

INDICES DE SELECCION Y COEFICIENTES DE
SENDERO EN CANTAMO (Carthamus trinatorius L.)
BAJO CONDICIONES DE RIEGO Y TEMPORAL

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

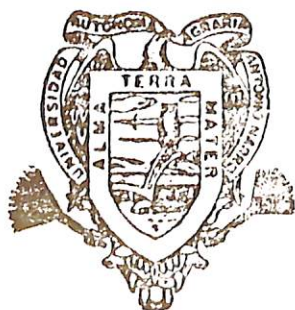


BIBLIOTECA

RICARDO AGUILERA RANGEL

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

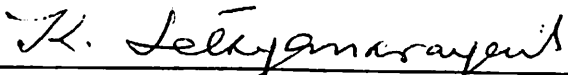
ENERO DE 1990

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
el grado de

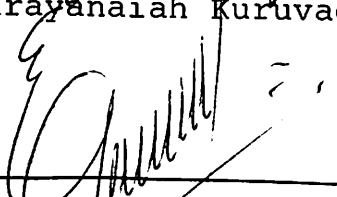
MAESTRO EN CIENCIAS EN
FITOMEJORAMIENTO

C O M I T E P A R T I C U L A R

Asesor principal:


Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvasi

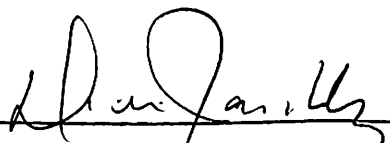
Asesor:

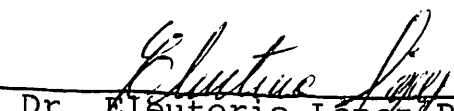

Ing. M.C. Edgar E. Guzmán Medrano

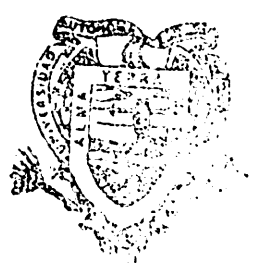
Asesor:


Biól. M.C. Manuel H. Reyes Valdés

Asesor:


Dra. Diana Jasso de Rodríguez


Dr. Eleuterio López Pérez
Subdirector de Asuntos de Postgrado


BIBLIOTECA
EGIDIO CANTÓN
BANCO DE DATOS
UNIVERSIDAD

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Enero 1990

DEDICATORIA

*A mi buen padre Dios, por haberme brindado
su amor y su confianza, manifestados a través
de mi madre Sra. Esperanza Rangel Vda. de A.
y de mis seres queridos Juan, Jose Cruz,
Esperanza, Sergio y Luz María.*

"Bienaventurados los misericordiosos,
porque ellos alcanzarán misericordia".

(Mateo 5:7)

A G R A D E C I M I E N T O S

De manera muy especial, al Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi, por haberme brindado la oportunidad y apoyo para realizar la presente investigación.

Al Ing. M.C. Edgar E. Guzmán Medrano, por su valiosa orientación y apoyo que me brindó durante mis estudios de Maestría.

Al Biól. M.C. Manuel Humberto Reyes Valdés por la colaboración en la revisión y valiosas sugerencias en cuanto a la presentación de este trabajo.

A la Dra. Diana Jasso de Rodríguez, por su confianza y gran interés mostrado en la realización de esta investigación.

Al Ing. Mauro Hernández Segura, por su desinteresada ayuda y orientación en la elaboración del material de apoyo, para la exposición del presente estudio.

A la Srta. Martha E. Ochoa B., por su paciencia y dedicación en la elaboración del escrito original.

A mis buenos amigos Biól. Francisca Ramírez Godina y a los Ingenieros Armando Muñoz Urbina, Francisco García Barrientos, Héctor Hernández Gaona, Valentín Robledo Torres, Santiago Valenzuela Rey y Victor Zamora Villa, por su noble apoyo y amistad inmerecida.

COMPENDIO

Índices de Selección y Coeficientes de Sendero en Cártamo
(Carthamus tinctorius L.) Bajo Condiciones de Riego y
Temporal

POR

RICARDO AGUILERA RANGEL

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. Enero 1990

Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi - Asesor -

Palabras claves: Cártamo, genotipos, parámetros genéticos, correlaciones, índices de selección, coeficientes de sendero, riego y temporal.

En esta investigación se evaluaron ciertos genotipos de cártamo bajo riego y temporal con el objeto de identificar genotipos sobresalientes, estudiar parámetros genéticos, correlaciones, construir índices de selección y análisis de sendero. El análisis de varianza indica diferencias significativas para rendimiento y sus componentes y características agronómicas bajo riego y temporal. Los genotipos Saffola - 208, C228-5-0Y, T-10 y Mante 81 bajo riego y POI-5-66-5-1, -

POI-6-16-1-1, Líbano CM-1098 y T-3 bajo temporal sobresalieron para el rendimiento y en la producción de aceite. Se identificaron líneas superiores para cada componente de rendimiento bajo riego y temporal.

La mayoría de las características estudiadas registraron altos valores de heredabilidad en sentido amplio. Existe una correlación positiva y significativa entre el rendimiento y el porcentaje de aceite. El índice de selección - construido con siete características, manifestó una eficiencia relativa de 115.95 por ciento, mientras con cuatro características presentó una eficiencia de 113.76 por ciento. Las cuatro características días a floración, peso de 250 semillas, capítulos por planta y rendimiento, influyeron predominantemente en la construcción del mejor índice de selección.

El análisis de sendero para el rendimiento bajo condiciones de riego mostró influencias directas a través de rendimiento por planta, número de semillas por capítulo y en menor grado peso de 250 semillas, altura de planta y número de capítulos por planta. En cambio en el ambiente de temporal el rendimiento muestra 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.

ABSTRACT

Selection index and path coefficient in safflower (Carthamus tinctorius L.) under irrigated and drought conditions

BY

RICARDO AGUILERA RANGEL

MASTER OF SCIENCE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. January 1990

Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi - Advisor -

Key words: Safflower, genotypes, genetic parameters, correlations, selection index, path coefficient analysis, irrigated and dry.

In this research certain genotypes of safflower were evaluated under irrigated and rainfed conditions with an objective of identifying superior genotypes, to study genetic parameters, correlations, construction of selection indexes and path coefficient analysis. The analysis of variance showed significant differences for yield, components of yield and agronomic characters under irrigated and rainfed environments. The following genotypes Saffola 208, C288-5-0Y, T-10

y Mante 81 under irrigated and POI-5-66-5-1, POI- 6-16-1-1, Líbano, CM-1098 y T-3 under rainfed were identified as outstanding in the production of yield and oil. Superior lines were identified for each component of yield in both the environments.

Majority of the characters studied have recorded higher values for broad sense heritability in irrigated and upland conditions. A positive and a significant correlation was observed between yield and oil percent. The selection index constructed with seven characters manifested highest relative efficiency of 115.95 per cent, meanwhile, with four characters presented and efficiency of 113.76 per cent. The four characters: days to flower, seed weight, capsules per plant and yield predominantly influenced in the construction of a better selection index.

The path analysis under irrigated conditions showed direct influence through grain yield per plant, number of seeds per capsule and in menor grade seed weight, plant height, capsules per plant. Meanwhile, under upland conditions yield showed direct effect through days to flowering, yield per plant and lesser grade influenced by number of capsules per plant and number of seeds per capsules.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS -----	xi
INDICE DE FIGURAS -----	xiii
I. INTRODUCCION -----	1
II. REVISION DE LITERATURA -----	4
X Importancia y generalidades -----	4
Mejoramiento genético y variedades liberadas en México -----	6
Método de mejoramiento genético utilizados en cártamo -----	7
Variabilidad del rendimiento y sus componentes bajo riego -----	8
Variabilidad para rendimiento y sus componentes bajo temporal -----	10
Correlaciones en cártamo -----	11
Indices de selección -----	14
Análisis de sendero -----	18
Parámetros genéticos y heredabilidad en sentido amplio y estrecho -----	21
Vigor en cártamo -----	23
III. MATERIALES Y METODOS -----	25
Material genético -----	25
Establecimiento de experimentos -----	26
Toma de características agronómicas -----	28
Otras características evaluadas -----	30
Análisis estadístico -----	32
Expresiones utilizadas para estimar los componentes de varianza -----	34
Comparación de medias -----	36
Expresiones utilizadas para estimar los componentes de covarianza -----	37
Indices de selección -----	39
Análisis de sendero -----	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSION -----	49
Análisis de varianza -----	49
Coeficientes de sendero -----	97

	Pág.
V. CONSLUSIONES -----	115
VI. RESUMEN -----	119
VII. LITERATURA CITADA -----	123

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Origen, altura y madurez fisiológica del material genético evaluado en Buenavista, Coahuila	27
2	Temperatura y precipitación durante el tiempo de siembra y cosecha del cártamo en Buenavista, Coahuila. 1988 -----	33
3	Forma del análisis de varianza así como sus esperanzas de cuadros medios -----	35
4	Forma del análisis de covarianza así como sus esperanzas de productos cruzados medios -----	38
5	Análisis de varianza para trece características agronómicas en cártamo bajo riego -----	50
6	Análisis de varianza para trece características agronómicas en cártamo bajo condiciones de temporal -----	51
7	Promedios de diferentes características agronómicas de cártamo bajo riego -----	54
8	Promedio de diferentes características agronómicas de cártamo bajo temporal -----	55
9	Parámetros genéticos para diferentes características agronómicas de cártamo bajo riego y temporal -----	69
10	Matriz de varianza y covarianza genotípica y fenotípica para diferentes características agronómicas en cártamo bajo riego -----	71
11	Matriz de varianza y covarianza genética y fenotípica para diferentes características agronómicas en cártamo bajo temporal -----	72
12	Correlaciones genotípicas y fenotípicas para diferentes características agronómicas en cártamo bajo riego -----	73
13	Correlaciones genotípicas y fenotípicas para diferentes pares de características agronómicas en cártamo bajo temporal -----	74
14	Coeficiente de las variables para 127 índices de selección, sus factores para estimar la ganancia genética (H/k) y su eficiencia relativa (E.R) en cártamo bajo temporal -----	83

Cuadro		Pág.
15	Importancias relativas en la selección de los caracteres para seis índices (expresada en porcentaje) en cártamo bajo temporal -----	91
16	Coeficientes de las variables para 4 índices de selección, sus factores para estimar la desviación del índice (I) y la eficiencia del índice (P(H,I) en cártamo bajo temporal -----	96
17	Análisis de coeficiente de sendero para los valores genotípicos de siete caracteres en relación a rendimiento en cártamo bajo riego -----	98
18	Análisis de senderos para los valores genotípicos de siete caracteres en relación al rendimiento en cártamo bajo temporal -----	103
19	Análisis de senderos para los valores genotípicos de siete caracteres en relación a porcentaje de aceite en cártamo bajo riego -----	107
20	Análisis de senderos para los valores genotípicos de siete caracteres con relación a porcentaje de aceite en cártamo bajo temporal -----	111

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Diagrama de causa y efecto -----	46
2	A) La importancia relativa en la selección de los caracteres para el índice superior (1,2,3,4,5,6,7) -----	93
	B) La importancia relativa en la selección de los caracteres para el índice superior pero sin incluir rendimiento I (1,4,6), utilizando sólo tres características -----	93
	C) La importancia relativa en la selección de los caracteres para el índice que incluye el caracter porcentaje de aceite I (1,2,3,4,5,6,7,8) -----	94
3	Diagrama causal y cuantificación de las vías de influencia entre valores genotípicos para siete caracteres agronómicos con relación a rendimiento en cártamo bajo riego -----	99
4	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 -----	104
5	Diagrama causal y cuantificación de las vías de influencia entre valores genotípicos para siete caracteres agronómicos con relación a porcentaje de aceite bajo riego -----	108
6	Diagrama causal y cuantificación de las vías de influencia entre valores genotípicos para siete caracteres agronómicos con relación a porcentaje de aceite bajo temporal -----	112

I. INTRODUCCION

El cártamo (Carthamus tinctorius L.) es un cultivo de gran importancia en la producción de aceite, tanto a nivel nacional como internacional. Este cultivo ocupa el primer lugar como oleaginosa en México. Su contenido de aceite varía de un 25 a 37 por ciento en variedades comunes y puede llegar hasta un 45 y 48 por ciento en variedades mejoradas - además tiene un alto contenido de ácido linoleico, poliinsaturado, lo que le confiere la propiedad de liberar menos colesterol en los procesos de asimilación. El cártamo contribuye aproximadamente con el 30 por ciento de aceite vegetal a nivel nacional.

Los rendimientos de cártamo se incrementaron recientemente por el uso de variedades mejoradas y por la aplicación de un paquete tecnológico bajo riego. Pero desafortunadamente los rendimientos bajo temporal permanecen estáticos debido a que las plantas crecen bajo condiciones de deficit de humedad en el suelo y planta.

Un conocimiento sobre los componentes de rendimiento, correlaciones genotípicas y fenotípicas, índices de selección, análisis del coeficiente de sendero y sus interrelaciones, -

es esencial para formular y planear un eficiente programa - de selección, para mejorar los rendimientos en los cultivos (Kuruvadi, 1989). En México se han logrado buenos avances en el mejoramiento genético del cártamo pero la literatura no reporta estudios de correlaciones, índices de selección y análisis de sendero.

Las características que contribuyen en conjunto al - rendimiento pueden variar en ambientes óptimos y subóptimos esto es bajo riego con alta fertilización y en temporal con baja fertilización. Por lo tanto, existe la necesidad de estudiar correlaciones genotípicas y fenotípicas, análisis de senderos y las ganancias genéticas esperadas, junto con las eficiencias relativas de los índices de selección en ambos ambientes.

En esta investigación se evaluaron 24 genotipos diversos de cártamo, bajo riego y temporal, con los siguientes objetivos:

1. Construir índices de selección para seleccionar los - genotipos mas sobresalientes bajo temporal.
2. Detectar las características cuantitativas que contribuyen directa e indirectamente al rendimiento y al porcentaje de aceite a través del estudio de coeficientes de sendero bajo riego y temporal.

3. Identificar los genotipos sobresalientes para el rendimiento y en la producción total de aceite en cártamo bajo riego y temporal.
4. Estudiar las correlaciones fenotípicas y genotípicas para las diferentes características e interpretar sus implicaciones en el mejoramiento genético de cártamo.

II. REVISION DE LITERATURA

Importancia y generalidades

El cártamo (Carthamus tinctorius L.) es una planta - cultivada con un alto potencial en la producción de aceite, particularmente bajo condiciones limitadas de humedad y además es uno de los cultivos mas remunerativos en las áreas semiáridas (Ranga y Ramachandram, 1977). Por otro lado Robles (1978) indica que de acuerdo con la teoría de los centros - primarios de origen de las plantas cultivadas, emitidas por Vavilov, considera como probables centros primarios y secundarios Abisinia y la India respectivamente.

La superficie de siembra a nivel mundial se considera de 1'426,000 ha con promedio de 754 kg/ha de rendimiento. - Los países que mas siembran este cultivo son: India, México, E.U.A, Etiopía, Australia y España con 48.56, 27.16, 12.14, 5, 2.73, 2.43 por ciento respectivamente.

Ashri et al. (1974) consideran que el cártamo es relativamente un nuevo cultivo. Las variedades producidas con - un alto contenido de aceite, las cuales fueron mejoradas después de la Segunda Guerra Mundial, posteriormente se establecieron en la parte Oeste de los Estados Unidos y México, en

Australia y en otras partes.

Quilantán (1983) señala que en México se introdujo en el bajío en la década de los cuarenta y en los cincuenta en las áreas actuales en cultivo, primero bajo riego y ahora en su mayoría de temporal.. En la actualidad las superficies - mas extensas y productivas sembradas con cártamo se encuentran en los Estados de Tamaulipas, Sinaloa, Sonora y Michoacán con un 88.5 por ciento y el resto el producido por otras áreas dispersas y menores de la República. Los rendimientos han sido mantenidos en el nivel de 1.25 a 1.5 toneladas por hectárea, a causa de ser cultivado mayormente en temporal.

En el ciclo otoño-invierno se sembraron 327.326 has y se cosecharon solamente 274.404 has lo que representa una - pérdida porcentual de 16.2 ocasionado por múltiples factores como pueden ser climáticos, plagas y enfermedades y cosecha oportuna. Actualmente bajo condiciones de temporal se obtiene el 60.68 por ciento de la producción nacional de esta oleaginosa. Además Robles (1978) añade que como subproducto de la extracción de aceite, la pasta de cártamo se aprovecha como alimento para ganado. Para usos especiales, como la fabricación de pinturas, jabones y esmaltes.]

Mejoramiento genético y variedades liberadas en México.

Robles (1978) reporta que en nuestro país en 1948 la oficina de Estudios Especiales de la Secretaría de Agricultura y Ganadería estableció pruebas de adaptación encontrando buenas condiciones ecológicas en los Estados de Morelos, Guanajuato y Jalisco. En 1956-1957, se iniciaron en el Centro de Investigaciones Agrícolas del Noreste, estudios para determinaciones de fechas de siembra, densidad de siembra y mejores variedades.

Quilantán (1983) indica que en el Valle del Fuerte se obtuvo el mutante ciclo breve y porte bajo a partir de la colección mundial. Añade que se dispone de fuentes mejoradas en aceites de cáscara delgada y parcial, así como líneas oleicas y enanas-precoces, las que se encuentran en ensayos preliminares de productividad unitaria. Las variedades breves y bajas de cártamo se auguran como una solución en las Costas del Norte de México.

Se cuenta en México con androestériles genéticos y se sabe de citoplasmáticos en híbridos próximos a comercializarse. Las variedades mejoradas por primera vez, como Gila, N-6, N-10 y US-10, con altos rendimientos y mejores contenidos de aceite (30 a 35 por ciento), fueron muy extensas en su área de adaptación y hasta se exportaron a nivel mundial.

Mejoramiento genético y variedades liberadas en México.

Robles (1978) reporta que en nuestro país en 1948 la oficina de Estudios Especiales de la Secretaría de Agricultura y Ganadería estableció pruebas de adaptación encontrando buenas condiciones ecológicas en los Estados de Morelos, Guanajuato y Jalisco. En 1956-1957, se iniciaron en el Centro de Investigaciones Agrícolas del Noreste, estudios para determinaciones de fechas de siembra, densidad de siembra y mejores variedades.

Quilantán (1983) indica que en el Valle del Fuerte se obtuvo el mutante ciclo breve y porte bajo a partir de la colección mundial. Añade que se dispone de fuentes mejoradas en aceites de cáscara delgada y parcial, así como líneas oleicas y enanas-precoces, las que se encuentran en ensayos preliminares de productividad unitaria. Las variedades breves y bajas de cártamo se auguran como una solución en las Costas del Norte de México.

Se cuenta en México con androestériles genéticos y se sabe de citoplasmáticos en híbridos próximos a comercializarse. Las variedades mejoradas por primera vez, como Gila, N-6, N-10 y US-10, con altos rendimientos y mejores contenidos de aceite (30 a 35 por ciento), fueron muy extensas en su área de adaptación y hasta se exportaron a nivel mundial.

Actualmente las variedades de cártamo mas sobresalientes y recomendadas por su producción y contenido de aceite - en distintas regiones del país son: Gila, Saffola 208, Kino 76 y Mante 81.

Métodos de mejoramiento genético utilizados en cártamo

El método de mejoramiento en cártamo a emplear dependerá de los objetivos, del comportamiento genético del germo plasma y entre otras causas, el porcentaje de cruzamiento na tural el que varía de 5 a 60 por ciento o mas. Los métodos clásicos son: Introducción y evaluación del gemroplasma, se lección individual y masal, hibridación, retrocruzamiento, - cruzas dialélicas, múltiples, intervarietales, interespecíficas, muta ciones e innovaciones metodológicas (Robles, 1978).

Ramachandram y Gaud (1981) en un análisis genético del contenido de aceite, el rendimiento y sus componentes determina ron varianzas aditivas y no aditivas y señala que los métodos de mejoramiento tales como apareamiento biparental seguido por la selección recíproco recurrente podrían mejorar simultánea mente el rendimiento y el contenido de aceite en el cártamo.

Channeshapa (1980) estudió cuatro cruzas en - F_1 y F_2 y retrocruzas para 11 caracteres cuantitati vos en cártamo y sugiere que los mejores métodos del - -

mejoramiento del cultivo son hibridación y selección masal.

Knowles (1982) concluye que a través de mutaciones inducidas las siguientes características pueden ser modificadas: duración del período de roseta, largo del tallo, hábito de ramas espinosas, número y tamaño de capítulos, morfología - floral, sistema de maduración, tamaño de semilla, espinosidad y grosor de la cáscara, contenido de aceite y proteínas y - composición de ácidos grasos.

Variabilidad del rendimiento y sus componentes bajo riego

Norris y Tucker (1967) observaron que el efecto de la - aplicación del nitrógeno sobre el rendimiento en cártamo es inicialmente por un incremento del número de capítulos por - planta y no por un mayor número de plantas. En tanto que - Jones y Tucker (1968) demostraron en un estudio bajo condiciones de riego que la fertilización nitrogenada incrementa el rendimiento de semilla con mas capítulos en posición terciaria y por el incremento del peso de los capítulos secundarios (resultado de mayor peso de semilla) y terciarios (de- bido a mayor número de semilla).

Erie y French (1969) señalan que al aumentar el número de riegos se incrementa también el rendimiento del cártamo. Un mayor rendimiento (3,961 kg/ha), contenido de aceite, peso por semilla y semillas por capítulo que se obtuvo al aplicar -

solamente siete riegos casi al término del período de floración. Asimismo, Ashri et al. (1974) revelaron marcadas diferencias en los tres componentes del rendimiento, número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo y peso de semilla, no así para el rendimiento. Además indican que para obtener mas altos rendimientos a través de un mayor número de capítulos por planta, los campos deben ser fértiles y con abundantes riegos.

