

COEFICIENTE DE SENDERO PARA ACEITE Y SUS COMPONENTES ASOCIADOS EN CÁRTAMO BAJO AMBIENTES DE RIEGO Y TEMPORAL*

Sathyanarayanaiah Kuruvadi¹

Ricardo Aguilera Rangel²

Alfonso López Benítez³

RESUMEN

En esta investigación se evaluaron 24 y 23 genotipos de cártamo bajo condiciones de riego y temporal, respectivamente. Se utilizó un diseño de bloques al azar con el objetivo de estudiar los efectos directos e indirectos de las características biométricas que influyen en el contenido de aceite en cártamo.

El análisis de varianza mostró una variabilidad marcada para rendimiento, porcentaje de aceite, capítulos por planta, semillas por capítulo, peso de 250 semillas, altura y ramas primarias por planta, bajo condiciones de riego y temporal, simultáneamente. Existe una correlación positiva y significativa entre el rendimiento por hectárea con rendimiento por planta, porcentaje de aceite bajo riego y temporal, pero en este último, también se observó una asociación de semillas por capítulo.

Respecto al contenido de aceite, el análisis de sendero bajo riego determinó efectos directos a través del peso de 250 semillas, número de semillas por capítulo, rendimiento por planta y altura de planta. Por otro lado, en ambiente de temporal, el contenido de aceite estuvo influenciado directamente a través del rendimiento por planta, altura de planta y número de capítulos por planta.

Palabras clave: Cártamo, correlaciones, efectos directos, rendimiento y aceite.

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

SUMMARY

In this investigation 24 and 23 genotypes of safflower were evaluated under irrigated and dryland conditions respectively using a randomized block design with an objective of studying the direct and indirect effects of different biometrical characters influencing the oil content in safflower.

The analysis of variance indicated substantial variability for seed yield, percent oil, heads/plant, seed weight, plant height, primary branches/plant under irrigated and dryland conditions simultaneously. Exists a positive and significant correlation between seed yield/ha with yield/plant and percent oil under irrigated and drought conditions. An association was observed between yield and seeds/head under drought conditions. The analysis of path coefficient for oil content in safflower under irrigated condition indicated the influence of direct effects from seed weight, seeds/head, yield/plant and plant height. The oil content under drought condition was influenced directly from yield/plant, plant height and number of heads per plant.

Key words: Safflower, correlations, direct effects, yield, oil.

INTRODUCCIÓN

La producción potencial de aceite en cártamo *Carthamus tinctorius* L. es una característica extremadamente compleja y es el resultado de múltiples funciones del crecimiento y desarrollo, que están controladas por el genotipo, ambiente y su interacción. Guzmán, *et al.*, (1988) indicaron que la producción potencial biológica de aceite de los genotipos, se complementa por dos factores: el rendimiento de semilla y el porcentaje de aceite, por lo cual el fitomejorador debe dar la máxima importancia al mejoramiento conjunto de ambas características, buscando como objetivo incrementar la producción total de aceite de los genotipos no pueden ser visibles en el campo, por lo tanto, el fitomejorador tiene que utilizar algunas características visibles de la planta para seleccionar los genotipos sobresalientes en la producción de aceite (Kuruvadi, 1991)

El estudio del análisis de coeficiente de sendero determina la naturaleza de la interrelación entre los diferentes componentes de rendimiento y características del desarrollo. También indica cuáles son las características que están relacionadas directa o indirectamente al rendimiento y clasifica cuáles características son o no útiles en el programa de selección para mejorar más rápidamente el carácter en consideración. Existen varios trabajos (Abel, 1976; Patil, 1985; y Sengupta y Bhattachary, 1979) que han estimado las correlaciones entre rendimiento y otras características biométricas, pero son pocos los estudios de coeficiente de sendero hacia el contenido de aceite en cártamo, bajo ambientes de riego y temporal. Por lo tanto, el propósito de esta investigación es estudiar las asociaciones y el coeficiente de sendero para el contenido de aceite en cártamo bajo ambientes de riego y temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el Campo Experimental de Buenavista, Saltillo, Coahuila, bajo la dependencia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, durante el período de enero a septiembre de 1988.

