

## **CORRELACIONES Y ANÁLISIS DE SENDERO PARA RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN CÁRTAMO BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL**

Sathyanarayanaiah Kuruvadi<sup>1</sup>  
Ricardo Aguilera Rangel<sup>2</sup>  
Manuel H. Reyes Valdés<sup>3</sup>

### **RESUMEN**

Se estudiaron las correlaciones genotípicas y fenotípicas entre diferentes pares de características agronómicas, así como el análisis de sendero para rendimiento y sus componentes bajo condiciones de temporal, utilizando 23 genotipos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). En general, las correlaciones genotípicas fueron un poco más altas que las correlaciones fenotípicas. Rendimiento por hectárea tuvo una correlación positiva a nivel genotípico y fenotípico con rendimiento por planta, número de capítulos por planta y porcentaje de aceite. El rendimiento por planta mostró una correlación con porcentaje de aceite y más estrechamente correlacionado con número de capítulos por planta. El carácter peso de 250 semillas, presentó una asociación negativa con días a floración y con número de semillas por capítulo aunque dicha asociación fue negativa y altamente significativa, tanto a nivel genotípico como fenotípico. Altura de planta presentó una correlación positiva con número de ramas primarias, y altamente significativa y positiva con días a floración.

El análisis de sendero para rendimiento muestra efectos directos a través de días a floración, rendimiento por planta, y con menor influencia números de capítulos por planta y números de semilla por capítulo.

### **INTRODUCCIÓN**

El rendimiento es un carácter muy complejo controlado por poligenes del núcleo y genes de citoplasma con una cadena de eventos interrelacionados de

---

1. Ph. D. y 2. M.C. Maestros-Investigadores, Depto. de Fitomejoramiento, Div. Agronomía, UAAAN  
3. Tesista de Maestría

múltiples funciones fisiológicas e interacción con medio ambiente. El rendimiento es el producto de multiplicación de los componentes tales como: capítulos por planta, semillas por capítulo y peso de 1000 semillas. Los componentes del rendimiento de cada uno, es independiente del otro, y contribuye al total potencial del rendimiento de la planta (Kuruvadi y Cortinas, 1987). La reducción en un componente puede ser compensado a diferentes grados, en aumento por otro componente del rendimiento y dependiendo del desarrollo de los componentes del rendimiento en interacción con el medio ambiente, para producir estabilidad en el rendimiento (Grafius, 1957). El rendimiento por sí mismo no es el mejor criterio de selección, debido a su baja heredabilidad y a su alta interacción con el medio ambiente. Los componentes del rendimiento registraron altos valores de heredabilidad y poca interacción en comparación del rendimiento. Por lo tanto, el rendimiento hay que mejorarlo a través de sus componentes. Un conocimiento entre rendimiento y sus componentes, correlacionados, y análisis de sendero y sus interrelaciones, es muy importante en el programa de mejoramiento genético de cártamo bajo temporal.

Existen diversos trabajos (Norries y Tucker, 1967; Ashri *et al.* 1974; Abel, 1976; Kotecha, 1979; Sengupta y Bhattachary, 1979; Bratuleau *et al.* 1982; Patil, 1985; Prieto, 1988; y Morales 1989) que han estudiado las correlaciones entre el rendimiento con otras características agronómicas en cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), pero los estudios de la contribución directa e indirecta de diversos caracteres hacia el rendimiento bajo condiciones de temporal son pocos. Por tal motivo, se llevó a cabo el análisis de sendero para determinar los efectos directos e indirectos entre diferentes características agronómicas, hacia el rendimiento bajo ambiente de estrés de humedad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estudio se utilizaron 23 genotipos de cártamo provenientes de diferentes países tales como: doce líneas de México (C70-15-OY, POI-5-66-5-1, POI-6-16-1-1, 10VF75-2-3-5-2, C547-1-6-OY, 38VF75-53-1-1-2, C228-5-OY, T-1, T-3, T-10, T-19 y T-15); dos de Egipto (Egipto CM-1276 y Egipto CM/1239); dos de Israel (Israel CM-1125 y Jerusalén CM- 1136); y una de cada uno de los siguientes países: de Jordán (Jordán CM-1098), Kuwait (Kuwait CM-1107), Líbano (Líbano CM- 1082) y con cuatro testigos (Saffola 208, Noreste 84, Gila y Mante 81). La semilla de los 23 genotipos fue sembrada el 31 de enero de 1988, utilizando un diseño de bloques al azar con tres repeticiones; éste se realizó en el Campo Experimental de Buenavista, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila. La parcela experimental para cada genotipo se constituyó de tres surcos de 80 cm, y entre plantas de 10 cm dentro del surco. El experimento se desarrolló estrictamente bajo condiciones de temporal desde la siembra a la cosecha, y cinco plantas de cada parcela de las distintas repeticiones fueron muestreadas y seleccionadas aleatoriamente. Las características estudiadas fueron: rendimiento por planta y por hectáreas, días a floración.