Nasr et al. (1978) al aplicar el nitrógeno a una proporción de 75 kg/ha obtuvieron una mayor producción de semilla, aceite y proteína cuando se comparó con la proporción de cero aplicación de nitrógeno. Por otro lado, Bajpai et al. (1978) indicaron que cuando la humedad aprovechable del suelo alcanzó el 30 por ciento, con una fertilización de 60.80 kg N además de 60 kg P_2O_5 por hectárea se incrementa el rendimiento del cártamo de 15 a 16 g/ha. Los riegos a altos regímenes de humedad del suelo incrementan el desarrollo vegetativo y reduce el rendimiento.

Singh y Singh (1980) encontraron que el rendimiento de semilla y aceite, la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio se incrementan al aumentar la proporción de nitrógeno, fósforo y los niveles de humedad del suelo, elevándose mas al combinar dichos tratamientos.

Hang y Evans (1985) observaron que al incrementar los riegos aumenta el rendimiento del cártamo, pero el rendimiento por unidad de agua aplicada se reduce y la concentración de aceite no responde a dicho incremento. Por tanto riegos mas allá de 30 cm no son necesarios.

Variabilidad para rendimiento y sus componentes bajo temporal

La mayoría de los lugares del mundo están expuestos a la sequía, pero la duración e intensidad varía de una región a otra. Las pérdidas directas son consecuencia de los rendimientos reducidos y algunas de las causas indirectas son tierras no cultivadas, el abandono o el cambio del uso de estas después de la sequía.

Kramer (1963) indica que el estrés de agua en la planta depende del relativo grado de absorción de agua, y de la pérdida de agua mas que del abastecimiento de agua del suelo. El estrés de agua de la planta puede ser medido por el abastecimiento de agua en el desarrollo de las plantas y en los procesos de la planta.

Céspedes (1983) señala que bajo temporal la mejor densidad de población del cártamo es de 100,000 plantas, además encontró que no hay incremento en la producción por efecto de la fertilización y que los rendimientos óptimos de cártamo

oscilan entre 1,050 a 1,300 kg/ha. Por otro lado, Armendariz (1984) observó que el cártamo tiene la característica de ser moderadamente tolerante a la falta de humedad sin verse por esto reducidos los rendimientos en forma crítica. En otro estudio Hang y Evans (1985) evaluaron el rendimiento y el uso del agua en cártamo y observaron que la disminución del tamaño de la planta, una temprana floración y madurez y la reducción del rendimiento es acusado por el estrés de humedad del suelo.

Correlaciones en cártamo

Para una mayor eficiencia en la selección, cuando la condición del caracter deseable es difícil de seleccionar ya sea por dificultades de identificación, medición o baja heredabilidad el empleo de un caracter correlacionado con alta heredabilidad o fácilmente medible puede resultar mas conveniente. (Goldenberg, 1968). Por otro lado, Falconer (1980) señala las causas de la correlación, ya sea en forma positiva o negativa entre caracteres cuantitativos, una es la genética y la otra es la ambiental. La causa genética principalmente lo es la pleiotropía, así como también el ligamiento, aunque éste es una causa transitoria de caracteres que son influenciados de la misma forma por determinadas condiciones ambientales.

Norris y Tucker (1967) observaron que el rendimiento del cártamo está fuertemente correlacionado con el número - de capítulos por planta. Por otro lado, Urie et al. (1968) encontraron que el incremento del porcentaje de aceite está negativamente correlacionado con la disminución del porcentaje de cáscara ($r = 0.86$).

En un estudio de 903 variedades de cártamo (Carthamus tinctorius L.). Ashri et al. (1974) indicaron que el peso de semilla no tiene efecto sobre el rendimiento por planta, - excepto, pero con una menor influencia con las líneas Iraníes, además estas líneas presentaron una correlación significativa y negativa entre número de capítulos por planta con el número de semillas por capítulo. El rendimiento por planta no estuvo correlacionado con días a floración o el contenido de aceite. En tanto que Abel (1976) señala que número de días a floración y la duración del período de floración estuvieron significativamente correlacionados con el rendimiento de semilla (aunque la correlación fue baja). Añade que el tiempo y la duración de floración afectaron el contenido de aceite en la semilla. Por otro lado, Kotecha (1979) analizó la heredabilidad y asociación de 6 caracteres en cártamo y reveló altas correlaciones entre días a floración con días a madurez y días a madurez con días a floración a madurez.

Por otro lado, en un análisis de 137 variedades de cártamo Sengupta y Bhattachary (1979) observaron una -

correlación positiva entre el rendimiento con altura de planta y días a madurez. En tanto que Alessi et al. (1981) encontraron una correlación positiva y significativa ($r = 0.78$) entre la concentración de aceite y el número de días después de floración. Además observó que el 79 por ciento de la variación en el contenido de aceite es explicada por la variación del agua y la temperatura.

En un estudio de la variabilidad fenotípica de algunos componentes del rendimiento en cártamo, Bratuleau et al. (1982) revelaron estrechas correlaciones entre cuatro componentes de rendimiento con el rendimiento por planta. La correlación fue mas estrecha con peso de semillas por capítulo. Asimismo, Patil (1985) presenta una positiva correlación fenológica y genotípica entre peso de mil semillas y algunas - otras características incluyendo rendimiento por planta pero la correlación entre peso de mil semillas y el porcentaje de aceite fue negativo.

En la estimación de los parámetros fisiotécnicos en cártamo, Prieto (1988) indica que una fuerte correlación fenotípica del rendimiento con tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento del cultivo y eficiencia de área foliar. Además entre el período de llenado de grano y el índice de cosecha ($r = 0.418^*$), rendimiento biológico y rendimiento económico ($r = 0.470^*$) y entre el índice de cosecha y el rendimiento económico.

Morales (1989) observó que los componentes de rendimiento del cártamo con mayor influencia sobre éste, fueron peso de 250 semillas, porcentaje de aceite, peso de capítulos formados y en forma negativa el porcentaje de semilla vana. Además, el contenido de aceite se correlacionó con el número de semillas por capítulo, el porcentaje de proteína y en forma negativa con número de ramas terciarias y el número y peso de capítulos no formados. Por otro lado, Ramírez (1988) mostró estrechas correlaciones fenotípicas y positivas entre el rendimiento económico con número de capítulos ($r = 0.722$), peso de semilla estandarizada al 8 por ciento de humedad ($r = 0.960$) y rendimiento biológico ($r = 0.860$) y solo significativa y positiva con la duración del período de roseta ($r = 0.629$). El contenido de aceite mostró una correlación positiva y significativa con número de días al 50 por ciento de días a floración ($r = 0.588$).

Indices de selección

Las metodologías de selección hasta ahora empleados por los fitomejoradores, se basan normalmente en rendimiento y no siempre han conducido al éxito deseado; ello se debe a que este carácter es altamente influenciado por el medio, razón por la cual comúnmente muestra baja heredabilidad. La respuesta a la selección podría ser mas efectiva si se consideran simultáneamente otros caracteres con alta heredabilidad y positivamente correlacionados con el rendimiento - -

(Celis et al., 1986).

Cuando el caracter por mejorar es de baja heredabilidad, costoso o difícil para ser evaluado, se ha demostrado teóricamente que un índice de selección puede aumentar la probabilidad de seleccionar genotipos deseables y lograr así un avance mas rápido por selección (Smith, 1936 y Hazel y Lush, 1942).

Hazel (1943) señala que un método de correlación múltiple para construir los índices de selección tienen una máxima exactitud. Asimismo, Robinson et al. (1951) muestra que la información necesaria para construir el índice es la siguiente: Varianzas fenotípicas y genotípicas para cada carácter, covarianzas fenotípicas y genotípicas entre cada par de caracteres y valores económicos relativos de cada carácter. Añade que los caracteres debidamente ponderados con alta heredabilidad y correlacionados con el rendimiento pueden servir como mejores indicadores de la potencialidad genética del rendimiento de las progenies.

Un criterio para determinar el índice de selección general de 2 ó mas poblaciones es presentado por Hanson y Johnson (1957) señalan que se requieren fuentes de datos genéticos para evaluar efectos genéticos de la población muestreada sobre las correlaciones genéticas esperadas, una adecuada estimación de las interacciones genotipo-ambiente, además de

información sobre los errores de muestreo para las ponderaciones del índice. Por otro lado, Searle (1965) indica que la selección sobre un caracter alternativo puede o no ser me jor que otra, o puede ser mejor solamente cuando son combinados en un índice con el caracter básico, las dos alternativas pueden no ser tan buenas como el caracter básico pero combinadas en un índice puede ser mejor.

Arévalo y Molina (1974) en un estudio de 8 variedades de cebada maltera y sus cruzas dialélicas demostraron - que los índices mas eficientes son aquellos que contienen el caracter por seleccionar y caracteres correlacionados con él pero no intercorrelacionados. Añade que la información del dialélico produce los índices mas eficientes.

Naskar et al. (1982) estudió índices de selección en girasol, utilizando matrices y observaron que la máxima ganancia genética obtenida fue cuando las 7 características - bajo estudio fueron consideradas juntas. La selección a tra vés de los caracteres fue mas provechosa que sólo la selección por rendimiento. Mientras que Reyes (1985) evaluó 138 familias de medios hermanos de girasol y reveló que el índice con mayor eficiencia relativa fue el construido con todas las variables estudiadas, sin embargo, tal eficiencia resultó ser muy similar a la del índice que incluye a todas las variables con excepción de altura de planta, y al construido con las variables peso de 100 semillas y rendimiento.

Joshi et al. (1985) construyeron índices de selección para variedades de cártamo utilizando la técnica de función discriminante basada en seis caracteres atribuidos al rendimiento. Encontró que los índices con mayor eficiencia son los que incluyen número de capítulos por planta, número de semillas por capítulos y rendimiento por planta o el que contiene número de capítulos por planta, peso de 100 semillas y rendimiento por planta. Por otro lado, se estimaron parámetros genéticos e índices de selección de la variedad de maíz Zac. 58; Celis y Molina (1986) concluyen que la respuesta a la selección utilizando los índices, resultó mayor que sólo considerando el rendimiento en maíz.

La importancia de los índices de selección es que permiten seleccionar simultáneamente caracteres de importancia económica y permiten capitalizar las correlaciones que existen entre las variables de importancia económica y otros caracteres medibles. Por otro lado, las limitaciones de los índices de selección es que los resultados obtenidos en los índices de selección bajo condiciones favorables no pueden ser útiles bajo condiciones desfavorables, ni los resultados obtenidos en un ambiente pueden ser utilizados en otros ambientes, otros limitantes son la asignación de valores económicos y la estimación de varianzas y covarianzas (genotípicas y fenotípicas).

Análisis de sendero

El análisis de la contribución directa e indirecta de un conjunto de variables (las causas) hacia una variable (el efecto) es desarrollado por Wright (1923). Supóngase que una variable dependiente es linealmente determinada por dos factores causales x y z (los cuales pueden estar correlacionados) la tarea es encontrar un artificio para expresar la ecuación de regresión pero independiente de las unidades físicas. Entonces un coeficiente de sendero es meramente un coeficiente de regresión estandarizado (Li, 1956).

Li (1968) señala que el método de coeficiente de sendero es esencialmente un recurso para analizar o descomponer un coeficiente de correlación bajo una estructura de relaciones causales entre variables relacionadas linealmente. Por otro lado, Kempthorne (1969) indicó que los objetivos del método de análisis de sendero son:

- a) Examinar las consecuencias de las fuerzas que actúan linealmente.
- b) Examinar la posibilidad de un modelo de fuerzas causales en la estimación de los coeficientes de sendero cuyas influencias directas pueden no ser medidas, y

c) Para analizar coeficientes de correlación.

Además señala las circunstancias que debe reunir un -
coeficiente de sendero:

- a) Que las X_i (causa) sea una causa mas o menos en las cadenas causales directas a X_o (efecto).
- b) Que las otras variables incluídas en la ecuación de predicción sean también causa de X_o , y
- c) Que las variables mas relevantes sean incluídas.

Chaudhary y Singh (1974) un análisis de coeficiente de sendero entre el rendimiento y sus componentes fue estudiado en 25 genotipos de soya (Glycine max L.) y señalan que el número de vainas por planta y el tamaño de semilla tuvieron un mayor efecto directo al rendimiento. Otros caracteres influyeron al rendimiento pero a través de estos dos - componentes. Sin embargo, tamaño de semilla tuvo un efecto negativo indirecto sobre el rendimiento a través del número de vainas. Por otro lado, Pandey y Torrie (1973) evaluaron 7 cultivos de soya desarrollados en 3 diferentes densidades de siembra en 3 años y el análisis de sendero indicó que en general vainas por unidad de área y semillas por vaina tuvieron un mayor efecto sobre el rendimiento, también menciona que las bajas densidades en soya son compensadas con un mayor número de vainas por planta.

En un estudio para detectar que caracteres son determinantes del rendimiento de grano en trigo utilizando tres metodologías, Calixto et al. (1976) obtuvieron la mejor eficiencia relativa con el índice del carácter de espiga; dicho -carácter, en el método análisis de sendero también hizo la mayor contribución sobre el rendimiento de grano y el método de regresión lineal múltiple, incluyó a dicho carácter como determinante del rendimiento de grano.

En un análisis de asociación de los componentes de -rendimiento y aceite en cártamo (Carthamus tinctorius L.) -Ranga y Ramachandram (1977) indicaron que el número de capítulos por planta seguido por el peso de capítulos por planta fueron solamente los caracteres que influyeron directamente al rendimiento. Todos los otros componentes influyeron en el rendimiento principalmente a través de estos dos componentes. Respecto al contenido de aceite es influenciado por los efectos directos de tres componentes, el porcentaje de -cáscara (-0.80), el rendimiento por planta (0.40), y el número de capítulos por planta (-0.37).

Thombre y Joshi (1981) estudiaron el análisis de sendero de 6 rasgos en 50 variedades locales y extranjeras de cártamo y encontraron que el número de semillas por capítulo tuvo el principal efecto directo positivo sobre el rendimiento. Por otro lado, Paliwal y Solanki (1984) llevaron a cabo un trabajo de análisis de sendero para rendimiento por planta y 4 características.

relacionadas mediante 20 diversas líneas ecológicas y concluyeron que seleccionar para capítulo por planta y peso de 100 se millas puede ser mas efectivo para incrementar el rendimiento.

González (1988) evaluó 23 genotipos de girasol (Helianthus annuus L.) para determinar los componentes de mayor influencia por medio de un análisis de sendero y encontró que días a floración y diámetro de capítulos tiene una influencia positiva, en cambio el caracter días a madurez tuvo una influencia negativa. Asimismo, Castillo (1988) observó en un análisis de sendero entre el rendimiento y sus componentes en 25 variedades de girasol y encontró que el caracter días a floración obtuvo el primero y segundo lugar en una y otra localidad.

Parámetros genéticos y heredabilidad en sentido amplio y estrecho

En un estudio de heredabilidad y asociación de seis caracteres en cártamo, Kotecha (1979) reveló que la heredabilidad estimada en sentido amplio fue alta para todos los caracteres estudiados. También, estimó la heredabilidad en sentido estrecho para número de días a floración (11 por cient to) y altura de planta (79 por ciento) calculada de la craza N4051 x 830293. La ganancia genética esperada para número de días a floración y altura de planta es de 0.7 y 17 por -

ciento respectivamente. Por tanto, la selección directa para mejorar altura de planta puede ser efectiva.

En cuatro cruces de cártamo (Carthamus tinctorius L. y C. palaestinus Erig.), Kotecha (1981) estimó la heredabilidad en sentido amplio y señala que para número de capítulos por planta, rendimiento de semilla y peso de semilla el rango varió de 4.4 a 16.7 por ciento, 21.7 a 81.8 por ciento y 66 a 85.5 por ciento respectivamente. También observó en todas las F_2 's una distribución continua sugiriendo un múltiple factor de heredabilidad de los tres caracteres. Por otro lado, Sengupta y Bhattachary (1979) en un análisis de rendimiento y cuatro de sus componentes en 137 variedades de cártamo encontraron altas estimaciones en la ganancia genética y en la heredabilidad en sentido amplio para los rasgos. Asimismo, Channeshappa (1980) observó en cártamo que el porcentaje de cáscara tuvo una alta heredabilidad estimada combinada con una alta ganancia genética esperada. El contenido de aceite, el peso de 100 semillas y la altura también tuvieron una alta heredabilidad estimada para con una baja ganancia genética esperada.

Narkhade et al. (1985) estudiaron 55 variedades de cártamo locales y extranjeras en la India y señalan que la ganancia genética y la heredabilidad en sentido amplio fueron relativamente altos pero rendimiento por planta, semillas por capítulo, capítulos por planta y número de ramas primarias. En otro -

estudio con trece variedades de cártamo, Ramírez (1988) reportó diferencias altamente significativas entre tratamientos para 15 de los parámetros bajo estudio. También indica que los valores de heredabilidad en sentido amplio para el contenido de aceite y rendimiento en cártamo fueron altos.

Vigor en cártamo

El fenómeno en virtud del cual la cruce entre dos razas, dos variedades, dos líneas, producen un híbrido superior en rendimiento, altura, resistencia a plagas, enfermedades, sequía, o cualquier otra característica que expresa mayor vigor que el que manifiesta el promedio de los progenitores o el progenitor mas vigoroso se le denomina vigor híbrido (Reyes, 1985).

Channeshappa (1980) señala que la heterosis fue mas alta para el rendimiento de semilla por planta, controlado por efectos de dominancia y dominancia por dominancia. El peso de 100 semillas, contenido de aceite, el número de ramas secundarias y la circunferencia del tallo controlado por efectos aditivos; el número de ramas primarias, diámetro de capítulos y porcentaje de cáscara por efectos aditivos y de dominancia, el número de semillas por capítulo por efectos de dominancia y la altura por efectos de dominancia por dominancia. Por otro lado, Ranga (1983) observó varianzas genéticas aditivas para altura de planta, número de días a

floración, número de ramas por planta, tamaño de aquenios y porcentaje de aceite pero varianzas no aditivas para rendimiento, diámetro de capítulos primarios, rendimiento por capítulos y peso de 100 aquenios. Cruzas entre padres con diversidad genética dieron híbridos heteróticos con una amplia y positiva habilidad combinatoria específica para el rendimiento y sus componentes en el cártamo.

III. MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se llevó a cabo en el campo experimental de Buenavista, Saltillo, Coahuila, bajo la dependencia de la U.A.A.A.N. y en el Campo Experimental de la Escuela Superior de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez de Durango (E.S.A.Z.), situada en el Ejido Venecia, Durango, durante el período de enero a agosto de 1988. Debido a fallas en la localidad de Venecia, Durango, y tomando en cuenta la necesidad de obtener estimaciones confiables para la construcción de los índices y los coeficientes de sendero, sólo se consideró la localidad de Buenavista, Saltillo, Coahuila. Por otro lado, fue eliminado una repetición completa y un genotipo (Torito) en el ambiente de temporal, debido a una baja germinación de plantas. De esta manera sólo el ambiente de temporal quedó constituido por 23 genotipos y 3 repeticiones.

Material genético

En el presente estudio se utilizaron 24 variedades de cártamo de diferentes orígenes y con una amplia gama de variabilidad genética, para diversas características agronómicas. Los recursos genéticos están constituidos por líneas de - -

diferentes países tales como trece líneas de México (C70-15-0Y, POI-5-66-5-1, POI-6-16-1-1, 10VF75-2-3-5-2, C547-1-6-0Y, 38VF75-53-1-1-2, Torito, C228-5-0Y, T-1, T-3, T-10, T-19, T-15) dos de Egipto (Egipto CM-1276, Egipto CM-1239) y dos de Israel (Israel CM-1125, Jerusalém CM-1136), una de Jordán (Jordán CM-1098), Kuwait (Kuwait CM-1107), Líbano (Líbano CM-1082) y con cuatro testigos (Saffola 208, Noreste 84, Gila, 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, y madurez fisiológica y número de ramas, porcentaje de aceite, proteína y semilla vana e índice de cosecha. Además poseen una considerable diversidad genética, geográfica, el origen e identidad de los genotipos se presentan en el Cuadro 1.

Establecimiento de experimentos

La semilla de los 24 genotipos fue sembrada en dos ambientes bajo riego y temporal en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 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.

Cuadro 1. Origen, altura y madurez fisiológica del material genético evaluado en Buenavista, Coahuila.

Genotipo	Origen	Altura (cm)	Madurez fisiológica
Noreste 84	México	47	129
Gila	México	56	169
Mante 81	México	80	182
C70-15-0Y	México	87	181
POI-5-66-5-1	México	69	183
POI-6-16-1-1	México	77	183
T-1	México	71	177
10VF75-2-3-5-2	México	72	169
Saffola 208	México	77	180
C547-1-6-0Y	México	85	182
T-10	México	81	170
T-19	México	69	169
T-3	México	55	169
38VF75-53-1-1-2	México	75	165
T-15	México	67	181
C228-5-0Y	México	90	182
Egipto CM-1276	Egipto	80	169
Egipto CM-1239	Egipto	74	167
Kuwait CM-1107	Kuwait	74	168
Israel CM-1125	Israel	70	164
Jerusalem CM-1136	Jerusalem	78	171
Libano CM-1098	Libano	98	170
Jordán CM-1082	Jordán	92	176
Torito	México	66	170

En el experimento llevado a cabo bajo temporal se dió un solo postriego después de la siembra para obtener una germinación uniforme y un establecimiento inicial. Después el cultivo se desarrolló estrictamente bajo precipitaciones naturales; mientras que bajo riego se aplicaron riegos de pre-siembra y otra de postsiembra además de seis riegos para obtener mejor crecimiento y potencial biológico de rendimiento.

