos con el rendimiento y que además, han sido señalados por otros autores como los que más contribuyen al rendimiento de semillas por planta. Las variables incluidas en este análisis fueron la altura de las plantas, la longitud de fructificación, el número de frutos por planta y el peso de 1.000 semillas. Los cálculos fueron realizados siguiendo el método diseñado por Dewey y Lu (1959) y Mariotti (1986).

RESULTADOS Y DISCUSION

Correlaciones.

Los resultados de calcular los coeficientes de correlación fenotípica simples entre todas las características estudiadas en los tres ensayos y de los datos combinados de todos ellos son mostrados en los Cuadros 1 y 2, respectivamente. En el segundo caso se incluye una estimación de las correlaciones genotípicas, valores que fueron posteriormente utilizados para el cálculo de los coeficientes de trayectoria.

El RPPa está consistentemente correlacionado positiva y significativamente con el RPP, al igual que con LCF y FPP. La correlación con PMS es muy alta, positiva y significativamente en todos los análisis excepto para el ambiente identificado como ROMANO 91. Esto posiblemente se deba a que en este ambiente no se detectaron diferencias significativas entre cultivares y esa falta de variabilidad pudo afectar las correlaciones en cierto grado. SPF, de acuerdo a los coeficientes de correlación observados, no parece ser una característica que influya de manera importante en el rendimiento por planta en este grupo de cultivares, mientras que otros autores indican su correlación significativa y positiva (Osman y

Khidir, 1974; Delgado y Yermanos, 1975). La AP sólo estuvo positiva y significativamente correlacionada con el RPP en dos de los ensayos individualmente analizados. La AP sólo estuvo positiva y significativamente correlacionada con el RPP en dos de los ensayos individualmente analizados. La LF tampoco muestra una correlación consistente con el RPP, alcanzando significación en un solo ensayo, ROMANO 91 y en el análisis conjunto donde se considera sólo la fuente de variación varietal. Por lo antes expuesto, para el análisis de coeficientes de trayectoria se escogieron en primer lugar las características FPP, LCF y PMS.

Otras correlaciones importantes a discutir son las que tienen el resto de las características evaluadas con las tres últimas mencionadas. La correlación entre FPP y LCF es altamente significativa y positiva en todos los casos, igualmente FPP está positivamente correlacionada con AP, aunque en el ensayo ROMANO 91 no alcanzó nivel significativo. LCF está positiva y significativamente correlacionada con AP en todos los análisis, razón por la cual incluimos esta última en el análisis de los coeficientes de trayectoria, porque su relación con el rendimiento podría ser importante, más por su efecto indirecto que por su relación directa. El PMS, aparte de su correlación positiva y significativa con el RPP, no está consistentemente correlacionada con otras características y más bien los datos calculados resultan contradictorios, porque pasan desde negativos en unos casos hasta positivos y significativos en otros. El análisis combinado de los experimentos indica que en estos cultivares el PMS sólo tendría correlación significativa con número de FPP.

Lo discutido en los párrafos anteriores permite expresar que, sólo algunas de las correlaciones estudiadas merecen especial atención, por su alta significación y consistencia a través de los varios análisis realizados, confirmándose la necesidad de ahondar en la naturaleza de esas relaciones, especialmente con el RPP.

Coefficientes.

El cálculo de los coeficientes de trayectoria en este estudio se obtuvo mediante la solución simultánea de las ecuaciones siguientes, las cuales expresan la interrelación entre la correlación y los coeficientes de trayectoria.

1. $r_{xy} = P_{xy} + r_{wx}P_{wy} + r_{zx}P_{zy} + r_{vx}P_{vy}$
2. $r_{wy} = r_{wx}P_{xy} + P_{wy} + r_{wz}P_{zy} + r_{vw}P_{vy}$
3. $r_{zy} = r_{zx}P_{xy} + r_{zw}P_{wy} + P_{zy} + r_{vz}P_{vy}$

Delgado

Coeficientes y correlaciones en ajonjolí

$$4. r_{vy} = r_{vx}P_{xy} + r_{vw}P_{wy} + r_{vz}P_{zy} + P_{vy}$$

$$R^2 = r_{xy}P_{xy} + r_{wy}P_{wy} + r_{zy}P_{zy} + r_{vy}P_{vy}$$

Las características utilizadas en este análisis de relación causa efecto fueron el rendimiento (y) como efecto, frutos por planta (z), peso de 1000 semillas (v), longitud de fructificación (w) y altura de plantas (x). Las correlaciones entre las dos primeras características y el rendimiento fueron consistentemente muy altas y positivas en todos los análisis realizados. Son además estos componentes, los mencionados por la mayoría de los autores como los que más contribuyen al rendimiento por planta. La LCF también mostró una correlación positiva y significativa con rendimiento en los tres ensayos y en el análisis combinado. La AP se incluyó porque a pesar de no mostrar una correlación significativa en todos los casos, sí mostró una alta correlación con LCF, característica

altamente correlacionada con FPP y RPP y, su efecto indirecto a través de estos componentes fácilmente medible en el campo al igual que APF, a partir de las cuales se calcula la LCF.