número de ramas primarias, altura de planta, peso de 250 semillas, número de semillas por capítulo, número de capítulos por planta y porcentaje de aceite. Se estimaron las correlaciones fenotípicas y genotípicas para cada par de características. En lo que respecta al análisis de senderos, se utilizó la metodología de Dewey y Lu (1959).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las correlaciones fenotípicas y genotípicas para diferentes pares de características agronómicas se presentan en el Cuadro 1. El rendimiento por hectárea y por planta, presenta una correlación positiva y significativa a nivel genotípico y fenotípico, con rendimiento por planta, número de capítulos por planta y porcentaje de aceite. Asimismo, el rendimiento por planta presenta una asociación positiva y significativa, tanto a nivel genotípico como fenotípico con rendimiento por hectárea. Las correlaciones indican que, número de capítulos por planta es una característica potente y visible en el campo; por lo tanto, esta característica puede utilizarse para seleccionar genotipos superiores en rendimiento. Muchos fitomejoradores utilizan este carácter prácticamente para seleccionar genotipos superiores en cártamo bajo riego y temporal. Estos resultados obtenidos se asemejan a estudios realizados por Kotecha (1982), Ranga y Ramanchandran (1977) y Morales (1989) en cártamo; por otro lado, altura de planta fue positivamente asociado con número de ramas por planta y con días a floración, la correlación fue positiva y altamente significativa tanto a nivel genotípico como fenotípico.

El peso de 250 semillas mostró una correlación negativa y significativa, tanto a nivel genotípico y fenotípico con días a floración, y más estrechamente correlacionado negativamente con peso de 250 semillas. Kuruvadi y Cortinas (1987) indican que seleccionar estas características reducen la posibilidad de mejorar estos rasgos, o son difíciles para la obtención de ganancias, por si un carácter aumenta, el otro carácter se reduce; por lo tanto, las correlaciones negativas son limitantes para el mejoramiento de estos caracteres. Las asociaciones negativas y significativas entre diferentes características se pueden encontrar en diversos cultivos, y es debido al efecto pleiotrópico; será muy difícil obtener recombinaciones deseables porque hay muy poca posibilidad de entrecruzamiento en el mismo gene, mientras que si se involucra ligeramente, se recomienda aplicar mutaciones inducidas o entrecruzamientos de plantas individuales en generaciones segregantes, para romper los ligamientos desfavorables (Kuruvadi, 1986). En este estudio se encontraron valores ligeramente altos para las correlaciones genotípicas, en comparación a las fenotípicas.

### Análisis de sendero

Los efectos directos determinados para el rendimiento por hectárea (Cuadro 2), indican que el carácter días a floración mostró un efecto directo (0.939)

**Cuadro 1. Correlaciones genotípicas y fenotípicas para diferentes pares de características agronómicas en cártamo bajo temporal.**