Se aplicó fertilizante en una sola ocasión antes de efectuar la siembra en ambas parcelas (riego y temporal). - Se utilizó Nitrógeno-Fósforo-Potasio en dos dosis diferentes [80-60-00] y [40-30-00]. Durante el período de desarrollo del cultivo no se detectaron plagas o enfermedades por lo - que no se aplicó ningún otro producto químico.

Toma de características agronómicas

En cada parcela de las distintas repeticiones de los diferentes ambientes se muestrearon cinco plantas individuales, seleccionadas aleatoriamente, para tomar los datos siguientes:

Altura de planta. Se midió desde la base del tallo hasta la parte superior del capítulo y rama mas sobresaliente en centímetros.

Días a floración. Se consideró el período de días - transcurridos desde la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas de la parcela estaban en antesis.

Días a madurez fisiológica. Se consideró el período de días transcurridos desde la siembra hasta el llenado de - grano de cada parcela en un 80 por ciento, tomando en cuenta que, una planta alcanza su madurez fisiológica al presentar las brácteas que están bajo los capítulos secas o con un color amarillento o café, lo cual determina que ha terminado el transporte de los nutrientes a la semilla.

Número de ramas primarias. Las ramas que se encuentran unidas directamente al tallo principal.

Peso de 250 semillas. Se contaron 250 semillas de - cada genotipo se pesaron en la balanza analítica y fueron obtenidos valores promedios.

Número de capítulos por planta. Se evaluó después de madurez fisiológica, considerándose como el promedio del número de capítulos contenidos en las plantas al azar en cada parcela.

Número de semillas por capítulo. Se consideró como el promedio de la semilla de cinco capítulos tomados al azar de las cinco plantas etiquetadas.

Rendimiento por planta individual. Se estimó a partir del peso promedio de la semilla cosechada de las cinco - plantas etiquetadas para cada parcela.

Rendimiento por hectárea. A partir de la semilla cosechada por cada parcela, se estimó la cantidad de kg/ha. - Considerándose como rendimiento por parcela la cosecha de la semilla del surco central con longitud de tres metros lineal.

Otras características evaluadas

Índice de cosecha. Se utilizó la relación rendimiento económico sobre rendimiento biológico determinándose los valores promedios de cada tratamiento.

Porcentaje de semilla vana. Se determinó a partir de la relación del peso de semilla vana sobre el rendimiento de semilla por cien de cada parcela. Se utilizó una beneficiadora con maya de $6/64 \times 3/4$ pulgadas y otra maya con un diámetro de $3/16$ pulgadas.

Porcentaje de aceite y proteína. Las muestras traídas del campo se homogenizaron en un homogenizador para obtener una muestra representativa de cada parcela. De ahí se tomaron 12 gramos de semilla la cual se molió en un molino para café y el resto se redujo en un muestreo, hasta que toda la

muestra pasó a través de un tamiz de 1.43 mm. El porcentaje de aceite y proteína fue determinado en un aparato analizador de granos. Este aparato mide las absorciones de las muestras en la parte cercana al infrarrojo del espectro electromagnético (1.8 μ m a 2.32 μ m), realizando mediciones cuantitativas de los componentes (aceite, proteína, humedad), proporciona además longitud de onda por medio de una pieza especial (Enconder). Contiene también sensores, fuentes de poder y computación electrónica que transforma la información espectral reflejada en la cantidad de componentes presentes en la muestra.

Para obtener el porcentaje se tomaron tres lecturas - en el aparato a 0°, 120° y 240°; las lecturas no deberían de exceder de 0.7 entre ellas. En caso contrario debería procederse a moler nuevamente la muestra. El resultado final fue el promedio de las tres lecturas, (Jasso, 1990).

Debido a que los datos en porcentaje no tienen una distribución normal, tal es el caso en aceite, proteína y semilla vana los datos se transformaron de acuerdo con Reyes (1982) utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Arco Seno } \sqrt{\text{Porcentaje}}$$

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.

La temperatura y precipitación durante el tiempo del cultivo del cártamo se presentan en el Cuadro 2. La precipitación en el mes de febrero, marzo y mayo fue escasa mientras que en los meses de enero, abril, junio, julio y agosto recibieron bastante precipitaciones durante el tiempo de floración a madurez de grano. De junio hasta agosto se recibieron aproximadamente 300 mm de lluvia. Este tipo de precipitaciones es anormal en estos meses en Buenavista, además este tipo de precipitación fue de beneficio en la evaluación - de líneas de cártamo bajo temporal mientras en el experimento de riego las lluvias dañaron y produjeron efectos negativos en la fertilización, crecimiento y desarrollo del grano.

Análisis estadístico

Para cada variable estudiada, se llevó a cabo un análisis de varianza en cada uno de los dos ambientes. El modelo para tales análisis fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + G_j + e_{ij}$$

Cuadro 2. Temperatura y precipitación durante el tiempo de siembra y cosecha del cártamo en Buenavista, Coahuila. 1988

Meses	Temperatura			Precipitación
	Máxima	Mínima	Media	Total
Enero	25.4	- 5.0	9.9	18.0
Febrero	27.0	- 7.0	11.1	5.3
Marzo	29.3	- 3.8	14.2	13.2
Abril	32.1	3.0	18.3	30.9
Mayo	31.8	9.0	20.0	10.6
Junio	31.3	10.0	20.2	21.6
Julio	28.8	12.2	20.4	146.6
Agosto	28.3	12.8	20.1	130.5
Total	-	-	-	376.7

Donde:

- i = 1, 2, ..., b (bloques)
- j = 1, 2, ..., g (genotipos)
- y_{ij} = Observación del j-ésimo genotipo en el i-ésimo bloque.
- $\bar{y}$ = Media general
- α_i = Efecto del i-ésimo bloque
- β_j = Efecto del j-ésimo genotipo
- ϵ_{ij} = Error experimental

La forma del análisis de varianza así como las esperanzas de cuadrados medios se presentan en el Cuadro 3.

Expresiones utilizadas para estimar los componentes de varianza

Varianza fenotípica en base a la media de una entrada.

$$\hat{V}^2_P = \frac{Mg}{b}$$

Varianza genotípica

$$\hat{V}^2_G = \frac{Mg - Me}{b}$$

Cuadro 3. Forma del análisis de varianza así como sus esperanzas de cuadros medios

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Esperanzas de Cuadrados medios
Bloques	$b - 1$	Mb	
Genotipos	$g - 1$	Mg	$\sigma^2_e + b \sigma^2_G$
Error	$(b-1)(g-1)$	Me	σ^2_e

Heredabilidad en sentido amplio

$$\hat{h}^2 = \frac{2_G}{2_P}$$

Coeficiente de variación (C.V.)

Los coeficientes de variación se determinaron según la siguiente fórmula:

$$C.V. = \frac{\sqrt{C.M.E.}}{\bar{X}} \times 100$$

donde:

C.V. = Coeficiente de variación
 C.M.E. = Cuadrado medio del error experimental
 $\bar{X}$ = Media general

Comparación de medias

Cuando existió significancia estadística al 0.05 de probabilidad en los análisis de varianza de cada carácter en la fuente de variación tratamientos, se procedió a separar las medias utilizando la diferencia mínima significativa (D.M.S) de acuerdo a la fórmula siguiente (Little y Hills, 1984).

$$D.M.S. \quad 0.05 = T_{\alpha \text{ g.l.}} \sqrt{\frac{2 \text{ C.M.E.}}{b}}$$

donde:

D.M.S = Diferencia mínima significativa al 0.05 - de probabilidad.

$t_{\alpha \text{ g.l.}}$ = Valor tabular t para los grados de libertad del error experimental.

C.M.E = Cuadrado medio del error experimental.

b = Número de repeticiones o bloques.

Se llevó a cabo también un análisis de covarianza para cada combinación de los caracteres en cada ambiente, la forma adecuada de dicho análisis así como sus esperanzas de productos cruzados medios se presentan en el Cuadro 4.

Expresiones utilizadas para estimar
los componentes de covarianza

Covarianza fenotípica en base a la media de una entra

da:

$$\hat{P}_{xy} = \frac{M_{gxy}}{b}$$

Cuadro 4. Forma del análisis de covarianza así como sus esperanzas de productos cruzados medios

Fuente de variación	Grados de libertad	Productos cruzados medios	Esperanzas de Productos cruzados medios
Bloques	$b-1$	M_{bxy}	
Genotipos	$g-1$	M_{gxy}	$\sigma_{exy} + b\sigma_{Gxy}$
Error	$(b-1)(g-1)$	M_{exy}	σ_{exy}

Covarianza genotípica

$$\hat{G}_{xy} = \frac{M_{gxy} - M_{exy}}{b}$$

Correlaciones

Se estimaron correlaciones fenotípicas (r_{pxy}) y genotípicas (r_{gxy}) en base a las siguientes expresiones:

$$r_{pxy} = \frac{P_{xy}}{\hat{V}_{px} \cdot \hat{V}_{py}}$$

$$r_{gxy} = \frac{G_{xy}}{\hat{V}_{gx} \cdot \hat{V}_{gy}}$$

Indices de selección

Se construyeron en base a lo establecido por Smith (1936) y Hazel (1943). Para la construcción de un índice de selección se parte de que cada unidad de selección presenta un valor genético agregado (H), donde G_i es el valor genotípico o el valor reproductivo para cada caracter y a_i es la ponderación económica para cada i-ésimo caracter. Se representa como sigue:

$$H = a_1 G_1 + a_2 G_2 \dots + a_n G_n$$

El índice de selección queda definido de acuerdo a la siguiente expresión:

$$I = b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots b_n X_n$$

Donde b_i es el coeficiente para el i -ésimo carácter y X_i es el valor fenotípico para el i -ésimo carácter. Así la selección de los valores de H se realiza en forma indirecta por medio de los valores I .

La ganancia esperada para el valor genético agregado (AH) se define de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} AH &= K \frac{\text{Cov}(I, H)}{I} \\ &= K \frac{\sum_i b_i \text{Cov}(X_i, H)}{\sqrt{\sum_{ij} b_i b_j \text{Cov}(X_i, X_j)}} \end{aligned}$$

Si $P_{ij} = \text{Cov}(X_i, X_j)$ y $G_{im} = \text{Cov}(X_i, H)$ obtenemos:

$$= K \frac{\sum_i b_i \text{Cov}(X_i, H)}{\sqrt{\sum_{ij} b_i b_j P_{ij}}}$$

Para el valor genético agregado (H) por un lado se -
consideró al rendimiento por hectárea, en cambio en los - -

índices mas sobresalientes para dicho caracter se utilizaron dos caracteres de importancia el rendimiento por hectárea y el porcentaje de aceite y así determinar el valor genético - agregado considerando ambos caracteres. La ponderación económica de dichos caracteres es de uno. A las demás variables se les asignó una ponderación económica de cero. Donde G_r es el valor genotípico para rendimiento y G_a es el valor genotípico para el porcentaje de aceite. Queda representado, cuando solo se consideró el rendimiento por hectárea, como sigue:

$$H = G_r$$

y al incluir el porcentaje de aceite se representa a continuación:

$$H = G_r + G_a$$

La expresión que maximiza la ganancia genética esperada, de acuerdo a Harris (1964) está dada de la siguiente manera:

$$\sum_{i=1}^n b_i P_{it} = G_{tr} \quad t = 1, 2, \dots n$$

así mismo, al incluir ambos caracteres es como sigue:

$$\sum_{i=1}^n b_i P_{it} = G_{tr} + G_{ta}$$

De la solución de las ecuaciones simultáneas se obtienen los coeficientes b_i , dichas ecuaciones se expresan a continuación:

$$b_1 P_{11} + b_2 P_{21} + \dots + b_n P_{n1} = G_{1r}$$

$$b_1 P_{12} + b_2 P_{22} + \dots + b_n P_{n2} = G_{2r}$$

$$\begin{array}{ccccccc} & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \end{array}$$

$$b_1 P_{1n} + b_2 P_{2n} + \dots + b_n P_{nn} = G_{nr}$$

y al incluir el caracter porcentaje de aceite se expresa de la siguiente manera:

$$b_1 P_{11} + b_2 P_{21} + \dots + b_n P_{n1} = G_{1r} + G_{1a}$$

$$b_1 P_{12} + b_2 P_{22} + \dots + b_n P_{n2} = G_{2r} + G_{2a}$$

$$\begin{array}{ccccccc} & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \end{array}$$

$$b_1 P_{1n} + b_2 P_{2n} + \dots + b_n P_{nn} = G_{nr} + G_{na}$$

Donde las varianzas fenotípicas P_{ij} y las varianzas genotípicas G_{ir} y G_{ia} están presentes cuando ambos subíndices corresponden al mismo caracter. P_{ij} es la covarianza fenotípica entre los caracteres i y j y G_{ir} y G_{ia} es la covarianza genotípica entre el caracter i con el rendimiento y con el aceite respectivamente.

La ganancia genética del rendimiento de un determinado grupo de índices se calculó considerando un control parental de uno, considerando la expresión reportada por Harris (1964) de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}\Delta H &= K \sqrt{\text{Cov}(H, I)} \\ &= K \sqrt{\sum_{i=1}^n b_i G_{ir}}\end{aligned}$$

donde: K = diferencial de selección estandarizado.

La eficiencia relativa (E.R) se obtuvo al dividir la ganancia esperada para dicho índice, con ganancia genética - esperada de la selección directa para rendimiento.

$$E.R. = \frac{\Delta H \text{ de Sel. Indirecta}}{\Delta H \text{ de Sel. Directa}} \times 100$$

Para determinar la eficiencia de un índice $[P(H, I)]$, cuando se consideran dos caracteres de importancia económica (como son el rendimiento y el porcentaje de aceite) de acuerdo con Bulmer (1985) esta dado por la expresión siguiente:

$$P(H, I) = \frac{\sqrt{I}}{\sqrt{H}}$$

Donde $\sqrt{I}$ es la raíz cuadrada de la varianza del índice en consideración y $\sqrt{H}$ es la raíz cuadrada de la varianza del valor genético agregado al considerar dos caracteres de importancia económica.

La varianza del índice (σ^2_I) se obtiene de la siguiente forma:

$$\sigma^2_I = \sum_i b_i^2 P_{ii} + 2 \sum_{\substack{i,j \\ i < j}} b_i b_j P_{ij}$$

Donde b_i es el coeficiente para el i -ésimo caracter; P_{ii} es la varianza fenotípica para el i -ésimo caracter y P_{ij} son las covarianzas fenotípicas entre las variables.

La varianza del valor genético agregado σ^2_H para dos caracteres esta dado por la expresión siguiente:

$$\sigma^2_H = \sum_i a_i^2 G_{ii} + 2 \sum_{\substack{i,j \\ i < j}} a_i a_j G_{ij}$$

Donde G_{ii} es la varianza genotípica para el i -ésimo caracter y G_{ij} es la covarianza genotípica para el i -ésimo y j -ésimo caracteres incluidos en H .

La importancia relativa de un caracter en la selección propuesta por Reyes V. (1985) se calculó por la siguiente expresión:

$$Imr = \left[\frac{E.R.(A) - E.R.(A-X_i)}{n \sum_{j=1} [E.R.(A) - E.R.(A-X_j)]} \right] \times 100$$

Donde $E.R.(A)$ es la eficiencia relativa del índice $I(A)$ y $E.R.(A-X_i)$ la eficiencia relativa del índice $I(A-X_i)$ dada en porcentaje.

Análisis de sendero

En lo que respecta al análisis de senderos, éste se llevó de acuerdo a la teoría de los coeficientes de sendero de Wrigth (1923) utilizando la metodología de Dewey y Lu (1959), la que parte de los coeficientes de correlación genotípica. Para ello se estructura un diagrama de causa-efecto el cual se presenta en la Figura 1, donde P_g representa el valor fenotípica para la variable efecto (rendimiento por hectárea o porcentaje de aceite según sea el caso); G_g es el valor genotípico de la variable efecto; h es la raíz cuadrada de la heredabilidad de la variable efecto, e_2 es la raíz cuadrada del coeficiente de determinación del error; b_i es la magnitud del coeficiente de sendero de la i -ésima variable hacia la variable efecto y r_{ij} son los coeficientes de correlación genotípica, entre las variables.

Con la información obtenida de la matriz de correlaciones genotípicas para ambos ambientes y por separado se obtuvo el siguiente sistema de ecuaciones simultáneas.

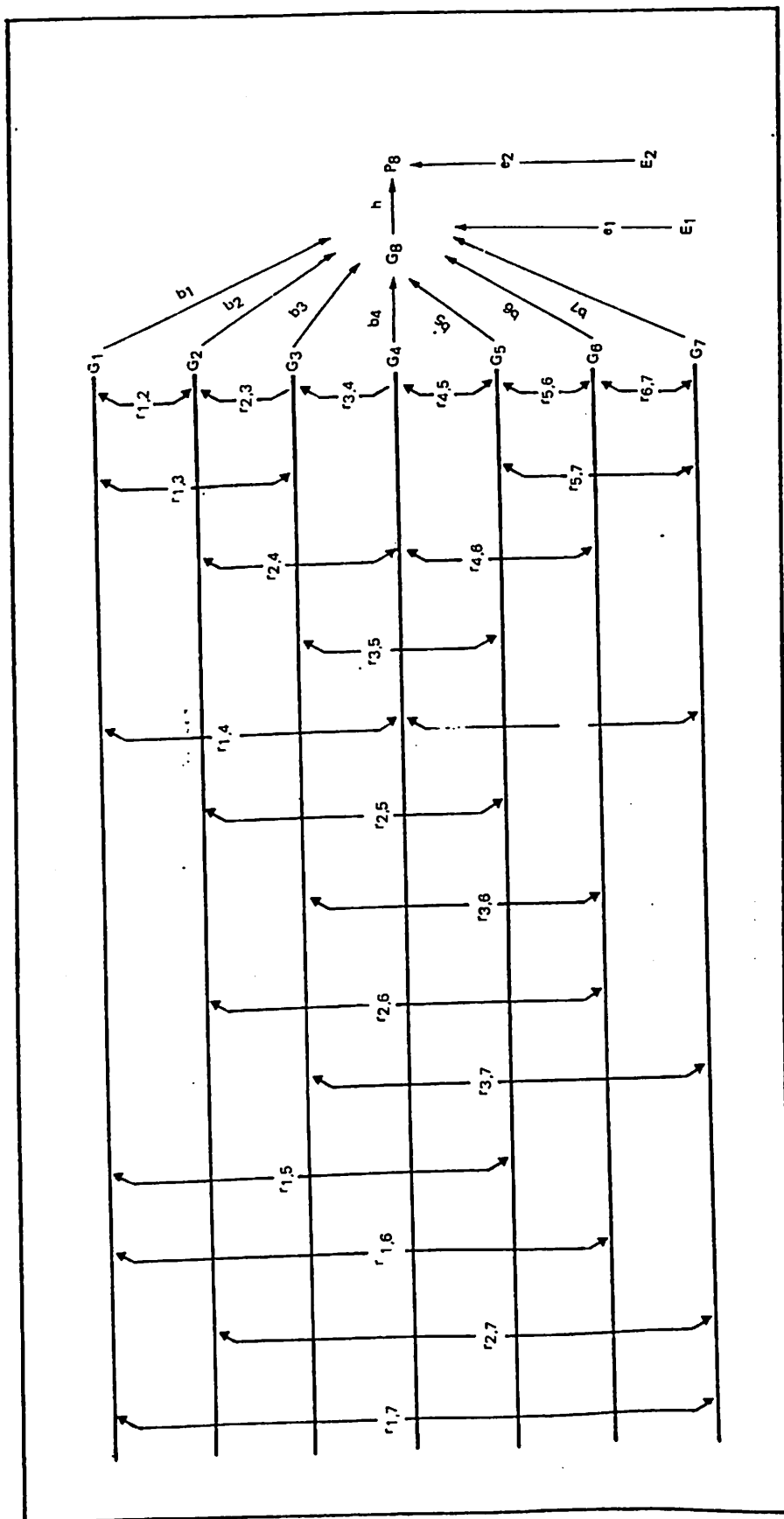


Figura 1 Diagrama de causa y efecto.

$$\begin{array}{ccccccc}
 b_1 r_{11} & + & b_2 r_{1.2} & + & \dots & + & b_7 r_{1.7} & = & r_{1.8} \\
 b_1 r_{2.1} & + & b_2 r_{2.2} & + & \dots & + & b_7 r_{2.7} & = & r_{2.8} \\
 \vdots & & \vdots & & & & \vdots & & \vdots \\
 \vdots & & \vdots & & & & \vdots & & \vdots \\
 \vdots & & \vdots & & & & \vdots & & \vdots \\
 \vdots & & \vdots & & & & \vdots & & \vdots \\
 b_1 r_{7.1} & + & b_2 r_{7.2} & + & \dots & + & b_7 r_{7.7} & = & r_{7.8}
 \end{array}$$

La solución del sistema de ecuaciones anterior nos proporciona los coeficientes de sendero b_i , donde r_{ij} es el coeficiente de correlación genotípica entre el i -ésimo y j -ésimo carácter y el subíndice 8 representa la variable efecto.

En el caso del presente estudio, el coeficiente de sendero del factor residual, se obtuvo como sigue:

$$e_2 = [1 - (\sum_{i=1}^n b_i^2 + 2 \sum_{\substack{i,j \\ i < j}} b_i b_j r_{ij})]^{1/2}$$

La representación matricial de las siete ecuaciones

$$\begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} r_{1.8} \\ r_{2.8} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ r_{7.8} \end{array} \right] \\ r \end{array} = \begin{array}{c} \left[\begin{array}{ccccccc} 1 & + & r_{1.2} & + & \dots & + & r_{1.7} \\ r_{1.2} & + & 1 & + & \dots & + & r_{2.7} \\ \vdots & & \vdots & & & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & & & \vdots \\ r_{1.7} & + & r_{1.7} & + & \dots & + & 1 \end{array} \right] \\ R \end{array} \begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ b_7 \end{array} \right] \\ B \end{array}$$

La solución del sistema anterior es:

$$B = R^{-1} r$$

donde:

R^{-1} = Es la matriz inversa de las correlaciones genotípicas posibles entre las variables causa.

r = Es un vector de correlación genotípica en tre las variables efecto y las variables causa.