Se evaluaron 24 y 23 variedades de cártamo con una amplia gama de variabilidad, bajo condiciones de riego y temporal, respectivamente. Los recursos genéticos están constituídos por materiales provenientes de diferentes países, a saber: 13 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, Torito, C228-5-OY, T-1, T-3, T-10, T-19, T-15), dos de Egipto (CM-1276, CM-1239) y dos de Israel (CM-1125, Jerusalem CM-1136), una de Jordán (CM-1098), Kuwait (CM-1107), Líbano (CM-1082) y con cuatro testigos (Saffola 208, Noreste 84, Gila, y Mante 81), los cuales se siembran a gran escala, a nivel comercial, en diferentes partes de México. Estos genotipos poseen una variabilidad considerable para el rendimiento y sus componentes, tales como: número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo, peso de 250 semillas, altura de planta, días a floración, número de ramas y porcentaje de aceite. Además, poseen una considerable diversidad genética y geográfica en los genotipos.

La semilla de los genotipos fue sembrada en dos ambientes, bajo riego y temporal, utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro y tres repeticiones, respectivamente. La parcela experimental para cada genotipo se constituyó en tres surcos de 0.80 m y entre planta de 0.10 m dentro del surco, con el fin de obtener una densidad de 125,000 plantas por hectárea.

El experimento bajo estrés hídrico se desarrolló estrictamente en condiciones de temporal desde la siembra a la cosecha, mientras que, bajo riego se aplicó uno de pre-siembra y otro de post-siembra, además de seis riegos para obtener mejor crecimiento y potencial biológico de rendimiento. Se aplicó fertilizante en una sola ocasión, en dosis de 80:60:0 y 40:30:0 NPK/kg/ha, antes de efectuar la siembra bajo condiciones de riego y temporal, respectivamente. Durante el período de desarrollo del cultivo no se detectaron plagas o enfermedades, por lo que no se aplicó ningún producto químico.

En cada parcela de las distintas repeticiones, en los diferentes ambientes, se muestrearon cinco plantas individuales aleatoriamente para tomar datos sobre diversas características biométricas (Cuadro 1). El rendimiento de aceite por hectárea fue calculado a través del producto entre el valor medio del porcentaje de aceite con el rendimiento por hectárea, para cada uno de los genotipos considerados. Para cada variable estudiada, se llevó a cabo un análisis de varianza en cada uno de los ambientes, y el análisis de senderos se calculó de acuerdo a lo señalado por Wright (1923) y Dewey y Lu (1959).

Cuadro 1. Análisis de senderos para los valores genotípicos de siete caracteres en relación a porcentaje de aceite en cártamo bajo riego (R) y temporal (T).

Carácter	Riego o temporal	Días a floración G1	Número de ramas G2	Altura (cm) G3	Peso de 250 semillas (g) G4	Semillas/capítulo G5	Capítulo/planta G6	Rendimiento/planta G7	Aceite ¹ (%)
Días a floración	R	0.2920	-0.0350	-0.1742	-0.2898	0.2637	0.0152	0.0257	0.0977
	T	0.2290	0.0505	-0.2764	0.0537	-0.0193	0.1366	-0.1293	0.0448
Número de ramas	R	0.0571	-0.1790	-0.1224	0.0740	0.0989	0.0503	0.1139	0.0928
	T	0.0512	0.2260	-0.1676	0.0545	-0.0244	-0.0372	0.3581	0.4608
Altura	R	0.1433	-0.0617	-0.3550	-0.1873	0.0413	0.0206	0.1475	-0.2510
	T	0.1571	0.4030	-0.4030	0.0247	-0.0102	0.0581	0.2443	0.1652
Peso de 250 Semillas	R	0.1309	0.0204	-0.1030	-0.6460	0.3667	0.0172	-0.0080	-0.2220
	T	-0.1142	-0.1141	0.0924	-0.1080	0.0492	0.0119	0.0668	-0.1156
Semillas/Capítulo	R	-0.1841	0.1424	0.0351	0.5667	-0.4180	-0.0706	-0.0307	-0.0591
	T	0.0691	0.0862	-0.0646	0.0831	-0.0640	0.0559	0.3279	0.4936
Capítulos/Planta	R	0.0475	-0.0969	-0.0788	-0.1195	0.3177	0.0930	0.1362	0.2990
	T	-0.0806	0.0218	0.0604	0.0033	0.0092	-0.3880	0.5655	0.1920
Rendimiento	R	0.0199	-0.0543	-0.1397	0.0141	0.0342	0.0337	0.3750	0.2829
	T	-0.0302	0.0826	-0.1005	-0.0070	-0.0214	-0.2241	-0.9890	0.6785