El resultado del análisis se resume en el Cuadro 3, en el cual se indica la influencia relativa de cada característica estudiada sobre el rendimiento por planta mediante sus efectos directos e indirectos. En el mismo se destaca que la mayor influencia directa la tiene el número de frutos por planta, seguido por el peso de las semillas, mientras que el mayor efecto indirecto lo tiene la longitud de fructificación a través del número de frutos por planta, característica esta última a través de la cual el peso de las semillas ejerce también un efecto indirecto relativamente importante.

Cuadro 1. Coeficiente de correlación simple entre nueve características de nueve cultivares de ajonjolí en tres ambientes de la colonia agrícola Turén, estado Portuguesa.

Ambiente	Caract.	Características							
		AP	APF	LCF	FPP	LF	SPF	PMS	RPP
1	APF	0,83*							
2		0,27 NS							
3		0,81*							
1	LCF	0,40*	-0,01 NS						
2		0,70*	-0,26 NS						
3		0,44*	0,04 NS						
1	FPP	0,07 NS	-0,19 NS	0,66*					
2		0,52*	-0,20 NS	0,83*					
3		0,38*	0,13 NS	0,82*					
1	LF	0,66*	0,64*	0,24 NS	0,08 NS				
2		0,27 NS	0,69*	0,01 NS	0,18 NS				
3		0,56*	0,67*	0,18 NS	0,32 NS				
1	SPF	0,54*	0,48*	0,29 NS	0,11 NS	0,45*			
2		0,43*	0,67*	0,03 NS	0,11 NS	0,71*			
3		0,46*	0,66*	0,01 NS	0,15 NS	0,81*			
1	PMS	-0,50*	-0,34*	-0,01 NS	0,30 NS	-0,04 NS	-0,21 NS		
2		-0,51*	0,26 NS	-0,35*	-0,27 NS	0,20 NS	0,17 NS		
3		0,49*	0,27 NS	0,65*	0,58*	0,10 NS	-0,02 NS		
1	RPP	-0,18 NS	-0,29 NS	0,42*	0,78*	0,13 NS	-0,02 NS	0,07*	
2		0,43*	0,03 NS	0,65*	0,81*	0,34*	0,39*	0,07 NS	
3		0,43*	0,22 NS	0,80*	0,82*	0,30 NS	0,13 NS	0,80*	
1	RPPa	0,09 NS	0,06 NS	0,37*	0,46*	0,50*	0,11 NS	0,46*	0,67*
2		0,32 NS	0,09 NS	0,40*	0,60*	0,27 NS	0,32 NS	0,07 NS	0,78 *
3		0,41*	0,36*	0,44*	0,45*	0,23 NS	0,14 NS	0,52*	0,66*

* Valores significativos al 5%

NS: Valores no significativos

Cuadro 2. Coeficientes de correlación simples fenotípicas y genotípicas entre ocho características de nueve cultivares de ajonjolí. Análisis combinado de tres ambientes de la colonia agrícola Turén, estado Portuguesa.

Características		Características						
		AP	APF	LCF	FPP	LF	SPF	PMS
APF	F	0,86*						
	G	0,75*						
LCF	F	0,76*	0,44*					
	G	0,46*	-0,05 NS					
FPP	F	0,50*	0,22*	0,80*				
	G	0,25*	-0,12 NS	0,75*				
LF	F	0,71*	0,76*	0,49*	0,38*			
	G	0,54*	0,64*	0,13 NS	0,17 NS			
SPF	F	0,55*	0,62*	0,30*	0,24*	0,77*		
	G	0,47*	0,57*	0,04 NS	0,08 NS	0,70*		
PMS	F	-0,02 NS	0,03 NS	0,13 NS	0,20*	0,13 NS	0,06 NS	
	G	-0,04 NS	0,03 NS	0,19*	0,22*	0,07 NS	-0,02 NS	
RPP	F	-0,05 NS	-0,16 NS	0,25*	0,57*	0,15 NS	0,16 NS	0,58*
	G	0,14 NS	-0,08 NS	0,59*	0,77*	0,22*	0,13 NS	0,57*

* Valores significativos al 5%

NS: Valores no significativos

Cuadro 3. Efectos directos e indirectos (coeficientes de trayectoria) de algunas características sobre el rendimiento por planta en nueve cultivares de ajonjolí

Características evaluadas	Efecto directo	Efecto indirecto a través de				Coeficiente correlación
		AP	LCF	FPP	PMS	
AP	-0,013	-----	0,003	0,169	-0,17	0,142
LCF	0,006	-0,06	-----	0,507	0,080	0,587
FPP	0,677	-0,003	0,004	-----	0,092	0,774
PMS	0,420	0,001	0,001	0,150	-----	0,572

$R^2 = 0,765$

Los resultados obtenidos permiten expresar que la selección de genotipos más rendidores debe hacerse a través de plantas con el mayor número de frutos y con semillas más pesadas. La primera selección en el campo es factible hacerla utilizando las mediciones de la longitud de fructificación, las cuales son fáciles de hacer o de calcular y cuyo efecto indirecto a través de cápsulas por planta, tal como se dijo antes es bastante alto.