B = Es un vector de coeficiente de sendero de las variables causa sobre la variable efecto.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de varianza

Los análisis de varianza para diferentes características agronómicas bajo riego y temporal se presentan en los Cuadros 5 y 6 respectivamente, indicando diferencias significativas para todas las características estudiadas tales como rendimiento por hectárea, planta 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 y proteína e índice de cosecha bajo riego y temporal simultáneamente, revelando que existe una amplia gama de variabilidad para todas las características estudiadas entre los genotipos incluidos en el estudio y también indica que estos materiales son muy útiles y promisorios para desarrollar variedades altamente rendidoras en el mejoramiento genético del cártamo bajo riego y temporal. Prieto (1988) indica en un estudio con materiales introducidos, así como variedades nacionales y comerciales de cártamo utilizadas como testigos que días a floración, días a madurez, altura de planta, número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo y peso de 100 semillas mostraron diferencias altamente significativas. Morales (1989) evaluó 24 genotipos de cártamo con una diversidad --

Cuadro 5. Análisis de varianza para trece características agronómicas en cártamo bajo riego

C u a d r a d o s M e d i o s														
Fuente de variación	Grados de libertad	Rendto/ha	Rendto/planta	Capítulos/planta	Semilla/capítulo	Peso de 250 smlls	Altura	No. ramas	Días a floración	Días a madurez	Aceite (%)	Proteína (%)	Semilla vana (%)	Indice de cosecha
Repeticiones	3	587883.13	51.34	18.99	11.38	0.12	116.19	3.06	4.69	5.42	2.02	0.19	13.43	15.58
Tratamiento	23	861824.1**	81.27**	103.80**	176.83**	3.22**	551.71**	11.31**	39.72**	197.46**	6.67**	0.18**	15.16**	31.43**
Error	69	213726.77	19.12	33.47	54.14	0.58	49.51	0.93	1.92	2.87	1.25	0.06	6.74	12.74
Total	95	72323.21	48.44	68.90	113.43	1.66	238.46	4.83	15.37	68.93	3.56	0.13	12.38	23.89
C.V. (%)	-	23.86	18.24	18.87	18.29	7.42	9.43	12.54	1.09	0.98	3.23	1.02	27.06	12.13

** Significativo al 1%
C.V. Coeficiente de Variación

Cuadro 6. Análisis de varianza para trece características agronómicas en cártamo bajo condiciones de temporal

C u a d r a d o s m e d i o s														
Fuente de variación	Grados de libertad	Rndnto/ha	Rndnto/planta	Capítulos/planta	Semilla/capítulo	Peso de 250 smlls.	Altura	No. ramas	Días a floración	Días a madurez	Aceite (%)	Proteína (%)	Semilla vana(%)	Índice de cosecha
Repetición	2	711056.0	243.05	22.22	16.46	2.76	164.85	1.42	3.54	3.26	0.96	1.33	5.24	51.52
Tratamiento	22	664342.5*	88.49**	38.87**	72.16**	4.81**	268.58**	4.44**	28.03**	82.04**	6.73**	0.35**	7.8NS	36.32**
Error	44	312677.1	16.48	11.99	15.86	0.53	52.03	1.38	2.43	1.99	1.05	0.10	5.26	15.23
Total	68	677169.1	71.77	32.44	52.69	3.06	193.81	3.66	16.61	43.16	4.46	0.33	9.40	35.73
C.V. (%)	-	32.62	20.28	21.56	11.61	6.91	11.79	19.69	1.26	0.82	2.86	1.34	33.61	11.95

* Significancia al 5%

** Significancia al 1%

NS No Significancia

C.V. Coeficiente de variación

geográfica para estudiar análisis de crecimiento, características agronómicas y componentes de rendimiento y reportó diferencias significativas para rendimiento biológico, número de ramas, altura de planta, número de capítulos por planta, peso de 250 semillas y porcentaje de aceite y proteína.

El coeficiente de variación osciló de 0.98 por ciento a 27.06 por ciento y 0.82 a 33.61 por ciento bajo riego y temporal respectivamente. Sin embargo, el rango para coeficiente de variación fue 0.98 a 23.86 por ciento para todas las características estudiadas bajo condiciones de riego excepto para semilla vana (27.06 por ciento), mientras que bajo temporal este rango fue 0.82 a 20.28 por ciento para todas las características estudiadas excepto rendimiento por hectárea - - (32.62 por ciento) y semilla vana (33.61 por ciento). Estos valores tan altos pueden atribuirse principalmente a los efectos del ambiente sobre los genotipos y a la variabilidad existente entre ellos. Morales (1989) en un estudio con 24 genotipos de cártamo bajo riego en Buenavista, Saltillo, Coahuila indica que los coeficientes de variación presentaron una variación de 0.82 por ciento a 119.29 por ciento para todas las características, incluyendo el rendimiento económico (37.6 por ciento) y el porcentaje de semilla vana - (29.17 por ciento).

Kuruvadi y Cortinas (1986) mencionan que el rendimiento es un carácter muy complejo controlado por poligenes del

núcleo y genes del citoplasma con una cadena de eventos - interrelacionados de diferentes funciones fisiológicas y bioquímicas e interacción con el ambiente. En esta investigación el rendimiento varió entre 782.5 a 2757.2 con un promedio de 1937.4 kg/ha bajo riego (Cuadro 7) mientras que en - temporal este rango fue 881.1 a 2496.7 con un promedio de - 1714.2 (Cuadro 8) y los rendimientos bajo riego se registraron 13 por ciento mas en comparación, a los rendimientos bajo temporal. La variedad Saffola 208 manifestó un máximo rendimiento de 2757.2 kg/ha y siguiéndole la variedad C228-5-0Y (2542.3 kg/ha), T-10 (2500.7 kg/ha) y Mante 81 (2405.3 kg/ha) POI-5-66-5-1 (2310.3 kg/ha), 10VF75-2-3-5-2 (2307.6 kg/ha) - produjeron altos rendimientos en comparación de las restantes variedades bajo riego y también todas las líneas son estadísticamente igual en el rendimiento. En el ambiente de temporal la línea POI-5-66-5-1 expresó en máximo rendimiento de - 2496.7 kg/ha, siguiéndole las líneas POI-6-16-1-1 (2495.7 - kg/ha) Líbano CM 1098 (2418.4 kg/ha), T-3 (2363.3 kg/ha), - T-10 (2133.1 kg/ha) presentaron rendimientos altos y estadísticamente iguales.

Bajpai et al. (1978) y Erie y French (1969) encontraron que los estrés de agua reducen los rendimientos de cártamo y la cantidad de agua requerida para una satisfactoria - cosecha varía con el ambiente.

Cuadro 7. Promedios de diferentes características agronómicas de cártamo bajo riego

Genotipos	Rndmto/ ha (kg)	Rndmto/ planta (g)	Capítulo/ planta	Semillas/ capítulo	Peso de 250 semillas	Aceite (%)	Aceite kg/ka	Altura (cm)	No. ramas	Días a floración	Días a madurez	Proteína %	Semilla vana %	Indice de cosecha
Noreste 84	785.5	16.9	31.5	35.7	9.8	33.5	262.1	47.4	7.0	123.5	159.3	23.5	9.9	31.7
Gila	1912.9	20.8	31.8	43.9	9.5	34.9	667.6	55.6	5.7	122.5	168.8	23.8	9.5	30.9
Mante 81	2405.3	19.9	28.5	48.8	9.2	35.5	853.9	80.3	7.0	129.3	181.5	24.2	13.1	27.4
C70-15-0Y	2205.8	35.3	36.7	36.7	9.9	35.5	783.1	87.0	9.0	130.0	180.8	24.2	9.7	25.9
POI-5-66-5-1	2310.3	25.1	29.4	40.8	10.6	37.9	875.6	68.9	5.0	126.5	183.3	24.0	9.5	28.7
POI-6-16-1-1	1997.7	25.9	29.5	44.1	10.2	36.3	725.2	76.5	6.8	127.5	182.0	23.7	9.7	22.7
T-1	2261.1	26.0	22.5	32.1	12.0	34.5	780.1	71.3	7.7	129.3	177.3	23.6	8.8	30.9
10VF75-2-3-5-2	2307.6	20.4	27.1	40.8	11.7	34.0	784.6	72.4	5.5	126.0	169.0	23.5	8.1	29.7
Saffola 208	2757.2	31.8	36.1	37.1	9.4	34.2	943.0	76.6	9.2	126.7	180.3	23.6	11.0	30.8
C547-1-6-0Y	1699.4	21.0	34.4	36.8	9.3	35.5	603.3	84.8	9.2	130.8	182.3	23.8	8.1	24.8
T-10	2500.7	25.9	35.9	41.6	10.4	35.3	887.7	80.9	11.0	124.5	170.0	23.6	11.0	26.7
T-19	1793.4	26.0	33.0	40.9	10.5	34.1	611.5	68.6	9.8	122.3	169.0	23.9	11.7	31.0
T-3	2148.9	23.7	36.7	37.7	10.3	35.8	769.3	54.7	6.5	124.0	169.3	23.4	11.1	33.6
38VF75-53-1-1-2	1369.2	18.6	31.3	38.5	10.5	34.2	468.3	74.7	7.9	123.3	164.8	23.6	7.7	30.2
T-15	1800.1	27.3	21.6	42.4	9.8	33.8	608.4	67.5	6.0	127.0	180.5	23.7	7.3	30.9
C228-5-0Y	2542.3	27.4	34.5	42.5	10.4	34.6	879.6	90.0	10.6	129.5	181.5	24.0	9.3	30.5
Egipto CM-1276	2030.6	26.7	29.4	44.3	9.6	33.6	682.3	79.7	6.4	122.3	169.3	23.8	10.6	29.5
Egipto CM-1239	1422.0	21.1	19.2	63.9	8.4	32.5	462.2	74.4	6.9	121.3	166.5	23.6	8.0	31.5
Kuwait CM-1107	1644.8	26.7	27.0	40.4	10.8	34.2	562.5	74.3	8.3	125.8	168.3	23.9	7.7	32.2
Israel CM-1125	1376.5	22.1	25.4	42.3	9.5	34.5	474.9	70.0	8.2	124.8	164.3	23.4	14.6	29.2
Jerusalén CM1136	1349.8	14.9	28.6	30.4	11.2	32.9	444.1	78.1	7.8	133.3	171.0	23.6	6.6	26.9
Líbano CM-1098	2155.2	23.7	37.9	35.3	11.4	32.6	702.6	97.7	8.8	130.0	170.3	23.9	7.3	26.4
Jordán CM-1082	1707.5	25.8	34.5	34.4	11.8	33.0	563.5	92.1	5.3	127.8	175.8	23.9	11.4	34.5
Torito	2016.5	22.7	34.1	34.5	9.9	36.3	732.0	66.5	9.4	126.3	170.0	23.6	8.9	30.1
Promedios	1937.4	24.0	30.7	40.2	10.2	34.5	672.0	74.6	7.7	126.4	173.2	23.7	9.6	29.4
D.M.S. (5%)	652.0	6.2	8.2	10.4	1.1	1.8	-	9.9	1.4	1.9	2.4	0.4	4.3	5.0

Cuadro 8. Promedio de diferentes características agronómicas de cártamo bajo temporal

Genotipos	Rndnto/ ha (kg)	Rndnto/ planta (g)	Capítulo/ planta	Semillas/ capítulo	Peso de 250 semillas	Aceite (%)	Aceite kg/ha	Altura (cm)	No. ramas	Días floración	Días madurez	Proteína %	Semilla vana %	Índice de cosecha
Noreste 84	955.5	17.4	16.8	26.1	11.6	34.0	324.9	41.8	5.2	117.0	156.0	23.7	3.9	39.1
Gila	1698.1	16.1	12.2	33.6	11.1	36.1	613.0	51.4	4.1	123.0	175.0	24.5	8.1	32.0
Mante 81	1409.7	13.9	13.4	35.2	8.5	37.2	524.4	68.0	5.7	130.0	180.0	24.1	9.3	24.6
C70-15-OY	1402.2	23.3	12.2	34.5	10.4	35.7	500.6	66.3	6.2	124.7	170.3	23.5	6.1	31.3
POI-5-66-5-1	2496.7	23.7	15.4	39.8	10.2	39.5	986.2	66.7	9.0	121.3	167.3	24.3	6.9	30.7
POI-6-16-1-1	2495.7	31.3	19.3	36.7	9.9	39.2	978.3	67.3	7.3	125.3	176.3	23.9	7.3	32.8
T-1	1468.4	26.8	15.2	35.1	12.6	37.0	543.3	52.0	5.0	122.3	177.7	23.9	6.1	34.5
10VF75-2-3-5-2	1705.4	13.4	13.3	29.7	12.2	35.4	603.7	55.2	5.1	120.7	169.3	23.6	5.7	32.7
Saffola 208	892.2	16.8	16.1	36.4	9.1	37.0	330.1	52.5	4.6	125.7	177.3	24.5	5.3	32.8
C547-1-6-OY	1606.0	21.0	13.6	33.6	10.0	36.4	584.6	63.7	7.0	123.0	173.7	23.3	7.6	33.6
T-10	2133.1	17.3	17.8	31.4	11.0	35.3	753.0	60.8	6.3	122.3	170.3	23.8	4.8	29.7
T-19	1408.6	12.9	12.5	36.7	11.0	35.7	502.9	49.2	4.9	121.7	168.7	23.9	8.3	35.3
T-3	2363.3	28.3	27.5	31.8	11.2	36.8	869.7	52.4	6.4	118.7	171.0	23.3	6.9	37.4
38VF75-53-1-1-2	2074.2	21.7	18.2	37.6	10.8	36.3	752.9	61.9	5.5	119.7	170.0	23.5	9.2	34.8
T-15	1483.8	27.7	23.0	39.7	9.4	35.5	526.7	62.8	7.0	124.0	172.3	24.0	4.0	32.1
C228-5-OY	1632.1	19.9	15.6	32.7	10.2	35.9	585.9	68.2	6.8	127.0	175.3	23.7	8.1	31.3
Egipto OM-1276	1764.5	27.1	16.0	42.5	10.1	35.4	624.6	72.7	5.3	123.7	174.7	24.1	9.3	35.5
Egipto OM-1239	881.1	15.1	13.3	43.3	7.7	34.4	303.1	65.7	8.3	127.7	180.7	24.0	7.0	26.4
Kuwait OM-1107	1727.1	17.8	12.9	38.7	11.0	35.3	609.7	55.6	5.6	124.0	177.0	23.7	7.2	32.2
Israel OM-1125	1704.9	12.4	16.7	29.5	9.2	33.4	569.4	50.9	4.5	120.7	171.3	23.1	7.3	32.6
Jerusalén OM-1136	1741.7	17.0	16.0	24.9	12.4	33.6	585.2	65.9	6.5	126.7	172.0	23.5	4.3	28.1
Libano OM-1098	2418.4	20.3	17.7	32.1	10.6	35.2	851.3	78.0	5.7	126.0	172.7	23.5	7.9	32.8
Jordán OM-1082	1963.3	19.2	14.7	27.2	12.4	35.1	689.1	78.0	5.3	123.3	167.0	23.7	6.2	38.7
Promedios	1714.2	20.0	16.1	34.3	10.6	35.9	617.9	61.2	6.0	123.4	172.4	23.7	6.8	32.7
D.M.S. (5%)	920.2	6.7	5.7	6.5	1.2	1.7	-	11.9	1.9	2.6	2.3	0.5	3.8	6.4

El Cuadro 2 muestra datos climatológicos durante el tiempo de siembra hasta la cosecha del cártamo. Durante el ciclo del cultivo hubo una buena distribución de precipitación para temporal, por lo que, algunas líneas registraron rendimientos mas o menor iguales que bajo riego. Durante el período de floración a madurez bajo riego, las precipitaciones constantes y continuas sin suficiente luz y temperaturas normales afectaron negativamente la fertilidad del grano. Por otro lado, el reducido tiempo para secar apropiadamente la semilla debido a las lluvias constantes y el ataque de algunos hongos en la semilla afectaron considerablemente el peso y la calidad de la semilla. En esta investigación se identificaron las líneas POI-5-66-5-1 y T-10 como las mas sobresalientes en el rendimiento considerando conjuntamente ambos ambientes.

Kuruvadi y Cortinas (1986) indicaron que el rendimiento por si mismo no es el mejor criterio de selección a causa de la baja heredabilidad y su alta interacción con el medio ambiente. Rasmusson y Cannel (1970) mencionan que los componentes del rendimiento son influenciados por el ambiente y las correlaciones negativas son muy comunes entre ellos y por lo tanto, la selección de un solo componente puede fracasar para obtener selección de plantas superiores. Los componentes de rendimiento en cártamo son número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo y peso de 1,000 semillas. El número de capítulos por planta varió entre 19.2 a

37.9 con un promedio de 30.7 y 12.2 a 27.5 con un promedio de 16.6 bajo riego y temporal respectivamente. Bajo riego se produjo 90.7 por ciento mayor número de capítulos por planta individual en comparación con el de temporal. La variedad Líbano CM 1098 manifestó mayor número de capítulos por planta con 37.9 siguiéndole las líneas C70-15-0Y y T-3 ambos con - 36.7, Saffola 208 con 36.1; T-10 con 35.9 produjeron alto número de capítulos por planta bajo condiciones de riego y fueron estadísticamente iguales. Bajo temporal la línea T-3 presentó máximo número de capítulos por planta con 27.5 siguiéndole las líneas T-15, POI-6-16-1-1, 38VF75-53-1-1-2, T-10 y Líbano CM 1098 produciendo entre 23 a 17.7 capítulos por planta. Generalmente las líneas alto rendidoras también produjeron superior número de capítulos por planta por lo que se considera es una característica decisiva en la contribución al - rendimiento total, por lo tanto muchos fitomejoradores en el campo bajo riego y temporal están seleccionando visualmente las líneas superiores utilizando la característica de número de capítulos por planta indirectamente.

Ashri et al. (1974) mostraron en un análisis de regre-sión múltiple que el mas importante componente de rendimiento del cártamo fue número de capítulos por planta. Además señalan que un mayor número de capítulos es limitado bajo condiciones áridas ya que las plantas producirán pocas ramas - secundarias y pocos capítulos serán llenados y madurados.

Número de semillas por capítulo es un componente de rendimiento muy importante en la determinación del rendimiento total de la planta individual o por unidad de superficie el rango para esta característica fue de 30.4 (Jerusalém CM 1136) a 63.9 (Egipto CM 1239) con un promedio de 40.2 bajo riego mientras que bajo temporal la variación fue de 24.9 (Jerusalém CM 1136) a 43.4 (Egipto CM 1239) con un promedio de 34.3 semillas por capítulo. El ambiente de riego manifestó 17.2 por ciento mayor número de semillas por capítulo en comparación del ambiente de temporal. La línea Egipto CM 1239 expresó mayor número de semillas por capítulo por planta siguiéndole la línea Mante 81, Egipto CM 1276, POI-6-16-1-1, Gila, C228-05-0Y, T-15, Israel CM 1125 produjeron entre 48.8 y 42.3 semillas por capítulo bajo riego y fueron estadísticamente iguales. La línea Egipto CM 1239 también presentó mayor número de semillas por capítulo bajo temporal siguiéndole la línea Egipto CM 1276, POI-5-66-5-1, T-15, Kuwait CM 1107, T-19, POI-6-16-1-1, Saffola 208 y 38VF-75-53-1-1-2 produjeron entre 42.5 a 36.4 semillas por capítulo, estos genotipos normalmente produjeron mayor número de semillas por planta individual. Thombre y Joshi (1981) estudiaron seis rasgos en cincuenta variedades locales y extranjeras de cártamo y señalan que el número de semillas por capítulo tuvo el principal efecto directo y positivo sobre el rendimiento de cártamo.

El peso de 250 semillas es una característica muy importante en la contribución de la calidad de semilla y para

la contribución total del rendimiento de la planta. La variabilidad para el peso de 250 semillas fue 8.4 a 12.0 y con un promedio de 10.2 g y 7.7 a 12.6 g con un promedio de 10.6 bajo riego y temporal, respectivamente. El peso de la semilla manifestó el 3.9 por ciento mayor en temporal en comparación bajo riego. Como indicamos en los párrafos anteriores las lluvias constantes durante el tiempo de floración a madurez del grano y el ataque de hongos después de la cosecha dañaron las características de peso de 250 semillas por lo tanto, se produjo en este ambiente menos peso que en el ambiente de temporal. La línea T-1 presentó mayor peso de 250 semillas con 12 g. Siguiéndole con Jordán CM 1082, 10VF75-2-3-5-2 Líbano CM 1098 y Jerusalém CM 1136 produjeron 11.8, 11.7, 11.4 y 11.2 g respectivamente, bajo riego. Mientras que en el temporal la línea Jordán CM 1082, y Jerusalém CM 1136, ambos produjeron 12.4 g y 10VF75-2-3-5-2 con 12.2 g pero no fueron superiores a la línea T-1, la cual registró 12.6 g con mayor peso de 250 semillas en ambos ambientes. Paliwal y Solanki (1984) analizaron 20 diversas líneas ecológicas de cártamo y concluyeron que el seleccionar para capítulos por planta y peso de mil semillas puede ser mas efectivo para incrementar los rendimientos.