Los valores en diagonal representan los efectos directos

1 Corrección genotípica con porcentaje de aceite.

Factor residual = 0.7729 (riego) y 0.6180 (temporal).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza (no se presenta el cuadro) bajo riego y temporal indicaron diferencias significativas para todas las características estudiadas, tales como: rendimiento por planta, hectárea y aceite, número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo, peso de 250 semillas, altura de planta, número de ramas primarias, días a floración y madurez, porcentaje de aceite, lo cual reveló que existe una amplia gama de variabilidad para todas las características estudiadas entre los genotipos incluidos en el estudio. Estos recursos genéticos son muy útiles y promisorios para desarrollar variedades altamente rendidoras en el mejoramiento genético del cártamo bajo riego y temporal.

En el análisis de sendero para los valores genotípicos (Cuadro 1, Figura 1) en relación al porcentaje de aceite bajo riego, señala que el carácter días a floración tuvo un efecto directo positivo (0.2920), sin embargo, su correlación con rendimiento por hectárea fue positiva y casi nula; esto es debido, quizá, a los efectos indirectos negativos y positivos a través del peso de 250 semillas, altura de planta y número de semillas por capítulo. El carácter número de ramas por planta tuvo un efecto directo negativo (-0.1790) hacia el porcentaje de aceite, pero su correlación con el mismo fue positiva y casi nula, quizá por la influencia indirecta positiva de todos los caracteres, a excepción de la altura de planta.

El carácter de altura de planta mostró un efecto directo negativo hacia el porcentaje de aceite y la correlación entre ellos fue negativa, debido quizá, a los efectos indirectos positivos a través del rendimiento por planta y días a floración, con 0.1475 y 0.1433, respectivamente. Además de la influencia indirecta negativa (-0.1873) a través del peso de 250 semillas, se observó que el peso de 250 semillas presentó una correlación negativa con el porcentaje de aceite, ya que su efecto hacia este último fue directo y negativo. La causa de la baja correlación es debido, quizá, a efectos indirectos positivos a través de número de semillas por capítulo y días a floración, respectivamente. El carácter número de semillas por capítulo tuvo un efecto directo negativo (-0.4180), en cambio, la correlación entre ambos caracteres fue casi nula (-0.0591), quizá debido a una influencia directa positiva y grande (0.5667) a través del peso de 250 semillas. El carácter número de capítulos por planta mostró un efecto directo casi nulo (0.0930) por lo que parece ser que la correlación entre dicho carácter y el porcentaje de aceite obedece principalmente a un efecto indirecto positivo a través de número de semillas por capítulo. En relación al carácter rendimiento por planta, éste tuvo una correlación positiva con el porcentaje de aceite (0.2829), ya que su efecto directo hacia el porcentaje de aceite fue positivo y mayor que los efectos indirectos (el efecto indirecto negativo más alto fue altura de planta). El valor residual se presentó relativamente alto (0.7729), lo que posiblemente señala que los materiales de cártamo evaluados, tienen más caracteres con efectos de mayor importancia sobre el porcentaje de aceite, que no fueron considerados en el presente trabajo. Por otro lado, los resultados obtenidos en este análisis con relación al porcen-