Caracter		Rendimiento/ planta	Capítulos/ planta	Semillas/ capítulo	Peso de 100 semillas	Altura de planta	Núm. de ramas	Días a floración	Acéite (%)
Rendimiento/ hectárea	G	0.5566	0.5246	-0.2957	0.2692	0.3707	0.0948	0.2589	0.6934
	F	0.4750*	0.4168*	-0.0745	0.2621	0.4042	0.2558	0.1119	0.4313*
Rendimiento/ planta	G		0.5776	0.3350	0.0683	0.2496	0.3658	-0.1321	0.6785
	F		0.5840*	0.3105	0.0713	0.2773	0.3738	-0.0988	0.5216*
Capítulos/ planta	G			-0.1442	-0.0307	-0.1498	0.0959	-0.3523	0.1920
	F			-0.0532	-0.0066	-0.0352	0.1986	-0.2590	0.1262
Semilla/ capítulos	G				-0.7701	0.1603	0.3817	0.3019	0.4936
	F				-0.5868**	0.1679	0.3553	0.2568	0.4019
Peso de 250 semillas	G					-0.2293	-0.5051	-0.4982	-0.1156
	F					-0.1704	-0.3574	-0.4760*	-0.1373
Altura	G						0.4161	0.6859	0.1652
	F						0.4274*	0.5927**	0.1271
Número de ramas	G							0.2238	0.4609
	F							0.2447	0.3625
Días a floración	G								0.0448
	F								0.0721

\*\* Significativo al 1% G = Genotípico

\* Significativo al 5% F = Fenotípico

**Cuadro 2. Análisis de coeficiente de sendero para los valores genotípicos de siete caracteres en relación a rendimiento en cártamo bajo temporal.**

	Días a floración G <sub>1</sub>	Número de ramas G <sub>2</sub>	Altura (cm) G <sub>3</sub>	Peso de 250 semillas (g) G <sub>4</sub>	Semillas/ capítulo G <sub>5</sub>	Capítulos/ planta G <sub>6</sub>	Rendi- miento/ planta (g) G <sub>7</sub>	Rendi- miento <sup>1</sup> / kg/ha G <sub>8</sub>
Días a floración	<u>0.9390</u>	0.0147	-0.1667	-0.1685	-0.1361	-0.1427	-0.0808	0.2589
Número de ramas	0.2101	<u>0.0660</u>	-0.1011	-0.1707	-0.1721	0.0388	0.2238	0.0948
Altura	0.6440	0.0274	<u>-0.2430</u>	-0.0775	-0.0723	-0.0606	0.1527	0.3707
Peso de 250 semillas/ Semillas/ capítulo	-0.4683	-0.0333	0.0557	<u>0.3380</u>	0.3473	-0.0124	0.0418	0.2692
Capítulos/ planta	0.2834	0.0251	-0.0390	-0.2603	<u>-0.4510</u>	-0.0584	0.2050	-0.2957
Rendimiento/ planta	-0.3308	0.0063	0.0364	-0.0103	0.0650	<u>0.4050</u>	0.3534	0.5246
	-0.1240	0.0241	-0.0607	0.0230	-0.1511	0.2339	<u>0.6120</u>	0.5566

Los valores en diagonal representan los efectos directos.

<sup>1</sup> Correlación genotípica con rendimiento

Factor residual = 0.2509

hacia rendimiento por hectárea; su correlación con el mismo fue menor (0.2589), debido quizá a cuatro efectos indirectos negativos de -0.1685, -0.1667, -0.1427 y -0.1361, a través de peso de 250 semillas, altura de planta, número de capítulos por planta y número de semillas por capítulo, respectivamente. El carácter número de ramas por planta tuvo un efecto casi nulo (0.0660) hacia el rendimiento por hectárea, y su correlación con el mismo fue muy baja (0.0948). En relación al carácter altura de planta, éste tuvo un efecto directo negativo (-0.2430) hacia rendimiento por hectárea; en cambio, la correlación entre ambos es de 0.3707, quizá la causa es debido a una gran influencia indirecta positiva (0.6440) a través de días a floración. Peso de 250 semillas presenta una correlación positiva con rendimiento por hectárea, aunque su efecto directo positivo, fue debido tal vez a la influencia indirecta negativa (-0.4683) y positiva (0.3473) de los caracteres días a floración y número de semillas por capítulo respectivamente. Se detectó un efecto directo negativo (-0.4510) del número de semillas por capítulo hacia el rendimiento por hectárea y ambos caracteres presentaron una correlación negativa más baja (-0.2957), la causa posible de esto se debió a influencias indirectas positivas a través de días a floración y rendimiento por planta, además de un efecto indirecto negativo (-0.2603) a través de peso de 250 semillas. Respecto al carácter número de capítulos por planta, éste indica un efecto directo positivo hacia el rendimiento por hectárea; su correlación con éste fue positivo (0.5246), debido quizá a la influencia indirecta positiva a través de rendimiento por planta. Se observó que rendimiento por planta tuvo un efecto positivo sobre el rendimiento por hectárea (0.6120), por lo que su correlación con el mismo fue positiva (0.5566), no obstante de haberse presentado efectos indirectos negativos a través de número de semillas por capítulo (-0.1511) y días a floración (-0.1240). El coeficiente de sendero para el factor residual resultó ser bajo (0.2509) lo que indica el alto grado de determinación de las variables estudiadas, sobre el rendimiento por hectárea. Por lo tanto, las variables de efecto directo positivo sobre el rendimiento por hectárea, son días a floración (aunque la correlación entre ambos es baja), rendimiento por planta y, con menor influencia, número de capítulos por planta, y un efecto directo negativo a través de número de semillas por capítulo (Figura 1).