En esta investigación se identificó que, Saffola 208, C228-5-0Y, T-10, Mante 81, POI-5-66-5-1 y POI-5-66-5-1, POI-6-16-1-1, Líbano CM 1098, T-3, T-10 son líneas alto rendidoras para riego y temporal respectivamente. Para número de

capítulo se observaron las líneas Líbano CM 1098, C70-15-0Y, T-3, Saffola 208, T-10 y T-3, T-15, POI-6-16-1-1, 38VF75-53-1-1-2 y Líbano CM 1098 T-10 bajo riego y temporal respectivamente. Las líneas con mayor número de semillas por capítulo son - Egipto CM 1239, Mante 81, Egipto CM 1276, POI-6-16-1-1, Gila y Egipto CM 1239, Egipto CM 1276, POI-5-66-5-1, Kuwait CM 1107, T-15 bajo riego y temporal respectivamente. Con respecto a peso de 250 semillas las mejores líneas fueron T-1, Jordán CM1082, 10VF75-2-3-5-2, Líbano CM 1098, Jerusalém CM 1136 y T-1, Jordán CM 1078, Jerusalém CM 1136, 10VF75-2-3-5-2 bajo riego y temporal respectivamente. Generalmente, los altos valores de estos tres componentes de rendimiento - no se concentran en una sola variedad pero estas tres características se distribuyen en diferentes líneas, por lo tanto se recomiendan las líneas anteriormente citadas utilizarlas como progenitores en un programa de hibridación para obtener recombinantes nuevos con características superiores. Grafius (1965) sugirió que los componentes de rendimiento pueden ser de gran valor en la información para mejorar el rendimiento en los cultivos. Woodworth (1931) indicó que los rendimientos de granos pequeños pueden incrementarse al seleccionar - los componentes del rendimiento, y que los progenitores deben de seleccionarse en base a los mejores atributos de los componentes de rendimiento. Rasmusson y Cannel (1970) menciona que los componentes de rendimiento son influenciados - por el medio ambiente y las correlaciones negativas son muy comunes entre ellos, por lo tanto, la selección de un solo -

componente de rendimiento puede fracasar para obtener selección de plantas superiores.

El cultivo de cártamo se siembra sólo para la extracción del aceite contenido en su semilla, la cual es la parte económica de la planta, el porcentaje de aceite en este estudio varió entre 32.5 a 37.9 por ciento con un promedio de 34.5 por ciento bajo riego mientras que bajo temporal esta variación fue de 33.4 a 39.5 por ciento con un promedio de 35.9 por ciento (Cuadros números 7 y 8), no se detectó una gran gama de variabilidad en el porcentaje de aceite bajo riego y temporal en los genotipos probados. Los genotipos presentaron 1.4 por ciento mas promedio de aceite bajo temporal en comparación a los riegos. Hang y Evans (1985) señalan que el incrementar el riego no incrementa la concentración de aceite en cártamo. Abel (1976) y Jones y Tucker (1968) también indican que el porcentaje de aceite en la semilla no es afectado por los regímenes de riego. Probablemente la causa de la disminución en el porcentaje de aceite fue debido a las precipitaciones constantes que afectaron negativamente la fertilidad del grano y otros factores señalados anteriormente. La variedad POI-5-66-5-1 produjo un máximo por ciento de aceite de 37.9 siguiéndole la línea POI-6-16-1-1 y Torito ambos con 36.3 por ciento son estadísticamente iguales y forman el primer grupo con estas tres variedades bajo riego. Dos variedades POI-5-66-5-1 y POI-6-16-1-1 produjeron un alto porcentaje de aceite de 39.5 y 39.2 por ciento respectivamente bajo

temporal. La primer línea manifestó 1.6 por ciento mas aceite que la línea máxima bajo riego. Varios factores pueden - influir en el porcentaje de aceite en los genotipos como son su constitución genética, el ambiente del cultivo (bajo riego, temporal o bajo invernadero), nivel de ploidía y la interacción genotipo-ambiente. Quilantán (1983) señala que factores ecológicos como suelo, régimen de humedad, enfermedades y plagas afectan las variedades de cártamo superiores en aceite. Además indica que cuando se obtuvieron variedades con altos contenidos de aceite hasta 48 por ciento, también se reducía su área de adaptación, principalmente por efecto del fotoperíodo y de la intensidad de la luminosidad, asociados estos fenómenos con la latitud y con la temperatura.

La producción potencial de aceite de los genotipos es tá influenciado por varios factores importantes tales como - el rendimiento de semilla por genotipo, rendimiento de semilla por unidad de superficie, y el porcentaje de aceite que presenta cada genotipo. La producción potencial de aceite varió entre 262.1 a 943 kg/ha con un promedio de 672 kg/ha - bajo riego. Mientras que bajo temporal la variación fue de 303.1 a 986.2 kg/ha con un promedio de 617.9 kg/ha. La variedad Saffola 208 produjo máxima producción de aceite de - 943 kg/ha sugiéndole; T-10 (887.7 kg/ha), C228-5-0Y (879.6 - kg/ha), POI-5-66-5-1 (875.6 kg/ha) y Mante 81 (853.9 kg/ha) bajo riego. La variedad POI-5-66-5-1 y POI-6-16-1-1 produje ron una mayor cantidad de aceite de 986.2 y 978.3 kg/ha bajo

temporal. El total rendimiento de producción de aceite puede incrementarse con el aumento de la producción de semilla, aumentando el porcentaje de aceite o una mejor combinación - de ambos. Sangale et al. (1982) examinaron la semilla de catorce variedades prometedoras e indican que el alto porcentaje de aceite en cártamo depende del espesor de la cáscara, - del mayor número de semillas por planta y del alto contenido de aceite en la pepita de la semilla.

La altura de la planta es una característica muy importante que indirectamente contribuye al rendimiento, esta característica determina el número de ramas primarias y secundarias, capítulos por planta y producción total de biomasa. En este estudio la altura bajo riego mostró un rango de 47.4 a 97.7 cm y de 41.8 a 78.0 cm bajo riego y temporal respectivamente. Bajo condiciones de riego manifestó 21.9 por ciento mayor altura que en el ambiente bajo temporal. Las tres variedades Noreste 84, T-3, Gila produjeron una altura entre - 47.4 y 55.6 cm y fueron consideradas como enanas, mientras que las líneas Líbano CM 1098, Jordán CM 1082, C228-5-0Y, - C70-15-0Y manifestaron una altura de 87 a 97.7 cm y se consideran como líneas altas, mientras que los restantes genotipos dieron valores intermedios y fueron considerados semienanos, bajo riego. Todos los genotipos bajo temporal produjeron menor altura en comparación bajo condiciones de riego debido a las condiciones desfavorables que existieron bajo temporal. Abel (1976) analizó la heredabilidad del tallo y sus - -

componentes en tres cruces de cártamo, señala que la altura varía de 30 a 200 cm bajo óptimas condiciones y pueden producir varios capítulos donde se produce la semilla. Hang y Evans (1985) en un estudio de déficit de riegos por aspersión en girasol y cártamo observaron que los estrés de humedad en el cártamo disminuyen el tamaño de la planta, el rendimiento, el número de días a floración y madurez.

El número de ramas por planta individual es una característica determinante en la producción de capítulos por planta individual, un genotipo con mayor número de ramificaciones expresan un mayor número de capítulos en comparación de un genotipo con baja producción de ramas por planta. En este estudio se registró una sobreproducción de ramas primarias bajo riego y temporal. El rango para esta característica fue de 5 a 11 y de 4.1 a 9 bajo riego y temporal respectivamente. Las variedades T-10, C228-5-0Y, T-19, Torito bajo riego y T-15, POI-5-66-5-1, Egipto CM 1239 y POI-6-16-1-1 fueron superiores para esta característica en temporal. Ashri et al. (1974) indican que bajo condiciones áridas el cártamo producirá pocas ramas secundarias y pocos capítulos serán llenados y madurados, reduciéndose los rendimientos. En cambio en los campos fértiles y con abundantes riegos producirán mayor número de ramas secundarias y terciarias. El ambiente bajo riego en este estudio produjo 22.0 por ciento mayor promedio de ramas en comparación al de temporal.

Narkhade et al (1985) estimó la variabilidad de los parámetros en 55 variedades de cártamo y observó que las ganancias genéticas y los valores de heredabilidad fueron relativamente altos para rendimiento por planta, semillas por capítulo, capítulos por planta y número de ramas primarias.

Patil et al. (1982) evaluó los componentes de rendimiento de 40 variedades sujetas a un análisis canónico y encontró que peso de 1,000 semillas, ramas primarias y secundarias fueron importantes en el tercer orden de diferenciación.

El número de días a floración y madurez fisiológica de estas dos características son muy importantes en la determinación del tiempo de cosecha. El período de polinización hasta la madurez del grano determina el rendimiento de los genotipos. El rango para días a floración fue de 121.3 a 133.3 días y 117 a 130 bajo riego y temporal respectivamente, la variación para estas dos características fue poca. La línea Noreste 84 junto con Egipto CM 1239; Egipto CM 1276, T-19, Gila y 38VF-75-53-1-1-2, produjeron floración entre 121.3 y 123.5 días después de la siembra y fueron muy precoces bajo riego. Las líneas Jerusalém CM 1136, C547-1-6-0Y, Líbano CM1098, C70-15-0Y produjeron floración entre 130 y 133.3 días después de la siembra y fueron muy tardías en el estudio. Los genotipos bajo temporal florecaron y se cosecharon cinco y ocho días antes que los genotipos bajo riego. Armendariz (1984) encontró una tendencia a aumentar la producción en cuanto -

mayor sea el intervalo de tiempo, que exista entre emergencia y floración influyendo también el factor floración en la altura de planta aunque los factores ambientales varían los resultados.

También en días a madurez al igual que en floración - las líneas fueron diferenciándose, ya que los rangos fueron ampliándose. La variación bajo riego fue 159.3 a 183.3 días y 180.7 a 156.0 días bajo riego y temporal respectivamente. La línea mas precoz fue Noreste 84 con 159.3 días y las mas tardías POI-5-66-5-1, POI-6-16-1-1, C547-1-6-0Y, C228-5-0Y, Mante 81, C70-15-0Y con un rango de 183.3 a 180.8 días bajo riego. Bajo temporal la línea mas precoz en su madurez fue Noreste 84 con 156 días y las mas tardías fueron Egipto CM 1239 y Mante 81 con 180.7 y 180 días respectivamente. Ramírez (1988) encontró una asociación positiva y significativa entre floración al 50 por ciento y madurez fisiológica al - 80 por ciento. Hang y Evans (1985) indican que la disminución en el tamaño de la planta, una floración y madurez temprana y una disminución del rendimiento es debido a los estrés de humedad en el cártamo.

El porcentaje de proteína también se incluyó en este estudio debido a la importancia de estos elementos en la alimentación. El rango fue de 23.4 a 24.2 por ciento y de 23.1 a 24.5 por ciento con un promedio similar de 23.7 por ciento para riego y temporal respectivamente. La variación para -

esta característica fue mínima, las líneas con mayores porcentajes bajo riego son Mante 81, C70-15-0Y, POI-5-66-5-1, C228-5-0Y con una variación de 24.0 a 24.2 por ciento y en temporal las líneas Gila, Saffola 208, POI-5-66-5-1, Mante 81, Egipto CM 1276, T-15 y Egipto CM 1239 con un rango de 24.0 a 24.5 por ciento presentan un mayor porcentaje de proteína. Nasr et al. (1978) señalan que la producción de proteína se incrementó con una mayor proporción de nitrógeno. En cambio, el incremento en la proporción de la población no afectó el contenido de proteína del cártamo.

Kuruvadi y Lingam (1989) concluyeron que el porcentaje de proteína de los genotipos en trigo son influenciados por varios factores tales como el tipo de suelo, fecha de siembra, densidad de población con diferentes dosis de fertilizantes nitrogenados y el ambiente de siembra bajo riego y temporal. Además mencionaron que las siembras tardías, altas densidades de población y altos niveles de fertilización de nitrógeno aumentaron el rendimiento de proteína en los granos de trigo.

El efecto del porcentaje de semilla vana sobre el rendimiento y sus componentes puede ser importante. El rango para este carácter fue de 6.6 a 14.6 por ciento con un promedio de 9.6 por ciento y de 3.9 a 9.3 por ciento con un promedio de 6.8 por ciento bajo riego y temporal respectivamente. Los genotipos que presentaron menor porcentaje de semilla vana fueron Jerusalém CM 1136, Líbano CM 1098 y T-15, -

con un rango de 6.6 a 7.3 por ciento. En tanto, bajo temporal el rango fue de 3.9 a 4.3 por ciento para los genotipos Noreste 84, T-15 y Jerusalén CM 1136 los cuales presentaron menor porcentaje de semilla vana. La variación en los sembrados bajo riego fue mas alta debido a los problemas climáticos presentados durante la floración hasta la cosecha, los causantes de efectos negativos en el cultivo. Ashri et al. (1974) indicaron que las líneas de cártamo bajo temporal reducen el número de ramas secundarias y menos capítulos serán llenados y madurados. Así, las líneas con menos pero mas grandes capítulos y con mayor pesadez de semilla pueden ser mas adecuados.

El índice de cosecha puede ser utilizado para medir la eficiencia de los genotipos en la construcción de los ideotipos o arquetipos en diferentes cultivos. En este estudio el rango fue de 22.7 a 34.5 por ciento con un promedio de 29.4 por ciento y de 24.6 a 39.1 por ciento con un promedio de 32.7 por ciento bajo riego y temporal respectivamente. Se observó que la variación fue mínima. Las líneas bajo riego como Jordán CM 1082, T-3, Kuwait CM 1107 variaron de 34.5 a 32.2 por ciento y las líneas Noreste 84, Jordán CM 1082 y T-3 variaron de 39.1 a 37.4 por ciento fueron las que presentaron los valores mas altos en ambos ambientes. El promedio de índice de cosecha fue un poco mas alto bajo temporal que bajo riego. Ramírez (1988) encontró una correlación negativa y significativa entre índice de cosecha y altura de planta. Prieto (1988) señala que el índice de cosecha esta -

Cuadro 9. Parámetros genéticos para diferentes características agronómicas de cártamo bajo riego y temporal

Característica	Varianza fenotípica		Varianza genotípica		Heredabilidad en sentido amplio (%)	
	Riego	Temporal	Riego	Temporal	Riego	Temporal
Rendimiento/ hectárea	215456.02	221447.52	162024.33	117221.81	75.20	52.93
Rendimiento/ planta	20.30	29.50	15.54	24.00	76.48	81.37
Capítulos/ planta	25.95	12.96	17.58	8.96	67.76	69.16
Semillas/ capítulo	44.09	24.05	30.56	18.77	69.31	78.02
Peso de 250 semillas	0.80	1.60	0.66	1.43	82.50	88.94
Altura	137.93	89.53	125.55	72.18	91.03	80.63
Numero de ramas	2.83	1.48	2.60	1.02	91.78	68.92
Días a floración	9.93	9.34	9.45	8.53	95.17	91.33
Días a madurez	49.36	27.35	48.65	26.69	98.56	97.58
Aceite (%)	1.67	2.24	1.35	1.89	80.83	84.37
Proteína (%)	0.05	0.11	0.03	0.08	60.00	72.27
Semilla vana (%)	3.79	2.60	2.10	0.84	55.40	32.30
Indice de cosecha	7.86	12.11	4.67	7.03	59.46	58.08

positiva y significativamente correlacionado con tasa de asi milación neta con eficiencia de área foliar y este último co rrelacionado fuertemente con rendimiento. Bajpai (1978) in dica que los altos regímenes de humedad del suelo incrementan el desarrollo vegetativo y reducen el rendimiento de la semi lla del cártamo.

Kuruvadi (1986) menciona que un conocimiento de las - correlaciones existentes entre características es importante, facilita una mejor interpretación de datos, además puede ser una herramienta útil para planear un eficiente programa de fitomejoramiento y determinar una metodología de selección - efectiva, un estudio de correlaciones es una herramienta pa- ra detectar las características útiles y no útiles al fitomejorador en el programa de selección. Las correlaciones geno típicas proporcionan una medida de asociación de un caracter con otro genéticamente mientras que las correlaciones fenotí picas indican la relación entre pares de características fe notípicas.

Las correlaciones fenotípicas y genotípicas para dife- rentes pares de características agronómicas bajo riego y tem poral se presentan en los Cuadros 12 y 13 respectivamente. Cabe señalar que en el ambiente bajo riego no se incluyeron las variables días a madurez, porcentaje de proteína, semi lla vana e índice de cosecha, en la estimación de las corre laciones. Además se incluyen en los Cuadros 10 y 11 la -

Cuadro 10. Matriz de varianza y covarianza genotípica y fenotípica para diferentes características agronómicas en cártamo bajo riego

Caracter	Rndmto/ ha	Rndmto/ planta	Capítulos/ planta	Semillas/ capítulo	Peso de 250 smlls.	No. ramas	Altura	Días a floración	Aceite (%)
Rendimiento/ hectárea	G 162024.3 F 215456.0	1192.50 1235.17	583.85 770.99	-114.83 - 32.95	50.56 54.16	163.35 163.05	1916.24 1936.94	325.90 334.00	242.53 250.11
Rendimiento/ planta	G - F	15.54 20.30	6.05 5.78	- 1.79 - 1.01	- 0.07 - 0.02	1.93 1.94	17.38 17.92	0.81 0.78	1.30 1.35
Capítulos/ planta	G - F	-	17.58 25.95	- 17.62 - 16.19	0.63 0.49	3.66 3.72	10.43 15.19	2.10 2.64	1.46 1.47
Semilla/ capítulo	G - F	-	-	30.56 44.09	- 3.94 - 3.73	- 2.11 - 1.98	- 6.13 - 3.36	-10.72 -10.53	- 0.38 - 0.55
Peso de 250 semillas	G - F	-	-	-	0.66 0.80	- 0.15 - 0.14	2.64 2.51	1.12 1.05	- 0.21 - 0.17
Número de semillas	G - F	-	-	-	-	2.60 2.83	6.23 6.82	0.97 1.02	0.17 0.01
Altura	G - F	-	-	-	-	-	125.55 137.93	16.91 17.30	- 3.27 - 3.17
Días a floración	G - F	-	-	-	-	-	-	9.45 9.93	0.35 0.26
Aceite (%)	G - F	-	-	-	-	-	-	-	1.35 1.67

G = Genotípica
F = Fenotípica

Cuadro 11. Matriz de varianza y covarianza genética y fenotípica para diferentes características agronómicas en cártamo bajo temporal

Caracter	Rendto/ ha	Rendto/ planta	Capítulos/ planta	Semillas/ capítulo	Peso de 250 smlls.	Altura	No. ramas	Días a floración	Días a madurez	Aceite (%)	Proteína (%)	Semilla vana(%)	Índice de cosecha
Rendimiento/ hectárea	G 117221.8 F 221447.5	933.62 1214.19	537.59 706.07	-438.68 -172.03	110.21 158.45	1078.33 1799.90	32.77 146.43	258.90 160.92	-178.39 -236.98	326.40 303.80	-36.08 -38.20	200.30 184.25	354.74 214.15
Rendimiento/ planta	G F	24.00 29.50	8.47 11.42	7.11 8.27	0.40 0.49	10.39 14.25	1.81 2.47	- 1.89 - 1.64	3.34 2.21	4.57 4.24	0.33 0.28	- 0.32 - 0.17	5.29 5.82
Capítulos/ planta	G F	- -	8.96 12.96	- 1.87 - 0.94	- 0.11 - 0.03	- 3.81 - 1.20	0.29 0.87	- 3.08 - 2.85	- 2.99 - 2.78	0.79 0.68	- 0.12 - 0.11	- 2.09 - 1.32	4.61 3.83
Semillas/ capítulo	G F	- -	- -	18.77 24.05	- 3.99 - 3.64	5.90 7.79	1.67 2.12	3.82 3.85	13.64 13.43	2.94 2.95	0.93 0.94	3.65 3.35	- 4.21 - 4.20
Peso de 250 semillas	G F	- -	- -	- -	1.43 1.60	- 2.33 - 2.04	- 0.61 - 0.55	- 1.74 - 1.84	- 3.26 - 3.25	- 0.19 - 0.26	- 0.13 - 0.14	- 0.54 - 0.63	2.32 2.30
Altura	G F	- -	- -	- -	- -	72.18 89.53	3.57 4.92	17.02 17.14	13.89 13.53	1.93 1.80	0.39 0.40	4.37 4.32	- 5.92 - 8.95
Número de ramas	G F	- -	- -	- -	- -	- -	1.02 1.48	0.66 0.91	0.50 0.68	0.64 0.66	0.07 0.10	- 0.10 - 0.19	- 1.54 - 1.77
Días a floración	G F	- -	- -	- -	- -	- -	- -	8.53 9.34	11.51 11.78	0.18 0.33	0.28 0.34	0.86 1.03	- 7.16 - 7.80
Días a madurez	G F	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	26.69 27.35	1.83 1.87	0.38 0.42	3.67 3.41	-10.78 -10.93
Aceite (%)	G F	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1.89 2.24	0.20 0.24	0.66 0.67	- 0.11 - 0.27
Proteína (%)	G F	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	0.08 0.11	- 0.02 - 0.03	- 0.12 - 0.23
Semilla vana (%)	G F	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	0.84 2.60	- 0.66 - 0.49
Índice de cosecha	G F	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	7.03 12.11

G = Genotípica F = Fenotípica

Cuadro 12. Correlaciones genotípicas y fenotípicas para diferentes características agronómicas en cártamo bajo riego