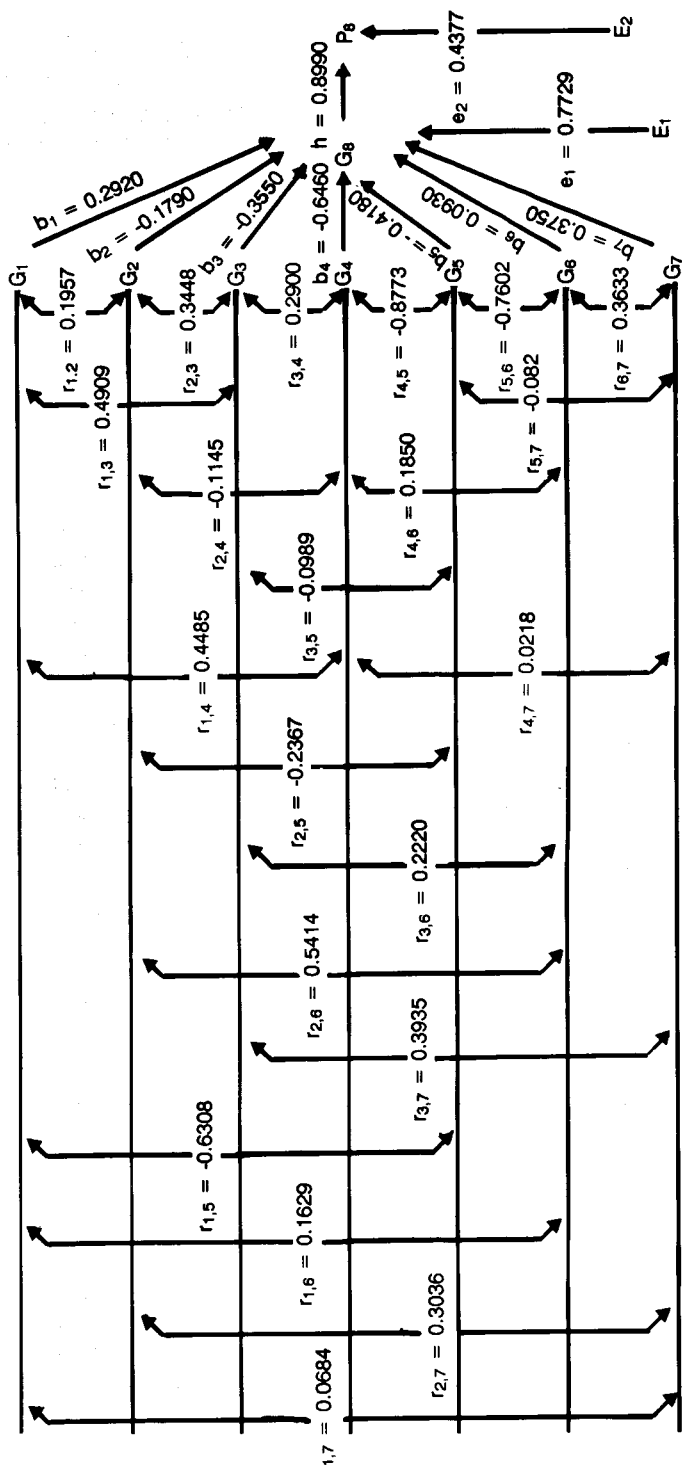


Figura 1. Diagrama causal y cuantificación de las vías de influencia entre los valores genotípicos para siete caracteres agronómicos con relación a porcentaje de aceite bajo riego.

taje de aceite, indican valores bajos de correlación, contribuidos, como se señaló anteriormente, a factores ambientales desfavorables. Por lo tanto, se observó que los caracteres con efectos directos que influyen en el contenido de aceite son: peso de 250 semillas, número de semillas por capítulo, rendimiento por planta y altura de planta. Ranga y Ramachandran (1977), en un estudio de análisis de sendero de 215 variedades de cártamo, encontraron que el contenido de aceite está influido por los efectos directos de tres componentes: el porcentaje de cáscara, el rendimiento por planta y el número de capítulos por planta.