Ranga y Ramachandran (1977), en un estudio de análisis de sendero de 215 variedades de cártamo, encontraron que el rendimiento está influenciado por los efectos directos de dos componentes: el número de capítulos por planta (0.85) y peso de capítulos (0.43). Thombre y Joshi (1981) evaluaron 50 variedades locales y extranjeras, y encontraron, a través de un análisis de sendero, que el número de semillas por capítulo tuvo el principal efecto directo positivo sobre el rendimiento. Por otro lado, Paliwal y Solanki (1984), en un análisis de coeficiente de sendero en 20 variedades de cártamo, indicaron que seleccionar para capítulos por planta y peso de 100 semillas, puede ser efectivo para incrementar los rendimientos.

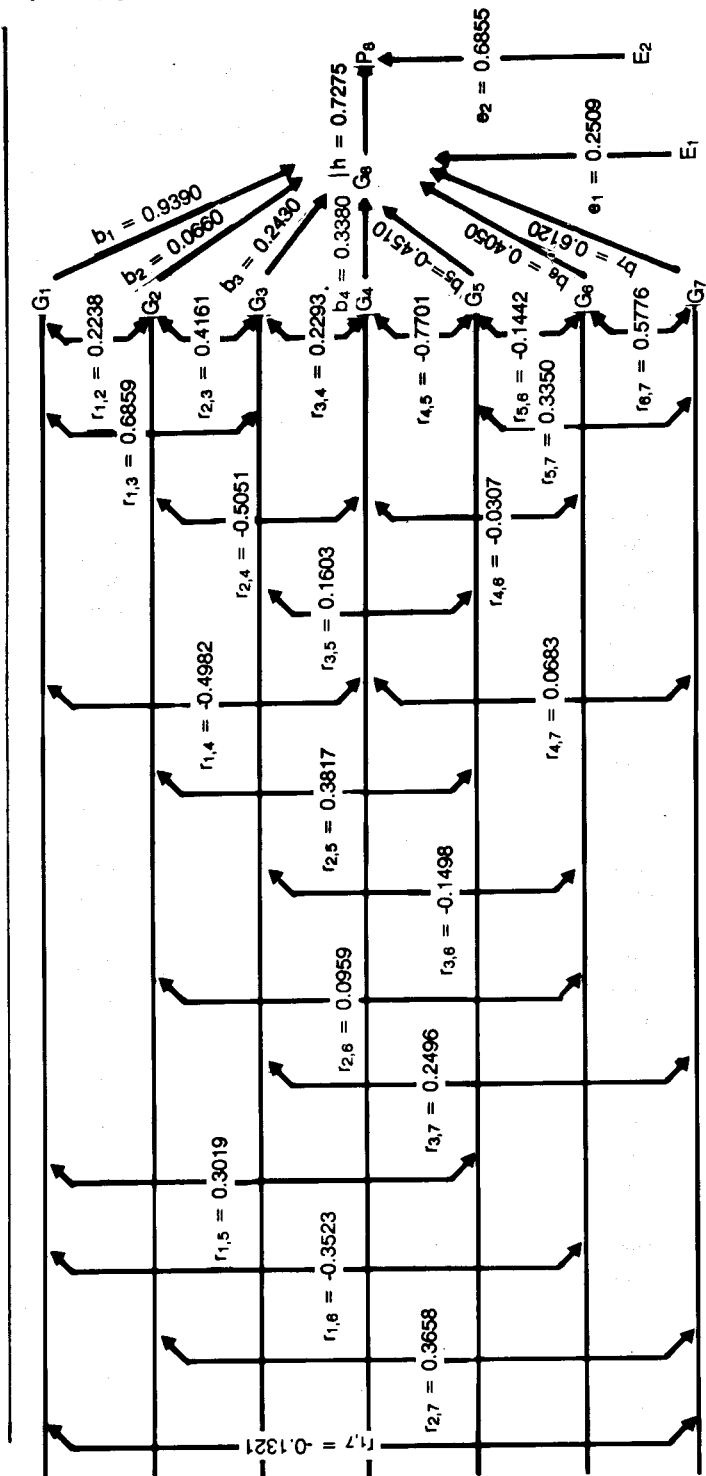


Figura 1. Diagrama causal y cuantificación de las vías de influencia entre los valores genotípicos para siete caracteres agronómicos con relación a rendimiento en cártamo bajo temporal.

## CONCLUSIONES

1. Existe una amplia gama de variabilidad para rendimiento y sus componentes entre las líneas evaluadas de cártamo bajo temporal.
2. El rendimiento por hectárea mostró una asociación positiva a nivel genotípico y fenotípico con rendimiento por planta, capítulos por planta y porcentaje de aceite.
3. El análisis de sendero para rendimiento mostró efectos directos a través de días a floración, rendimiento por planta y, con menor influencia, número de capítulos por planta y número de semillas por capítulo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abel, G.H. 1976. Inheritance of stem length and its components in safflower. *Crop Sci.* 16(3): 374-376. USA.
- Ashri, A., D.E. Zimmer, A.L. Urie, A. Cahaner y A. Marani. 1974. Evaluation of the world collection of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) IV Yield and yield components and their relationships. *Crop Sci.* 14(6): 799-802. USA.
- Bratuleau, C., E. Andrei y L. Grecu. 1982. Phenotypic variability of some yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) *Lucrari Stiintifice, Institutul Agronomic Ion Ionescu de la Brad Agronomie. Rumania.* 28: 89-90.
- Dewey, D.R. y K.H. Lu. 1959. A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheat grass seed production. *Agron. J.* 51: 515-518. USA.