Caracter		Rndmto/ planta	Capítulos/ planta	Semilla/ capítulo	Peso de 250 smlls	No. ramas	Altura	Días a floración	Aceite (%)
Rendimiento/ hectárea	G	0.7515	0.3459	-0.0516	0.1549	0.2517	0.4249	0.2634	0.5185
	F	0.5906**	0.3261	-0.0110	0.1305	0.2088	0.3603	0.2283	0.4170*
Rendimiento/ planta	G	-	0.3633	-0.0820	-0.0218	0.3036	0.3935	0.0684	0.2829
	F		0.2518	-0.0338	-0.0050	0.2560	0.3387	0.0549	0.2319
Capítulos/ planta	G	-	-	-0.7602	0.1850	0.5414	0.2220	0.1629	0.2990
	F			-0.4786**	0.1075	0.4341*	0.2539	0.1645	0.2233
Semillas/ capítulo	G	-	-	-	-0.8773	-0.2367	-0.0989	-0.6308	-0.0591
	F				-0.6280**	-0.1773	-0.0431	-0.5032**	-0.0641
Peso de 250 semillas	G	-	-	-	-	-0.1145	0.2900	0.4485	-0.2220
	F					-0.0930	0.2389	0.3725	-0.1470
Número de ramas	G	-	-	-	-	-	0.3448	0.1957	0.0928
	F						0.3452	0.1924	0.0055
Altura	G	-	-	-	-	-	-	0.4909	-0.2510
	F							0.4675*	-0.2088
Días a floración	G	-	-	-	-	-	-	-	0.0977
	F								0.0638

* Significancia al 5%

** Significancia al 1%

G Genotípica

F Fenotípica

Cuadro 13. Correlaciones genotípicas y fenotípicas para diferentes pares de características agronómicas en cártamo bajo temporal

Caracter	Rendto/ planta	Capítulos/ planta	Semillas/ capítulo	Peso de 250 smls	Altura	No. ramas	Días a floración	Días a madurez	Aceite (%)	Proteína (%)	Semilla vana (%)	Índice de cosecha
Rendimiento/ hectárea	G 0.5566 F 0.4750*	0.5246 0.4168*	-0.2957 -0.0745	0.2692 0.2661	0.3707 0.4042	0.0948 0.2558	0.2589 0.1119	-0.1008 -0.0963	0.6934 0.4313*	-0.3726 -0.2447	0.6383 0.2428	0.3908 0.1308
Rendimiento/ planta	G - F -	0.5776 0.5840**	0.3350 0.3105	0.0683 0.0713	0.2496 0.2773	0.3658 0.3738	-0.1321 -0.0988	0.1320 0.0778	0.6785 0.5216*	0.2381 0.1554	-0.0713 -0.0194	0.4073 0.3079
Capítulos/ planta	G - F -	-	-0.1442 -0.0532	-0.0307 -0.0066	-0.1498 -0.0352	0.0959 0.1986	-0.3523 -0.2590	-0.1933 -0.1476	0.1920 0.1262	-0.1417 -0.0921	-0.7618 -0.2274	0.5808 0.3057
Semillas/ capítulo	G - F -	-	-	-0.7701 -0.5868**	0.1603 0.1679	0.3817 0.3553	0.3019 0.2568	0.6094 0.5236*	0.4936 0.4019	0.7589 0.5779**	0.9192 0.4236*	-0.3665 -0.2461
Peso de 250 semillas	G - F -	-	-	-	-0.2293 -0.1704	-0.5051 -0.3574	-0.4982 -0.4760*	-0.5277 -0.4913*	-0.1156 -0.1373	-0.4021 -0.3266	-0.4981 -0.3088	0.7317 0.5225*
Altura	G - F -	-	-	-	-	0.4161 0.4274*	0.6859 0.5927**	0.3164 0.2734	0.1652 0.1271	0.1623 0.1274	0.5612 0.2831	-0.2628 -0.2730
Número de ramas	G - F -	-	-	-	-	-	0.2238 0.2447	-0.0958 -0.1069	0.4609 0.3625	0.2450 0.2478	-0.1080 -0.0966	-0.5751 -0.4181*
Días a floración	G - F -	-	-	-	-	-	-	0.7628 0.7370**	0.0448 0.0721	0.3389 0.3354	0.3213 0.2090	-0.9246 -0.7334**
Días a madurez	G - F -	-	-	-	-	-	-	-	0.2576 0.2389	0.2600 0.2421	0.7751 0.4043	0.7870 0.6006**
Aceite (%)	G - F -	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3888 0.4775*	0.5238 0.2776	-0.0302 -0.0518
Proteína (%)	G - F -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.0964 -0.0542	-0.1600 -0.1993
Semilla vana (%)	G - F -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.1726 -0.0873

** Significativo al 1%

G = Genotípica

* Significativo al 5%

F = Fenotípica

matriz de varianza y covarianza genotípica y fenotípica para diferentes características agronómicas bajo riego y temporal respectivamente. El rendimiento por hectárea está fuertemente correlacionado tanto fenotípica como genotípicamente con rendimiento por planta y porcentaje de aceite en ambos ambientes. Bajo temporal rendimiento por planta presenta una correlación positiva y significativa genotípica ($r = 0.6785$) y fenotípica con porcentaje de aceite ($r = 0.5216$) y con índice de cosecha ($r = 0.4073$) a nivel genotípica positiva y significativamente. Además bajo temporal esta característica detectó una asociación entre rendimiento por hectárea y número de capítulos por planta a nivel genotípico ($r = 0.5246$) y fenotípica ($r = 0.4168$). También se observó una estrecha correlación genotípica ($r = 0.6383$) entre rendimiento por hectárea y porcentaje de semilla vana. El rendimiento es una característica que no puede ser visible en el campo por lo tanto el fitomejorador tiene que utilizar algunas características visibles de la planta, para seleccionar genotipos sobresalientes para el rendimiento indirectamente. 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 los genotipos superiores en rendimiento. Además muchos fitomejoradores utilizan este carácter para practicar selección de genotipos superiores en cártamo.

Kotecha (1981) en un estudio de los padres, F_1 y F_2 - de cuatro cruces de cártamo (Carthamus tinctorius L. y C. palaestinus Erig.) observó en todas las F_2 's una distribución continua, lo cual sugiere una heredabilidad de múltiples factores para número de capítulos por planta, peso de semilla y rendimiento de semilla. También señala una correlación positiva y significativa entre el rendimiento de semilla y el número de capítulos por planta sin embargo, las estimaciones de heredabilidad indican efectos no genéticos para número de capítulos, por consiguiente la selección a través de número de capítulos por planta no puede ser efectiva.

El porcentaje de aceite es un caracter abstracto que no podemos ver en el campo y las variedades altamente rendidoras generalmente producen alto porcentaje de aceite. Ashri et al. (1974) en un estudio de variedades de cártamo de diferente origen, indican que el rendimiento de cártamo en Utah no estuvo correlacionado con altura, días a floración ni con contenido de aceite. Ranga y Ramachandram (1977) en un análisis de asociación de los componentes de rendimiento y aceite en cártamo encontraron una correlación fenotípica positiva y significativa entre el porcentaje de aceite y el número de semillas por capítulo. Morales (1989) realizó un análisis de crecimiento, características agronómicas y componentes de rendimiento en cártamo y señala una correlación fenotípica positiva y altamente significativa entre rendimiento económico con capítulos formados y porcentaje de aceite.

El caracter número de capítulos por planta está correlacionado positivamente a nivel genotípico ($r = 0.5414$) y fenotípico ($r = 0.4341$) con número de ramas por planta y mas estrechamente correlacionado en forma negativa a nivel genotípico ($r = 0.7602$) y fenotípico ($r = -0.4786$) con número de semillas por capítulo bajo riego exclusivamente, dicho comportamiento no fue observado en temporal pero si una estrecha correlación genotípica positiva ($r = 0.5808$) con índice de cosecha y negativa con porcentaje de semilla vana ($r = -0.7618$), Ranga y Ramchandram (1977) estudiaron 215 materiales de cártamo y observaron que número de capítulos por planta está altamente correlacionado fenotípicamente con rendimiento, número de ramas secundarias y terciarias. Ashri et al. (1974) evaluó 903 variedades de cártamo y encontró que solamente las líneas que provienen de Irán tuvieron una significativa y negativa correlación entre número de capítulos por planta con número de semillas por capítulo.

Mientras que número de semillas por capítulo en riego obtuvo una estrecha correlación negativa al nivel genotípico ($r = -0.6308$) y fenotípico ($r = -0.5032$) con días a floración. En cambio en temporal la asociación fue positiva y significativa a nivel genotípico ($r = 0.6094$) y fenotípico ($r = 0.5436$) con días a madurez, porcentaje de semilla vana al nivel genotípico ($r = 0.9192$) y fenotípico ($r = 0.4236$) y mas estrechamente con porcentaje de proteína al nivel genotípico ($r = 0.7589$) y fenotípico ($r = 0.5779$). Prieto (1988) evaluó distintos materiales de cártamo y señala que el número de - -

semillas por capítulo presentó una asociación fenotípica positiva con días a madurez y sin valor significativo con días a floración. Ranga y Ramachandram (1977) en un estudio de los análisis de asociación de los componentes de rendimiento y aceites en cártamo no encontraron correlación significativa entre número de semillas por capítulo con días a floración y madurez. Morales (1989) en un estudio con materiales introducidos y nacionales observó una asociación fenotípica y positiva entre número de semillas por capítulo con porcentaje de aceite y este último asociado fenotípicamente con porcentaje de proteína.

Peso de 250 semillas está positivamente asociado genotípicamente ($r = 0.4485$) con días a floración bajo riego y esta asociación genotípica ($r = -0.4982$) y fenotípica ($r = -0.4760$) es negativa en temporal. Además presentó en temporal una correlación significativa y negativa en los niveles genotípicos ($r = -0.5277$) y fenotípico ($r = -0.4913$) con días a madurez y en forma positiva con índice de cosecha en el nivel genotípico ($r = 0.7317$) y fenotípico ($r = 0.5225$). La asociación con semilla vana es significativa y negativa al nivel genotípico ($r = -0.4981$). Ashri et al. (1974) indican que hubo una ligera y positiva correlación entre el peso de semilla y los primeros días a floración para las líneas provenientes de la India y no significativas y negativas para las líneas de Irán y Egipto. Morales (1989) en un análisis de variedades introducidas de cártamo no observó ninguna asociación entre peso de 250 semillas con índice de cosecha pero si estuvo - -

correlacionado al nivel fenotípico con el rendimiento económico.

Se presentó una asociación positiva entre altura y días a floración al nivel genotípico ($r = 0.4909$) y fenotípico ($r = 0.4675$) bajo riego y mas estrechamente correlacionado a nivel genotípico ($r = 0.6859$) y fenotípico ($r = 0.5927$) bajo temporal. Armendariz (1984) al evaluar diez variedades de cártamo observó en general una tendencia a aumentar la producción en cuanto mayor sea el intervalo de tiempo que exista entre emergencia y floración influyendo también el factor floración en la altura de planta sin embargo, los factores ambientales pueden alejar los resultados de la realidad.

Número de ramas bajo temporal presentó una positiva relación genotípica ($r = 0.4161$) y fenotípica ($r = 0.4274$) con altura de planta y negativa con índice de cosecha al nivel genotípico ($r = -0.5751$) y fenotípico ($r = -0.4181$) y solamente a nivel genotípico correlacionado positivamente con porcentaje de aceite ($r = 0.4609$). Bajo riego no se presentaron dichas correlaciones. Ranga y Ramachandram (1977) encontraron en un estudio con 215 materiales de cártamo que altura de planta está mas estrechamente correlacionado con número de ramas secundarias ($r = 0.45$) que con número de ramas terciarias ($r = 0.30$). En cambio no se presentó asociación con porcentaje de aceite. Thombre y Joshi (1981) en un análisis de cincuenta variedades locales y extranjeras indica una correlación positiva entre el -

rendimiento con los componentes de número de ramas por planta, días a floración y principalmente con el número de semillas por capítulo.

Días a floración en temporal se encuentra estrechamente correlacionado positivamente a nivel genotípico ($r = 0.7628$) y fenotípico ($r = 0.7370$) con días a madurez y en forma negativa a nivel genotípico ($r = -0.9246$) y fenotípico ($r = -0.7334$) con el índice de cosecha. Kotecha (1979) en un estudio de los padres, F_1 y F_2 de cuatro cruza en cártamo (Carthamus tinctorius) indica que muchos genes están controlando la altura de planta, tiempo de floración, de madurez, de floración a madurez, longitud de hojas y diámetro del tallo, además señala que el coeficiente de correlación entre días a floración con días a madurez y días a madurez con días de floración a madurez fue alto. Prieto (1988) encontró en un estudio de veinticuatro líneas de cártamo, que días a floración al 50 por ciento está correlacionado positiva y significativamente con días a madurez, sin embargo con índice de cosecha no presentó valor de significancia. Tampoco encontró asociación entre madurez fisiológica e índice de cosecha.

Se observó una estrecha correlación positiva existente entre días a madurez con índice de cosecha en los niveles genotípico ($r = 0.7870$) y fenotípico ($r = 0.6006$) y sólo a nivel genotípico ($r = 0.7751$) con semilla vana en temporal.

Bajo este mismo ambiente el porcentaje de aceite está correlacionado positivamente al nivel fenotípico con el porcentaje de proteína ($r = 0.4775$) y genotípicamente con semilla vana ($r = 0.5238$). Morales (1989) analizó materiales de cártamo con amplia variabilidad genética y señala que el porcentaje de aceite está correlacionado positivamente con rendimiento económico, peso de capítulos formados, peso de 250 semillas, porcentaje de proteína y en forma negativa con porcentaje de semilla vana.

Semillas por capítulo presenta correlaciones negativas muy significativas con peso de 250 semillas en ambos ambientes lo que indica que al aumentar el número de semillas por capítulo el peso de cada semilla disminuye. Kuruvadi (1986) indicó que al seleccionar estas características se reduce la posibilidad de mejorar estos rasgos o son difíciles para la obtención de ganancia, porque si un caracter aumenta, el otro caracter se reduce, por lo tanto las correlaciones negativas son limitantes para el mejoramiento de estos caracteres en frijol. Las asociaciones negativas y significativas entre diferentes características se pueden encontrar en diferentes 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 ligamiento, se recomienda aplicar mutaciones inducidas o entrecruzamiento de plantas individuales en generaciones segregantes para romper los ligamientos desfavorables.

En este estudio generalmente se encontraron valores ligeramente altos para las correlaciones genotípicas en comparación a las fenotípicas concordando con los estudios de Kuru-vadi (1986).

En el mejoramiento genético de los cultivos de alóga-mas y autógamas y propagación vegetativa, practicar selección visual es una herramienta para seleccionar genotipos sobresalientes en el campo. El rendimiento es un caracter muy complejo, el cual no podemos visualizar en el campo, tiene muy baja heredabilidad y además la interacción genotipo ambiente es muy alta. Durante la selección artificial para identificar plantas con características superiores, deben seleccionarse utilizando mas de dos características a la vez lo cual es mas recomendable que seleccionar una sola característica por lo tanto, los fitomejoradores deben construir un índice de selección utilizando simultáneamente diferentes variables que contribuyen al rendimiento.

Las fluctuaciones de los coeficientes, la ganancia genética esperada y las eficiencias relativas de los 127 índices de selección construídos en cártamo bajo temporal se presentan en el Cuadro 14. Se obtuvieron fluctuaciones de los coeficientes entre 8.545 y 76.909 para días a floración; -3.652 a 15.997 para altura de planta; -80.224 y 148.197 para número de ramas; -32.107 y 158.349 para peso de 250 semillas; -27.377 a 58.825 para semilla por capítulos; 13.827 y

Cuadro 14. Coeficiente de las variables para 127 índices de selección, sus factores para estimar la ganancia genética (H/k) y su eficiencia relativa (E.R) en cártamo bajo temporal

Índice	Días a floración	Altura	Ramas/planta	Peso de 250 smlls.	Semillas/capítulo	Capítulo/planta	Rndmto/ha	$\Delta H/K$	E. R.
1	27.719	-	-	-	-	-	-	84.71	34.01
2	-	12.043	-	-	-	-	-	113.94	45.75
3	-	-	22.142	-	-	-	-	26.94	10.81
4	-	-	-	68.881	-	-	-	87.13	34.98
5	-	-	-	-	-18.249	-	-	89.49	35.93
6	-	-	-	-	-	41.481	-	149.33	59.95
7	-	-	-	-	-	-	0.529	249.09	100.00
1,2	8.659	10.387	-	-	-	-	-	115.93	46.54
1,3	27.191	-	5.423	-	-	-	-	84.95	34.10
1,4	53.383	-	-	130.272	-	-	-	167.86	67.39
1,5	37.731	-	-	-	-24.289	-	-	142.93	57.38
1,6	43.281	-	-	-	-	50.999	-	196.52	78.89
1,7	18.835	-	-	-	-	-	0.516	255.58	102.60
2,3	-	13.248	-21.898	-	-	-	-	116.48	46.76
2,4	-	14.021	-	86.758	-	-	-	157.10	63.07
2,5	-	14.028	-	-	-22.792	-	-	158.52	63.64
2,6	-	12.616	-	-	-	42.649	-	191.13	76.73
2,7	-	1.676	-	-	-	-	0.516	249.52	100.17
3,4	-	-	54.731	87.695	-	-	-	107.04	42.97
3,5	-	-	55.259	-	-23.120	-	-	109.35	43.90
3,6	-	-	-2.532	-	-	41.975	-	149.94	60.19
3,7	-	-	-32.347	-	-	-	0.551	251.99	101.59
4,5	-	-	-	41.736	-11.932	-	-	99.18	39.81
4,6	-	-	-	69.662	-	41.642	-	173.39	69.60
4,7	-	-	-	17.715	-	-	0.517	250.04	100.38
5,6	-	-	-	-	-16.674	40.264	-	170.18	68.32
5,7	-	-	-	-	-14.543	-	0.518	259.06	104.00
6,7	-	-	-	-	-	15.299	0.480	254.08	102.00
1,2,3	8.545	11.600	-21.6724	-	-	-	-	118.36	47.52
1,2,4	37.867	7.577	-	122.089	-	-	-	177.28	71.17
1,2,5	18.249	10.694	-	-	-24.634	-	-	164.52	66.05
1,2,6	29.704	7.010	-	-	-	48.662	-	203.49	81.69

Cuadro 14..... continuación

Indice	Días a floración	Altura	Ramas/ planta	Peso de 250 smlls	Semillas/ capítulo	Capítulo/ planta	Rndmto/ ha	H/K	E. R.
1,2,7	25.045	- 3.617	-	-	-	-	0.541	256.80	103.09
1,3,4	51.708	-	43.616	143.338	-	-	-	174.97	70.24
1,3,5	35.131	-	39.757	-	-27.377	-	-	149.71	60.10
1,3,6	48.306	-	-39.757	-	-	54.772	-	201.62	80.94
1,3,7	22.808	-	-45.598	-	-	-	0.543	260.87	104.72
1,4,5	52.881	-	-	105.113	-10.805	-	-	173.26	69.55
1,4,6	76.840	-	-	158.349	-	58.745	-	262.54	105.39
1,4,7	31.323	-	-	58.910	-	-	0.464	262.76	105.48
1,5,6	53.662	-	-	-	-24.827	51.481	-	229.05	91.95
1,5,7	27.040	-	-	-	-19.037	-	0.495	270.87	108.74
1,6,7	27.571	-	-	-	-	23.958	0.433	266.02	106.79
2,3,4	-	13.507	10.590	89.743	-	-	-	157.49	63.22
2,3,5	-	13.487	11.106	-	-23.596	-	-	158.95	63.81
2,3,6	-	15.868	-58.150	-	46.854	-	-	200.98	80.68
2,3,7	-	3.797	-42.586	-	-	-	0.527	253.84	101.90
2,4,5	-	14.559	-	53.685	-14.839	-	-	167.72	67.33
2,4,6	-	14.634	-	88.347	-	43.040	-	220.58	88.55
2,4,7	-	2.736	-	23.839	-	-	0.490	251.04	100.78
2,5,6	-	14.452	-	-	-21.317	41.273	-	217.09	87.15
2,5,7	-	3.632	-	-	-15.938	-	0.487	260.86	104.72
2,6,7	-	3.291	-	-	-	17.432	0.447	255.58	102.60
3,4,5	-	-	65.177	55.952	-15.523	-	-	122.94	90.97
3,4,6	-	-	28.248	79.337	-	39.768	-	176.21	70.74
3,4,7	-	-	-30.273	4.382	-	-	0.546	252.03	101.18
3,5,6	-	-	27.055	-	-19.137	38.276	-	172.81	69.37
3,5,7	-	-	-10.435	-	-13.568	-	0.526	259.30	104.09
3,6,7	-	-	-37.214	-	-	16.700	0.501	257.78	103.49
4,5,6	-	-	-	48.455	- 9.316	40.917	-	177.27	71.17
4,5,7	-	-	-	-25.593	-18.306	-	0.533	260.28	104.49
4,6,7	-	-	-	23.648	16.481	-	0.460	255.68	102.64
5,6,7	-	-	-	-	-14.301	14.776	0.471	263.52	105.79
1,2,3,4	40.391	5.838	26.969	132.045	-	-	-	179.41	72.03
1,2,3,5	18.757	9.891	14.603	-	-25.742	-	-	165.22	63.34
1,2,3,6	31.509	6.409	- 4.955	-	-	49.335	-	203.52	81.70