El análisis de coeficientes de sendero relacionados al porcentaje de aceite en ambiente de temporal (Cuadro 1, Figura 2), señala que el carácter días a floración tuvo un efecto directo (0.2290) hacia el porcentaje de aceite, su correlación entre ambos fue casi nula, esto es debido, quizá, a los efectos indirectos negativos (-0.2764), (-0.1293) y uno positivo (0.1366) a través de los caracteres altura de planta, rendimiento por planta y número de capítulos por planta, respectivamente. El carácter número de ramas por planta mostró un efecto positivo (0.2260), en cambio, la correlación con el porcentaje de aceite fue (0.4609) debido, probablemente a un efecto indirecto positivo a través de rendimiento por planta (0.3581) y otro negativo (-0.1676) determinado por altura de planta. Con respecto al carácter altura de planta, presentó una influencia negativa (-0.4030), sin embargo, su correlación con porcentaje de aceite fue positiva (0.1652) a causa, quizá, de que todos los efectos indirectos fueron positivos, a excepción de número de semillas por capítulo. Peso de 250 semillas tuvo una correlación negativa con porcentaje de aceite (-0.1156) ya que su efecto directo hacia el porcentaje de aceite fue negativo (0.1080). En relación al carácter semillas por capítulo mostró un efecto directo negativo casi nulo, por lo que, la correlación positiva entre dicho carácter y el porcentaje de aceite obedece, principalmente, a un efecto indirecto positivo grande a través de rendimiento por planta, junto con otros efectos positivos menores, a excepción de altura de planta. El carácter número de capítulos por planta mostró un efecto directo negativo hacia el porcentaje de aceite, su correlación con el mismo fue positiva (0.1920). Tal vez la causa de esto sea la gran influencia indirecta positiva (0.5655) a través del rendimiento por planta. Se observó que el rendimiento por planta tuvo un efecto positivo alto (0.9790) por lo que su correlación entre ambos caracteres fue positiva (0.6785), aunque un poco menor, quizá debido a factores indirectos negativos de (0.2241) y (-0.1005) a través de los caracteres número de capítulos por planta y altura de planta, respectivamente. El coeficiente de sendero para el factor residual resultó ser relativamente bajo (0.6180), la cual nos muestra el alto grado de determinación de las variables estudiadas. Por tanto, las variables de efectos directos sobre el contenido de aceite son rendimiento por planta (0.979), altura de planta (-0.4030) y número de capítulo por planta (0.388) bajo condiciones de temporal. Estos resultados coinciden, en general, con lo encontrado por Ranga y Ramachandran (1977), asimismo, Calixto *et al.*, (1976) en un análisis de tres métodos de selección indirecta en trigo, infiere respecto a los coeficientes de sendero, que una correlación genotípica de alta magnitud y altamente significativa, puede ser