- Grafius, J.E. 1957. Components of yield in oats: a geometric interpretation. *Agron. J.* 49: 419-423.
- Kotecha, A. 1979. Inheritance and association of sex traits in safflower. *Crop Sci.* 19(4): 523-527. USA.
- \_\_\_\_\_. 1981. Inheritance of seed yield and its components in safflower. *Can. J. Genet. Cytol.* 23: 111-117. Canada.
- Kuruvadi, S. 1986. Utilidad de las correlaciones en el mejoramiento genético de los cultivos. *Comunna No. 129. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.* p. 11.

- Kuruvadi, S. y Cortinas E.H.M. 1987. Papel de componentes del rendimiento, correlaciones y sus implicaciones en el mejoramiento genético de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Agraria. 3(1): 1-5.
- Morales, R.E. 1989. Evaluación de genotipos introducidos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) a través de un análisis de crecimiento, características agronómicas y componentes de rendimiento. Tesis de Licenciatura. Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. p 101.
- Norris, W.G. y T.C. Tucker. 1967. Growth, yield and yield components of safflower as affected by source, rate and time of application of nitrogen. Agron. J. 59 (1): 54-56. USA.
- Paliwal, R.V. y S.Z. Solanki. 1984. Path coefficient analysis in safflower. Madras Agricultural Journal. India. 71(4): 257-258.
- Patil, F.B. 1985. Correlation of some yield components in safflower. Journal of Maharashtra Agricultural Universities. India. 10(1): 82-83.
- Prieto, A.N. 1988. Estimación de parámetros fisiotécnicos en genotipos introducidos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). Tesis de Licenciatura. Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, p. 119.
- Ranga, R.V. y M. Ramachandran. 1977. An analysis of association of components of yield and oil in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Theor. Appl. Genet. 50: 185- 191. USA.
- Sengupta, K. y B. Bhattachary. 1979. Variability in safflower. Indian Agricultural. India. 23 (3): 173-178.
- Thombre, M.W., B.P. Joshi. 1981. Correlation and path analysis in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties. Journal of Maharashtra Agricultural Universities. India. 6 (3): 191-193.