Cuadro 14..... continuación

Indice	Días a floración	Altura	Ramas/ planta	Peso de 250 smlls	Semillas/ capítulo	Capítulo/ planta	Rndnto/ ha	$\Delta H/K$	E. R.
1,2,3,7	25.156	-1.504	-42.906	-	-	-	0.552	261.06	104.80
1,2,4,5	35.484	8.448	-	91.196	-12.863	-	-	184.37	74.02
1,2,4,6	70.607	2.826	-	154.762	-	57.628	-	263.37	105.73
1,2,4,7	37.613	-3.652	-	59.006	-	-	0.489	263.97	105.97
1,2,5,6	39.620	7.295	-	-	-25.037	49.053	-	235.55	94.56
1,2,5,7	31.531	-2.688	-	-	-18.751	-	0.514	271.50	108.99
1,2,6,7	32.655	-3.041	-	-	-	23.584	0.455	266.84	107.12
1,3,4,5	50.703	-	53.103	114.101	-13.777	-	-	183.00	73.46
1,3,4,6	76.909	-	- 0.975	158.094	58.825	-	-	262.54	105.40
1,3,4,7	31.074	-	-28.643	45.960	-	-	0.4928	264.46	106.17
1,3,5,6	54.336	-	- 7.144	-	-24.148	52.148	-	229.18	92.03
1,3,5,7	28.089	-	-20.774	-	-17.271	-	0.509	271.78	109.11
1,3,6,7	34.480	-	-60.660	-	-	28.411	0.454	274.61	110.24
1,4,5,6	76.279	-	-	142.696	- 6.591	58.107	-	263.83	105.91
1,4,5,7	29.654	-	-	16.332	-17.070	-	0.4829	271.24	108.89
1,4,6,7	54.220	-	-	102.506	-	37.450	0.297	283.38	113.76
1,5,6,7	37.140	-	-	-	-20.287	26.221	0.403	282.59	113.44
2,3,4,5	-	13.574	21.004	57.464	-15.800	-	-	169.10	67.88
2,3,4,6	-	15.997	-27.512	80.664	-	44.996	-	222.32	89.25
2,3,4,7	-	4.032	-38.611	9.734	-	-	0.515	254.05	101.99
2,3,5,6	-	15.863	-80.224	-	14.385	49.378	-	186.30	74.79
2,3,5,7	-	4.494	-21.421	-	-14.269	-	0.496	261.79	105.10
2,3,6,7	-	6.471	-56.093	-	-	21.604	0.445	262.51	105.38
2,4,5,6	-	15.065	-	61.018	-12.247	42.129	-	225.82	90.65
2,4,5,7	-	3.097	-	-19.276	-18.568	-	0.504	261.51	104.98
2,4,6,7	-	5.495	-	52.258	-	16.893	0.396	251.34	100.90
2,5,6,7	-	5.360	-	-	-16.305	18.176	0.415	267.16	107.25
3,4,5,6	-	-	36.984	56.102	-11.521	38.292	-	181.73	72.95
3,4,5,7	-	-	-19.354	-32.107	-17.457	-	0.552	261.04	104.79
3,4,6,7	-	-	-32.873	9.358	-	17.004	0.490	257.98	103.57
3,5,6,7	-	-	-16.216	-	-12.776	15.443	0.481	264.10	106.02
4,5,6,7	-	-	-	-17.138	-16.837	13.827	0.484	264.05	106.00
1,2,3,4,5	38.551	6.248	35.663	100.856	-14.323	-	-	187.85	75.41
1,2,3,4,6	69.983	3.443	-10.343	151.288	-	58.234	-	263.57	105.81

Cuadro 14..... continuación

Indice	Días a floración	Altura	Ramas/ planta	Peso de 250 smlls	Semillas/ capítulo	Capítulo/ planta	Rndnto/ ha	$\Delta H/K$	E.	R.
1,2,3,4,7	35.430	- 2.502	-23.237	48.476	-	-	0.505	264.97	106.37	
1,2,3,5,6	39.583	8.710	-28.482	-	-22.893	51.243	-	237.28	95.26	
1,2,3,5,7	31.098	- 1.909	-17.215	-	-17.37	-	0.520	242.44	109.22	
1,2,3,6,7	34.376	0.071	-60.798	-	-	28.430	0.453	274.61	110.24	
1,2,4,5,6	68.666	3.415	-	136.139	- 7.528	56.666	-	265.01	106.39	
1,2,4,5,7	34.526	- 2.804	-	17.503	16.630	-	0.502	271.92	109.16	
1,2,4,6,7	58.756	- 2.773	-	102.124	-	37.059	0.318	284.03	114.02	
1,2,5,6,7	40.356	- 1.990	-	-	-20.053	25.951	0.418	282.91	113.57	
1,3,4,5,6	75.925	-	4.615	143.214	- 6.879	57.700	-	263.88	105.93	
1,3,4,5,7	29.571	-	-18.552	9.960	-16.260	-	0.500	271.91	109.16	
1,3,4,6,7	54.268	-	-33.230	88.129	-	37.998	0.328	285.50	114.61	
1,3,5,6,7	39.832	-	-35.772	-	-17.355	28.521	0.420	285.10	114.45	
1,4,5,6,7	51.032	-	-	67.493	-12.540	34.241	0.325	287.51	115.42	
2,3,4,5,6	-	15.964	-18.830	57.875	-11.299	43.537	-	226.58	90.96	
2,3,4,5,7	-	4.004	-27.651	-26.736	-17.430	-	0.521	262.96	105.57	
2,3,4,6,7	-	7.106	-48.448	20.475	-	22.751	0.416	263.40	105.74	
2,3,5,6,7	-	7.021	-35.342	-	-13.601	20.682	0.419	269.50	108.19	
2,4,5,6,7	-	5.219	-	- 4.028	-16.848	17.864	0.420	267.18	107.26	
3,4,5,6,7	-	-	148.197	109.133	15.787	26.909	0.476	283.17	113.68	
1,2,3,4,5,6	68.419	3.702	- 5.128	135.013	- 7.286	56.998	-	265.06	106.41	
1,2,3,4,5,7	32.725	-3.059	-19.496	2.676	-16.320	-	0.567	272.27	109.30	
1,2,3,4,6,7	56.300	-1.244	-30.517	89.131	-	37.777	0.335	285.62	114.66	
1,2,3,5,6,7	40.320	-0.333	-35.106	-	-17.372	28.433	0.422	285.10	114.45	
1,2,4,5,6,7	54.747	-2.221	-	68.073	-12.222	34.009	0.341	287.92	115.58	
1,3,4,5,6,7	51.381	-	-25.846	59.739	-11.312	34.981	0.346	288.74	115.91	
2,3,4,5,6,7	-	6.694	-37.711	-12.480	-15.102	19.881	0.434	269.74	108.29	
1,2,3,4,5,6,7	53.168	-1.087	-23.504	60.726	-11.267	34.800	0.352	288.84	115.95	

58.745 para capítulos por planta y 0.297 y 0.567 para rendimiento. El evaluar la ganancia genética esperada de los índices de selección utilizando una sola característica presentaron eficiencias relativas que varían de 10.18 por ciento a 100 por ciento cuando se considera una sola característica, rendimiento por hectárea, número de capítulos por planta y - altura de planta, manifestaron individualmente una mayor eficiencia relativa por 100 por ciento, 59.95 por ciento y 45.75 por ciento respectivamente. Cabe señalar que los índices con mayor eficiencia relativa son los mismos que presentan mayor ganancia genética ($\Delta H/K$) en este estudio. Como se señala - anteriormente existe una correlación positiva y significativa entre capítulos por planta y rendimiento por hectárea. Por tanto el carácter número de capítulos se esta practicamente utilizando como criterio de selección por los fitomejoradores en cártamo para la obtención de variedades superiores, además del rendimiento. Se construyeron 21 índices utilizando las diferentes combinaciones con dos características, la eficiencia relativa varió de 34.1 por ciento y 104 por ciento. Los índices contruídos (5,7), (1,7) y (6,7) presentaron las eficiencias relativas mas altas de 104 por ciento, 102.6 por ciento y 102 por ciento respectivamente. El índice menos eficiente fue (1,3) - con una eficiencia relativa de 34.1 por ciento. Al observar las eficiencias relativas de 35 índices de selección utilizando sólo tres variables el rango de la eficiencia relativa fue de 47.52 por ciento a 108.74 por ciento. Los índices de selección mas eficientes (1,5,7), (5,6,7) y (1,4,7) con -

108.74 por ciento, 105.79 por ciento y 105.48 por ciento y el peor con tres variables es de 47.52 por ciento presentó un 52.48 por ciento y un 12.43 por ciento por abajo de los índices con una sola característica como son el (7) y (6) respectivamente. Como podemos observar en los índices de selección al aumentar el número de características con dos y tres variables se obtuvieron ligeros aumentos en sus eficiencias relativas en un 4 por ciento y 8.7 por ciento respectivamente comparado con el índice construido con una sola característica. Y entre ambos la diferencia fue tan sólo de 4.7 por ciento mas en el índice con tres características. Joshi et al. (1985) construyeron 46 índices de selección utilizando la técnica de función discriminativa y encontró que el índice que incluye capítulos por planta, número de semillas por capítulo y rendimiento por planta o el otro que contiene capítulos por planta, peso de 100 granos y rendimiento por planta son los índices mas eficientes para el mejoramiento del cártamo. En esta tesis se utilizaron las diferentes combinaciones utilizando cuatro variables, la combinación (1,2,3,5) expresó una muy baja eficiencia relativa con 63.34 por ciento y las mejores combinaciones (1,4,6,7), (1,5,6,7) y (1,3,5,7) presentaron valores de 113.76 por ciento, 113.44 por ciento y 109.11 por ciento respectivamente. Observándose una ventaja de 5.02 por ciento mas al seleccionar con cuatro variables que con tres. De los veintidós índices construidos utilizando cinco caracteres el índice mas sobresaliente fue (1,4,5,6,7) y el mas bajo fue

(1,2,3,4,5) con 115.42 por ciento y 75.4 por ciento, de eficiencia relativa respectivamente con un incremento de 1.66 - por ciento mayor de eficiencia relativa en comparación con los índices construídos con cuatro variables. Utilizando - seis características para los índices de selección I (1,3,4, 5,6,7), I (1,2,4,5,6,7) y I (1,2,3,4,6,7) con 115.91 por ciento 115.58 por ciento y 114.66 por ciento resultaron ser los mas altos. La diferencia entre el uso de los índices con cinco y seis características es de 0.49 por ciento mas a favor de estos últimos el índice con mayor eficiencia relativa es, aquel construído con las siete características I (1,2,3,4,5, 6,7) con 115.95 por ciento. Naskar et al. (1982) construyeron los índices de selección para diez cultivares de girasol (Helianthus annuus L.) y señalan que, la máxima ganancia genética fue obtenida cuando las siete características bajo estudio fueron consideradas juntas. La selección a través de los caracteres fue mas provechosa que sólo la selección por rendimiento.

Los cinco índices con mayor eficiencia relativa en orden de importancia son los siguientes: I (1,2,3,4,5,6,7) con 115.95 por ciento: I (1,3,4,5,6,7) con 115.91 por ciento - I (1,2,3,5,6,7) con 115.58 por ciento; I (1,4,5,6,7) con 115.42 por ciento e I (1,2,3,4,6,7) con 114.66 por ciento. Arévalo y Molina (1974) analizaron ocho variedades comerciales de cebada maltera y sus cruzas dialélicas, con el fin de construir índices de selección para grano, utilizan -

11 características agronómicas, señala que los índices mas eficientes son aquellos que contienen el caracter por seleccionar y caracter correlacionados con él pero no intercorrelacionados. Se observó que el seleccionar para el índice - con tres características sin incluir rendimiento el I (1,4, 6) mostró una eficiencia relativa de 105.4 por ciento superior a todos aquellos índices en los cuales no se incluyó la característica de rendimiento. Además, que al seleccionar para sólo cuatro características utilizando los índices (1,4, 6,7) y (1,5,6,7) sólo difirieron ligeramente con 2.19 y 2.51 por ciento respectivamente en comparación al índice construido con siete variables (1,2,3,4,5,6,7) el cual presentó la mayor eficiencia relativa en esta investigación. Torres et al. (1974) indicaron que al aumentar en el índice el número de caracteres correlacionados con el caracter por mejorar se obtendrá un mayor avance genético. Siendo la correlación una medida de la comunidad de genes que gobiernan la determinación conjunta de dos caracteres, cabe suponer que al aumentar el número de caracteres en el índice se está operando sobre una mayor cantidad de genes que gobiernen en común el caracter objeto de la selección - y los caracteres del índice.

Las importancias relativas en la selección de los caracteres - para seis índices en cártamo bajo temporal se presentan en el Cuadro 15. En dicho cuadro se observó la mayor participación de rendimiento, días a floración, capítulos por planta y con menor aportación peso de 250 semillas y semilla por capítulo en el orden de importancia en la construcción

Cuadro 15. Importancias relativas en la selección de los caracteres para seis índices (expresada en porcentaje) en cártamo bajo temporal

Índice	Días a floración	Altura	Ramas/planta	Peso de 250 smlls	Semillas/capítulo	Capítulos/planta	Rndmto/ha	Aceite (%)
1,2,3,4,5,6,7	28.33	0.14	1.36	5.54	4.78	24.58	35.27	-
1,3,4,5,6,7	10.06	-	2.22	6.58	5.58	30.39	44.90	-
1,2,4,5,6,7	30.07	0.59	-	7.27	5.65	23.20	33.22	-
1,4,5,6,7	32.37	-	-	6.80	5.70	22.46	32.67	-
1,2,3,4,6,7	28.63	0.15	2.50	14.18	-	26.60	28.39	-
1,2,3,4,5,6,7,8	8.09	0.85	2.48	2.20	7.90	10.27	39.23	28.98

de los índices de selección. Una comparación gráfica de las importancias relativas en la selección para el índice superior I (1,2,3,4,5,6,7) con el índice superior pero sin incluir rendimiento I (1,4,6), utilizando sólo tres características se muestra en la Figura 2. Reyes V. (1985) señala que la importancia relativa de un caracter en la selección tiene - un valor conceptual, en lo que se refiere al papel de una variable fenotípica en la selección y un valor práctico para - decidir la inclusión o eliminación de un caracter para la - construcción de un índice.

La importancia económica del cártamo radica en su contenido de aceite y por supuesto en el rendimiento de la semilla, por ello, la necesidad de añadir en este estudio una - octava característica (Porcentaje de aceite) y tener así dos caracteres de importancia económica para dicho cultivo. Los resultados obtenidos en cuatro índices de selección en cártamo bajo temporal se presentan en el Cuadro 16. Donde se observan los distintos valores de los coeficientes para cada - característica, la desviación y la eficiencia de los cuatro índices mas sobresalientes, los cuales fueron seleccionados por su alta eficiencia relativa cuando sólo se consideró el caracter rendimiento. Las fluctuaciones de los coeficientes fueron entre 62.406 y 73.538 para días a floración; -70.933 a -56.305 para número de ramas por planta; 83.771 y 178.116 para peso de 250 semillas; -34.303 a 32.496 para número de - semillas por capítulo; 46.180 y 51.098 para capítulos por -

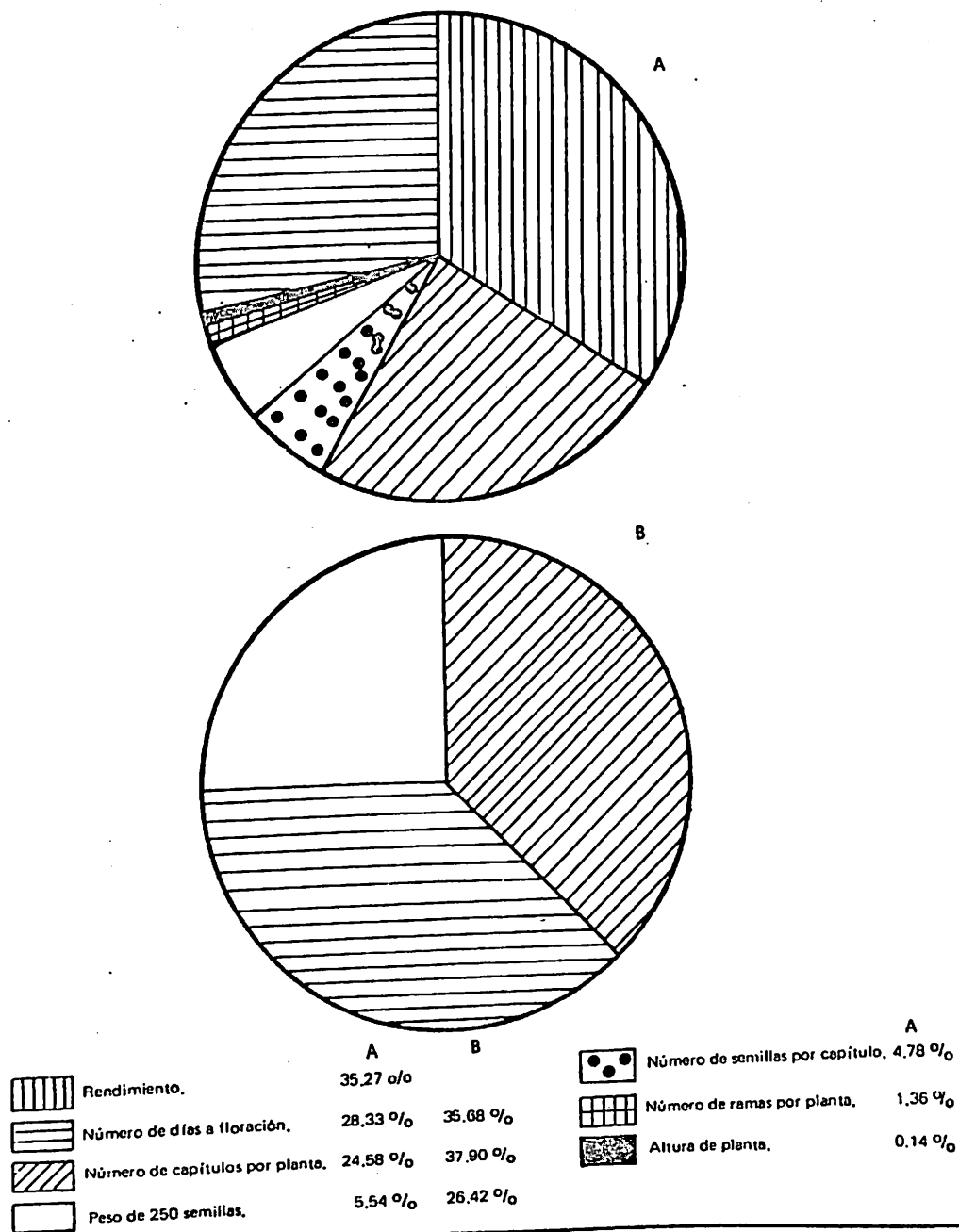


Figura 2 A) La importancia relativa en la selección de los caracteres para el índice superior I(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7).
 B) La importancia relativa en la selección de los caracteres para el índice superior pero sin incluir rendimiento I (1, 4, 6), utilizando sólo tres características.

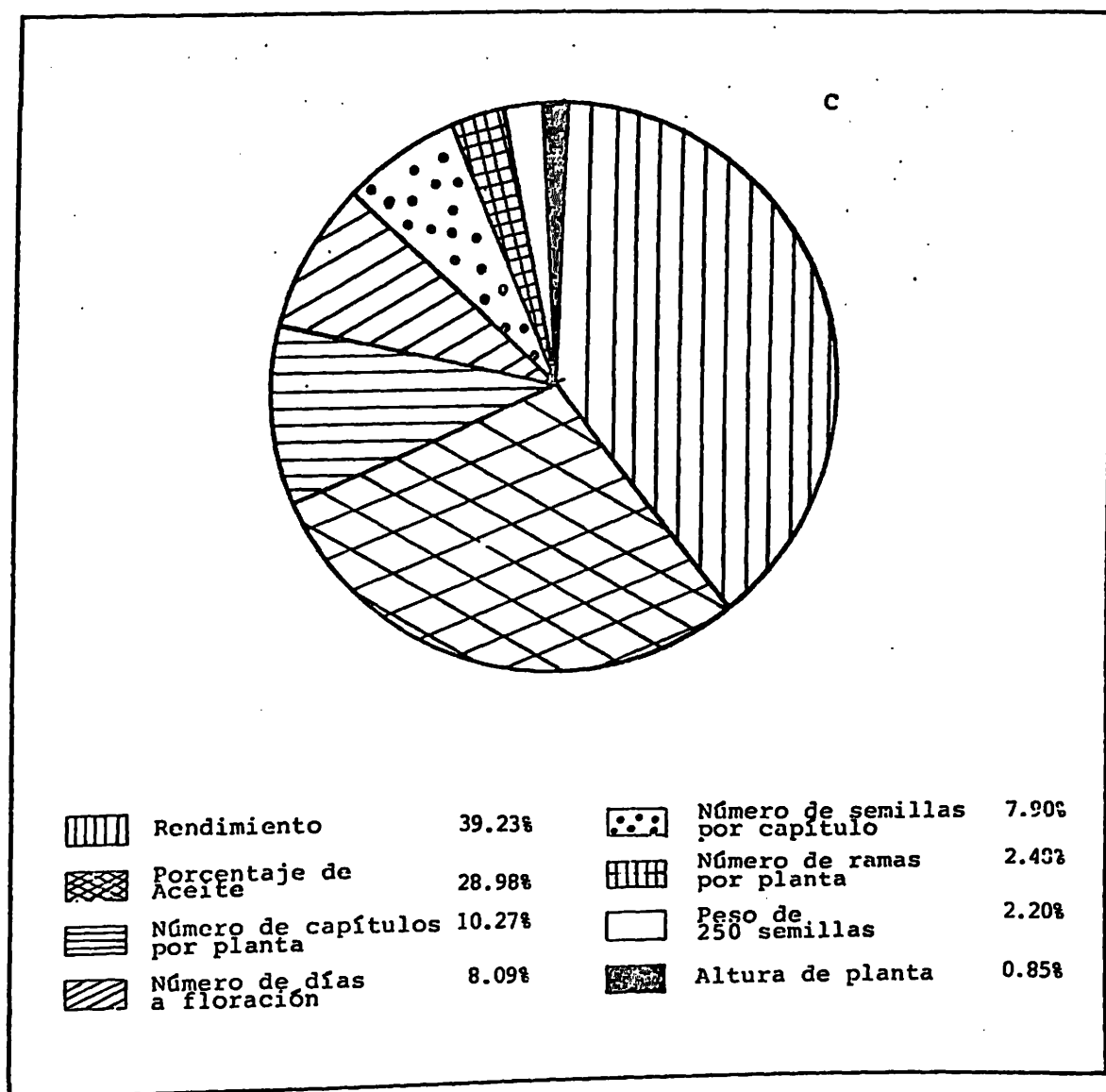


Figura 2. c) La importancia relativa en la selección de los caracteres para el índice que incluye el carácter porcentaje de aceite I (1,2,3,4,5,6,7,8).

planta, -0.008 a -0.033 para rendimiento por hectárea; - - 141.931 y 196.552 para porcentaje de aceite y sólo se obtuvo en el índice con las ocho características el coeficiente de altura de planta con 6.224. El índice con las ocho características presentó la mayor eficiencia con 105.77 por ciento en cambio los índices con siete características I (1,3,4,5, 6,7,8), con seis I (1,4,5,6,7,8) y con cinco I (1,4,6,7,8) - presentan eficiencias de 105.14, 103.81 y 97.71 por ciento - respectivamente. Se observó que el índice con seis características I (1,4,5,6,7,8) difiere sólo en 1.96 por ciento con respecto al índice con las ocho características. Los altos valores en las eficiencias en los índices son atribuidos a - errores de muestreo. Asimismo, las importancias relativas para el índice con las ocho características I (1,2,3,4,5,6, 7,8) en cártamo se presenta en el Cuadro 15 y en la Figura 2. Dicho cuadro señala que el rendimiento, el porcentaje - de aceite y número de capítulos por planta son los que presentan mayor participación en el orden de importancia y con menor aportación las demás características estudiadas.