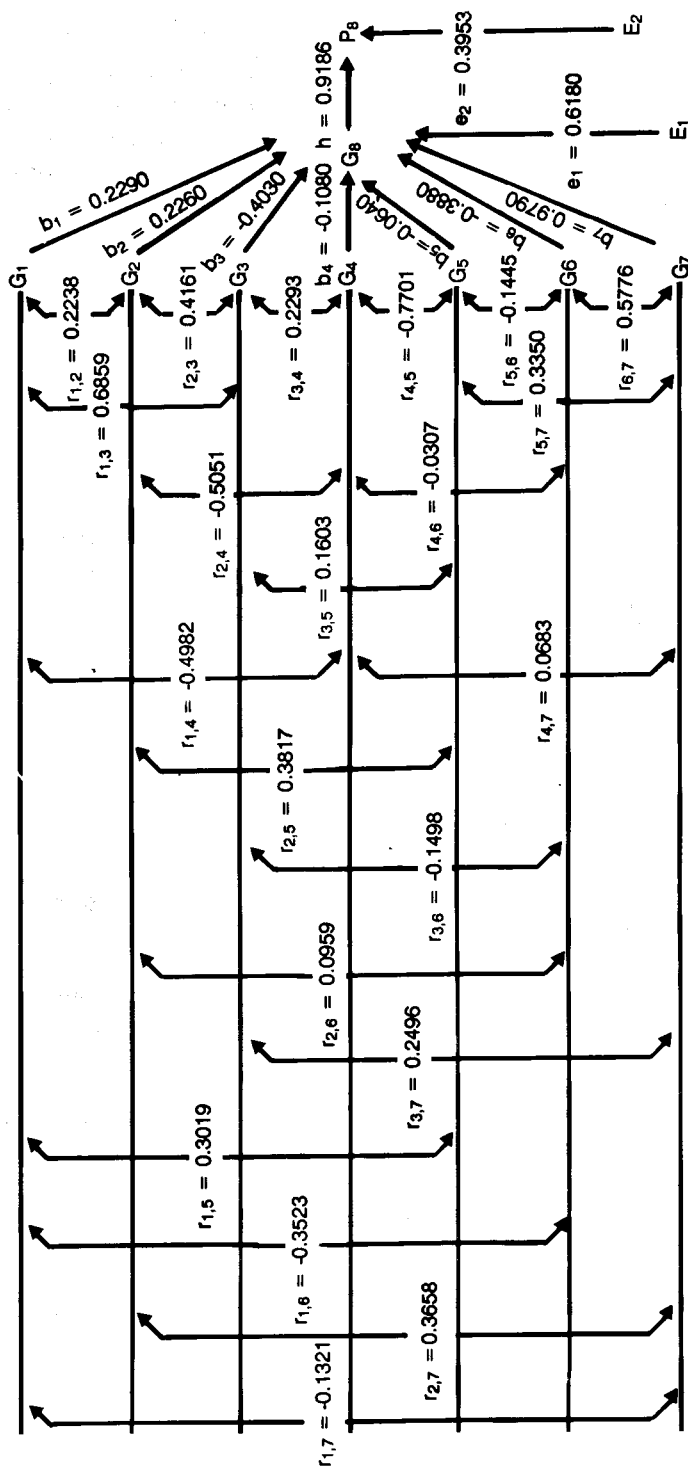


Figura 2. Diagrama causal y cuantificación de las vías de influencia entre valores genotípicos para siete caracteres agronómicos con relación a porcentaje de aceite bajo temporal.

la resultante aditiva de varios efectos indirectos de pequeña magnitud y deduce que el carácter longitud de espiga contribuye más al rendimiento, Castillo (1988), en un estudio de estabilidad del rendimiento e interrelaciones genotípicas entre caracteres en girasol; indica además, que el análisis de sendero proporciona información sobre las relaciones existentes entre variables genotípicas que representan componentes de rendimiento y sugiere la utilización de índices de selección, los que pueden ser contruídos con las variables identificadas en el análisis de sendero.

CONCLUSIONES

Existe una amplia gama de variabilidad para rendimiento, sus componentes, porcentaje y producción de aceite, en los recursos de cártamo, bajo riego y temporal.

El análisis de sendero bajo riego para el contenido de aceite determinó efectos directos a través de peso de 250 semillas, número de semillas por capítulo, rendimiento por planta y altura de planta.

En el ambiente de temporal el contenido de aceite estuvo influenciado directamente a través de rendimiento por planta, altura de planta y número de capítulos por planta.

LITERATURA CITADA

- Abel, G.H. 1976. Inheritance of stem length and its components in safflower. *Crop. Sci.* 16(3):374-376.
- Calixto, C.N., J. Molina y A. Hernández. 1976. Detección de caracteres determinantes del rendimiento de grano en trigo, mediante índices de selección y sendero. *Agrociencia*. 24:95-113.
- Castillo, G.A. 1988. Estabilidad de rendimiento e interrelaciones genotípicas entre caracteres en girasol. Tesis M.C. UAAAN. Saltillo, Coah. p. 97.
- Dewey, D.R. and K.H. Lu. 1959. A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheat grass seed production. *Agron. J.* 49:419-423.
- Guzmán, M., E.E., S. Kuruvadi e I. Ramos, G. 1988. Variabilidad en rendimiento y características cuantitativas en genotipos introducidos de girasol. *Agraria* 4(1):1-13.

- Kuruvadi, S., Aguilera, R., R. 1991. Análisis de componentes del rendimiento en cártamo bajo condiciones de temporal. Xilonen (en imprenta).
- Patil, F.B. 1985. Correlation of some yield components in safflower. Journal of Maharashtra Agricultural University. India. 10(1):82-83.
- Ranga, R.V. and Ramachandran. 1977. An analysis of association of components of yield on oil in safflower. Theor. Appl. Genet. 50:185-191.
- Sengupta, K. and B. Bhattachary. 1979. Variability in safflower. Indian Journal of Agriculture. India. 23(3):173-178.
- Wright, S. 1923. The theory of path coefficients. A reply to Niles criticism. Genetics. 8:239-255.