El coeficiente de determinación (R^2) calculado en este análisis indica que el 76,5% de la variación del rendimiento por planta en los cultivares estudiados en esos ambientes está determinado por los componentes número de frutos por planta, peso de 1000 semillas, longitud de fructificación y altura de las plantas.

No puede asegurarse que los resultados obtenidos sean estrictamente extrapolables a otros

cultivares de ajonjolí probados en otros ambientes, especialmente si son de características morfológicas diferentes a los aquí estudiados. La capacidad de ramificación, ciclo de vida y variabilidad de las características bajo estudio pueden originar resultados algo diferentes.

CONCLUSIONES

Los análisis de correlación y de coeficientes de trayectoria permitieron determinar que, el número de cápsulas por planta y el peso de 1000 semillas representan las características con mayor influencia directa sobre el rendimiento de los cultivares probados.

La longitud de fructificación, de importante influencia indirecta sobre el rendimiento, a través

Delgado

del número de cápsulas por planta, facilita la selección en el campo de las plantas más rendidoras.

La longitud de los frutos y número de semillas por fruto no tuvieron alta influencia en el rendimiento de los cultivares probados.

LITERATURA CITADA

1. Angarita, F. J., 1962. Estudio de la correlación en tres caracteres de ajonjolí. *Agronomía Tropical* 11: 201-208.
2. Chavan, G. V. y P.R. Chopde. 1981. Correlation and path analysis of seed yield and its components in sesame. *Indian J. Agric. Sci.* 51(9): 627-630.
3. Delgado, M. y D.M. Yermanos. 1975. Yield components of sesame under different plant population densities. *Economic Botanic* 29(1): 69-78.
4. Delgado, M. 1993. Evaluación de los rendimientos y estabilidad de nueve cultivares de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) *Bioagro V* (1-3) 14-21.
5. Dewey, D.R. y K.H. LU. 1959. A Correlation and path coefficient analysis of component of crested wheatgrass seed production. *Agronomy Journal* 51: 515-518.
6. EL-Hassan, M.A. 1988. Genetic studies in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Oil Crops Newsletter* 5: 82-83.
7. Gupta, T.R. y K.S. Labana. 1983. Correlations in sesame. *Indian J. Sci.* 52(2):96-100.
8. Layrisse, A. O. 1976. Variabilidad de algunas características del ajonjolí (*S. indicum* L.) y sus correlaciones con el rendimiento. Trabajo de ascenso. Fac. Agronomía, UCV. Maracay, Venezuela. 113 p.
9. López, M y E. Mazzani. 1964. Longitud del fruto, número de semillas por fruto y tamaño de la semilla en siete cultivares de ajonjolí. *Agronomía Tropical*. 14: 133-135.
10. Mariotti, A. 1986. Fundamentos de genética biométrica: Aplicaciones al mejoramiento genético vegetal. Secretaría General de la O.E.A. Washington . 149 p.
11. Mohamed, S. V. y S.M. Doraira. 1964. Correlation studies between yield certain yield component in different groups of *Sesamum indicum* based on seed colour. *Madras Agric. j.* 51: 73-74.
12. Montilla, D., B. Mazzani y T. Cedeño. 1990. Mejoramiento genético del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) reseña y logros en Venezuela. En Ramakrishna. B. (Ed.). VI Curso corto tecnología de la producción en ajonjolí. Acarigua. Venezuela. pp. 1-67.
13. Mohamed, S. V. y S.M. Doraira. 1964. Correlation studies between yield and certain yield components in different groups of *Sesamum indicum* based on seed colour. *Madras Agric. J.* 51: 73-74.
14. Osman, H.E.. 1986. Relation bewteen seed yield, oil content control and their components in sesame. *Sesame and Saflower Newsletter* 2:47.
15. Osman, H.E. 1989. Heterosis and path coefficient analysis in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Acta Agronómica Hungárica* 38 (1-2): 105-112-
16. Osman Khidir, M. y EL Gizouli Osman. 1970. Correlation studies of some characters in sesame. *Experimental Agriculture* 6: 273-281.
17. Osman, EL G. y M. O. Khidir. 1974. Estimates of genetic and enviromental variability in sesame. *Exp. Agri.* 10(2): 105-112.
18. Palaniswamy, K.M., G.G. Dass y A.S. Subramanian. 1978. Correlation and path analysis of yield components in sesame. *Indian J. Agric. Sci.* 48(11): 681-683.
19. Yadava, T.P., P. Kumar y A.K. Yadav. 1980. Association of yield and its components in sesame. *Indian. J. Agric. Sci.* 50:317-319.

Coefficientes y correlaciones en ajonjolí