Cuadro 16. Coeficientes de las variables para 4 índices de selección, sus factores para estimar la desviación del índice (∇I) y la eficiencia del índice ($P(H,I)$) en cártamo bajo temporal

Índice	Días a floración	Altura	Ramas/ planta	Peso de 250 smlls	Semillas/ capítulo	Capítulo/ planta	Rndmto/ ha	Aceite (%)	∇I	$P(H,I)$ (%)
1,2,3,4,5,6,7,8	62.406	6.224	-70.933	83.771	-33.597	49.834	-0.033	196.552	363.16	105.77
1,3,4,5,6,7,8	71.816		-56.305	88.280	-32.496	48.268	0.014	189.029	360.99	105.14
1,4,5,6,7,8	70.287			103.726	-34.303	46.180	-0.018	181.812	356.42	103.81
1,4,6,7,8	73.538			178.116		51.098	-0.008	141.931	335.47	97.71

Coeficiente de sendero

El rendimiento de grano es una característica extrema damente compleja y es el resultado de múltiples funciones del crecimiento de la planta, el rendimiento es un ejemplo de - integración en el cual, los componentes de rendimiento son - parcialmente interdependientes en las características de desarrollo de la planta. Un conocimiento de interrelación entre diferentes componentes de rendimiento y características del desarrollo es muy importante en el programa de selección para desarrollar un eficiente programa de mejoramiento de - cártamo. El estudio del análisis de coeficiente de sendero determinará la naturaleza de la interrelación entre los dife rentes componentes de rendimiento y características del desa rrollo. Además, indica cuales son las características que - están relacionadas directamente o indirectamente al rendimien to y clasifica cuales características son o no útiles en el programa de selección para mejorar mas rápidamente el carac ter en consideración. El análisis de coeficiente de sendero permite la desaparición total de los coeficientes de correla ción a componentes de efecto directos o indirectos (Kuruvadi, 1989). Los resultados obtenidos en el análisis de coeficien tes de sendero genotípicos para rendimiento y el porcentaje de aceite se presentan en los Cuadros 17 y 19 y en las Figura ras 3 y 5 bajo riego y en los Cuadros 18 y 20 y Figuras 4 y 6 bajo temporal.

Cuadro 17. Análisis de sendero para los valores genotípicos de siete caracteres en relación a rendimiento en cártamo bajo riego

	Días a floración G ₁	Número de ramas G ₂	Altura (cm) G ₃	Peso de 250 semillas(g) G ₄	Semillas/ capítulo G ₅	Capítulos/ planta G ₆	Rndnto/ planta G ₇	Rndnto/ kg/ha G ₈
Días a floración	-0.1060	-0.0129	0.1659	-0.1605	0.3816	-0.05310	0.0483	0.2634
Número de ramas	-0.0207	-0.0660	0.1165	0.0409	0.1432	-0.1765	0.2146	0.2517
Altura	-0.0520	-0.0227	0.3380	-0.1038	0.0598	-0.0723	0.2782	0.4249
Peso de 250 semillas	-0.0475	0.0075	0.0980	-0.3538	0.5307	-0.0603	-0.0154	0.1549
Semillas/ capítulo	0.0669	0.0156	-0.0334	0.3140	-0.6050	0.2478	-0.0579	-0.0156
Capítulos/ planta	-0.0173	-0.0357	0.0750	-0.0662	0.4599	-0.3260	0.2568	0.3459
Rendimiento	-0.0072	-0.0200	0.1330	0.0078	0.0496	-0.1184	0.7070	0.7515

Los valores en diagonal representan los efectos directos.

¹Correlación genotípica con rendimiento

Factor residual 0.7116

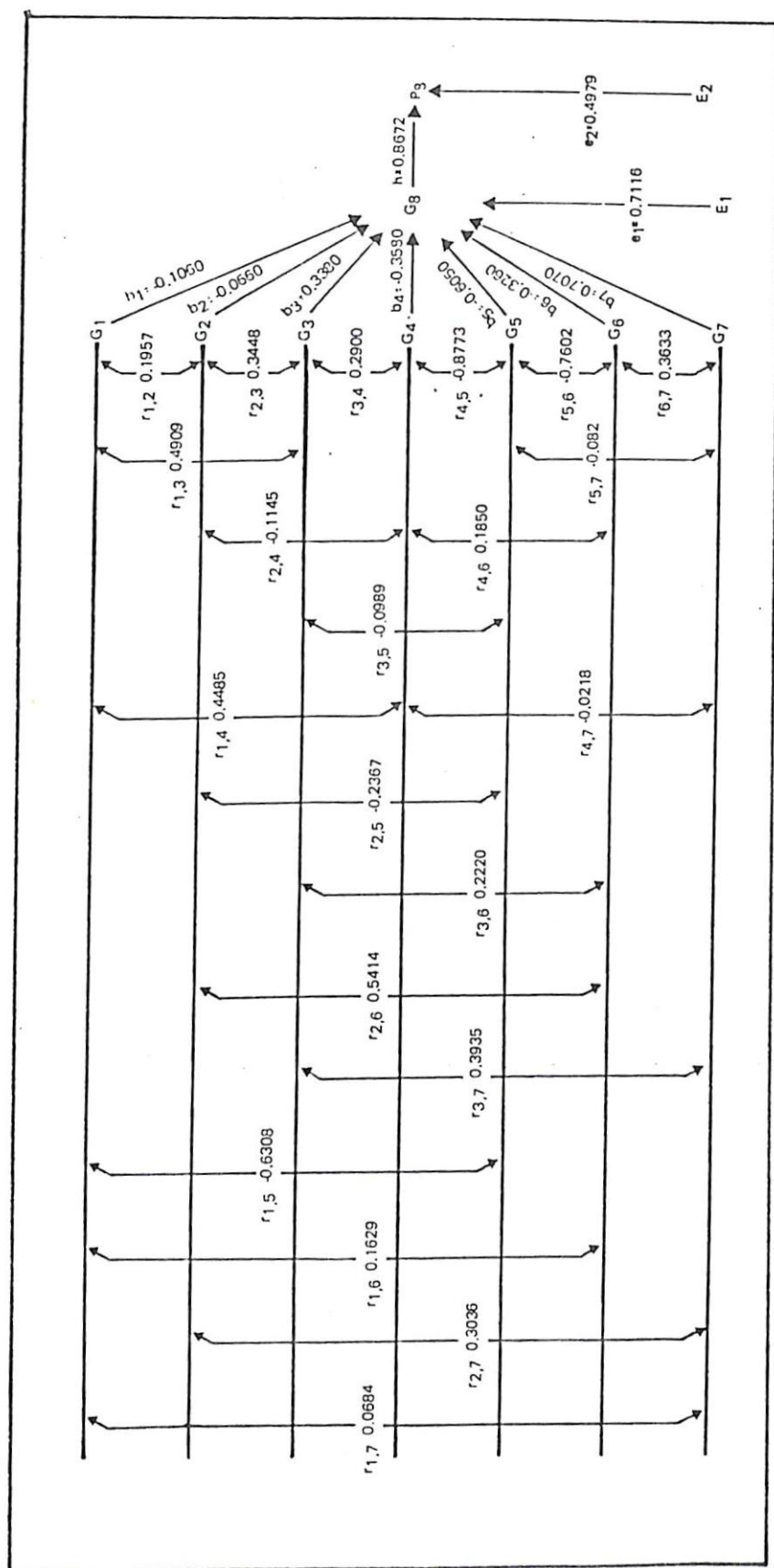


Figura 3 Diagrama causal y cuantificación de las vías de influencia entre valores genotípicos para siete caracteres agronómicos con relación a rendimiento en cártamo bajo riego.

En el análisis de sendero para los valores genotípicos (Cuadro 17), representado gráficamente en la Figura 3, - con respecto al rendimiento, bajo riego se observa que el ca racter días a floración tuvo un efecto negativo sobre el ren dimiento por hectárea (-0.1060) sin embargo, su correlación con rendimiento fue positiva (0.2634) esto es debido quizá, a efectos indirectos positivos de (0.3816), (0.1659) y uno - negativo (-0.1605) a través de número de semillas por capítulo, altura de planta y peso de 250 semillas respectivamente. En relación al caracter número de ramas, este tuvo un efecto negativo casi nulo (-0.0660) con rendimiento por hectárea en cambio la correlación entre ellos fue positiva (0.2517), debido a un efecto alto positivo e indirecto (0.2146) a través de rendimiento por planta y semillas por capítulo (0.1432). Altura de planta, tuvo una correlación positiva con rendimien to por hectárea (0.4249) ya que su efecto directo hacia ren dimiento por hectárea fue positivo (0.3380), debido tal vez a un efecto indirecto positiva (0.2782) y otro efecto positi vo menor (0.0598) a través de rendimiento por planta y número de semillas por capítulo. El caracter peso de 250 semillas tuvo un efecto directo y negativo (-0.3580) hacia rendimien to por hectárea, en cambio su correlación con el mismo fue - positivo (0.1549), esto obedece a un efecto positivo - - (0.5307) a través de número de semillas por capítulo. Se ob serva que el caracter semillas por capítulo tuvo un efecto - negativo alto (-0.6050) sin embargo, su correlación con ren dimiento por hectárea fue casi nulo (-0.0516), esto es debido

quizá a dos efectos indirectos positivos (0.3140) y (0.2478) a través de peso de 250 semillas y número de capítulos por planta respectivamente. Número de capítulos por planta tuvo un efecto negativo (-0.3260) pero su correlación con rendimiento por hectárea fue positiva (0.3459) quizá la causa de esto sea la gran influencia de dos efectos indirectos (0.4599) a través de número de semillas por capítulo y rendimiento por planta (0.2568). El carácter rendimiento por planta tuvo un efecto positivo sobre el rendimiento por hectárea (-0.7070) por lo que la correlación fue positiva (0.7515). En referencia al valor residual obtenido, en esta localidad (-0.7116), es considerado relativamente alto, por lo que esto sugiere que existen otras variables de importancia que determinan la expresión del rendimiento. Por tanto, se detectó a través de este análisis de coeficiente de sendero que rendimiento por hectárea está influenciado por los efectos directos de rendimiento por planta (0.7070) semillas por capítulo (-0.6050) y en menor proporción por peso de 250 semillas, altura de planta y número de capítulos por planta con valores de sendero de -0.3580, 0.3380 y -0.326 respectivamente. 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 mas efectivo para incrementar los rendimientos. Por otro lado 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. Las discrepancias obtenidas en este estudio respecto a número de semillas por capítulo, peso de 250 semillas y capítulos por planta con anteriores investigaciones - son atribuídas principalmente a factores ambientales no controlados los cuales afectaron negativamente la fertilidad del grano reduciendo el peso, la calidad y cantidad de la semilla (lo que también produjo muy bajos valores de correlación entre algunos pares de características). Castillo (1988) en un estudio de análisis de coeficientes de sendero se evaluaron 25 variedades de girasol en 3 localidades y señala que la localidad de Venecia, Durango produjo bajos valores de correlación atribuídas a un error en el muestreo, así como a factores ambientales no controlados, lo que complicó la identificación de verdaderos componentes de rendimiento.

Los efectos directos determinados para el rendimiento por hectárea en el ambiente de temporal (Cuadro 18 y Figura 4) indican que el caracter días a floración mostró un efecto directo (0.939) hacia rendimiento por hectárea, su correlación con el mismo fue menor (0.2589) esto es 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 caracter 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 caracter altura de planta

Cuadro 18. Análisis de senderos para los valores genotípicos de siete caracteres en relación a rendimiento en cártamo bajo temporal

	Días a floración G_1	Número de ramas G_2	Altura (cm) G_3	Peso de 250 semillas(g) G_4	Semillas/ capítulo G_5	Capítulos/ planta G_6	Rndnto/ planta(g) G_7	Rndnto/ kg/ha G_8
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	-0.4683	-0.0333	0.0557	<u>0.3380</u>	0.3473	-0.0124	0.0418	0.2692
Semillas/ capítulo	0.2834	0.0251	-0.0390	-0.2630	<u>-0.4510</u>	-0.0584	0.2050	-0.2957
Capítulos/ planta	-0.3308	0.0063	0.0364	-0.0103	0.0650	<u>0.4050</u>	0.3534	0.5246
Rendimiento/ planta	-0.1240	0.0241	-0.0607	0.0230	-0.1511	0.2339	0.6120	.5566

Los valores en diagonal representan los efectos directos

¹Correlación genotípica con rendimiento

Factor residual = 0.2509

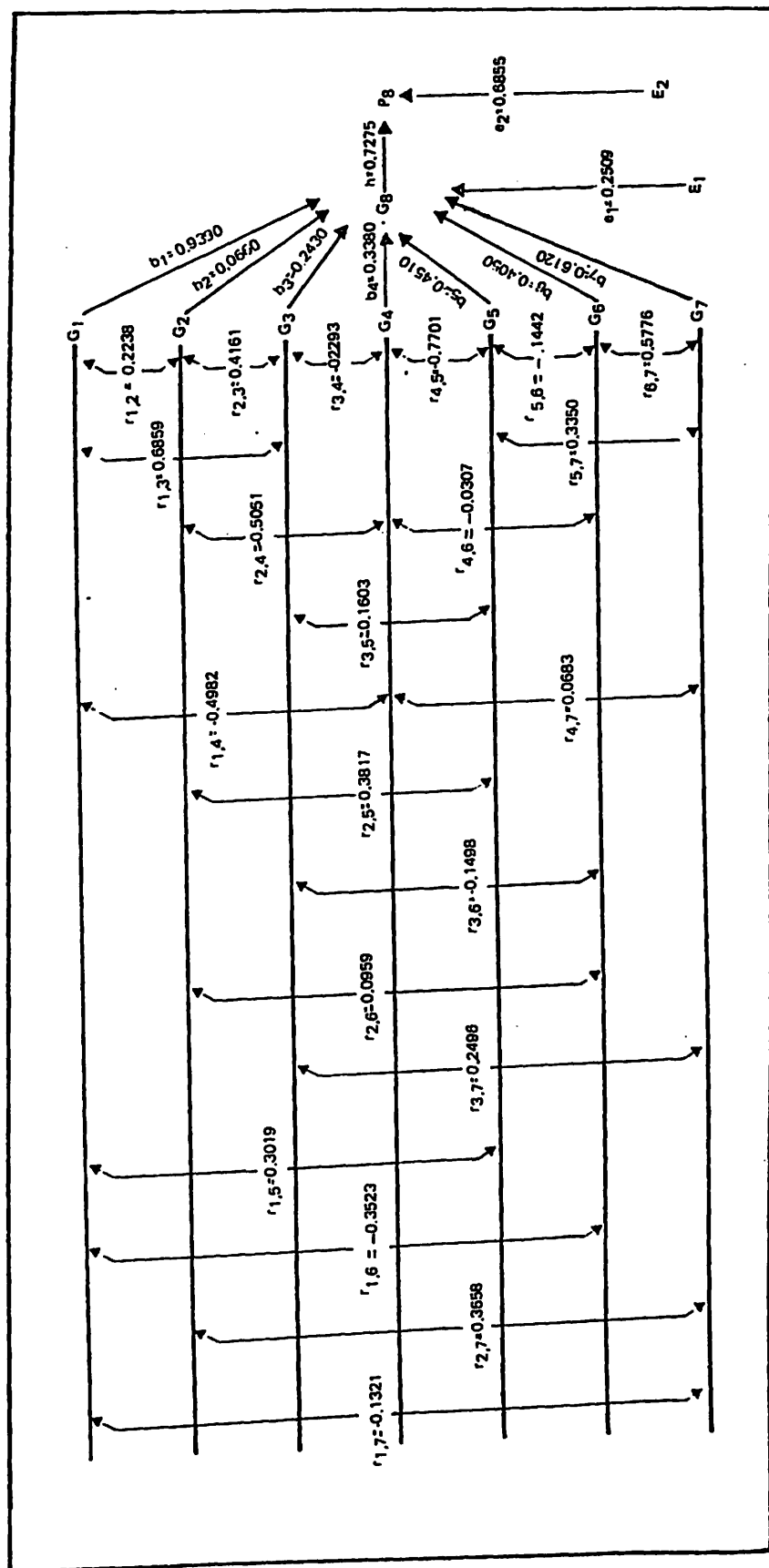


Figura 4 Diagrama causal y cuantificación de las vías de influencia entre los valores genotípicos para siete caracteres agronómicos con relación a rendimiento en cártamo bajo temporal.

este 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 in directa positiva (0.6440) a través de días a floración. Peso de 250 semillas presenta una correlación positiva con ren dimiento por hectárea (0.2692), aunque su efecto directo positivo (0.3380), 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 mas baja (-0.2957), la causa posible de esto es debido a influencias indirectas positivas a través de días a floración (0.2834) y rendimiento por planta (0.2050) además de un efecto indirecto negativo (-0.2603) a través de peso de 250 semillas. Respecto al caracter número de capítulos por planta éste indica un efecto directo positivo (0.4050) hacia el rendimiento por hectárea, su correlación con este fue positivo (0.5246), quizá debido a la influencia indirecta positiva (0.3534) a través de rendimiento por planta. Se observó que el 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 de terminación de las variables estudiadas, sobre el rendimien- to por hectárea. Por tanto las variables de efecto directo positivo sobre el rendimiento por hectárea bajo riego son - días a floración (0.9390) (aunque la correlación entre ellos es baja), rendimiento por planta (0.6120) y con menor influencia número de capítulos por planta (0.4050) y un efecto directo negativo (-0.4510) a través de número de semillas por capítulo. Ranga y Ramachandram (1977) en un estudio de análisis de asociación de los componentes del rendimiento y aceite en cártamo mostraron que el rendimiento está influenciado directamente por el número de capítulos por planta (0.85) y peso de capítulos (0.43).

En el análisis de sendero para los valores genotípicos (Cuadro 19 y Figura 5) en relación al porcentaje de aceite bajo riego, señala que el caracter días a floración tuvo un efecto directo positivo (0.2920), sin embargo, su correlación con rendimiento por hectárea fue positiva y casi nula - (0.0977) esto es debido quizá, a los efectos indirectos negativos y positivos a través de peso de 250 semillas (-0.2897) y altura de planta (-0.1742) y número de semillas por capítulo (0.2637). El caracter 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 (0.0928), quizá, por la influencia indirecta positiva - de todos los caracteres a excepción de altura de planta. -

Cuadro 19. Análisis de senderos para los valores genotípicos de siete caracteres en relación a porcentaje de aceite en cártamo bajo riego

	Días a floración G ₁	Número de ramas G ₂	Altura (cm) G ₃	Peso de 250 semillas(g) G ₄	Semillas/ capítulo G ₅	Capítulo/ planta G ₆	Rndmto/ planta G ₇	Aceite ¹ (%)
Días a floración	<u>0.2920</u>	-0.0350	-0.1742	-0.2897	0.2637	0.0152	0.0257	0.0977
Número de ramas	0.0571	<u>-0.1790</u>	-0.1224	0.0740	0.0989	0.0503	0.1139	0.0928
Altura	0.1433	-0.0617	<u>-0.3550</u>	-0.1873	0.0413	0.0206	0.1475	-0.2510
Peso de 250 semillas	0.1309	0.0204	-0.1030	<u>-0.6460</u>	0.3667	0.0172	-0.008	-0.222
Semillas/ capítulo	-0.1841	0.1424	0.0351	0.5667	<u>-0.4180</u>	-0.0706	-0.0307	-0.0591
Capítulos/ planta	0.0475	-0.0969	-0.0788	-0.1195	0.3177	<u>0.0930</u>	0.1362	0.299
Rendimiento/	0.0199	-0.0543	-0.1397	0.0141	0.0342	0.0337	<u>0.3750</u>	0.2829

Los valores en diagonal representan los efectos directos.

¹Correlación genotípica con porcentaje de aceite
Factor residual = 0.7729

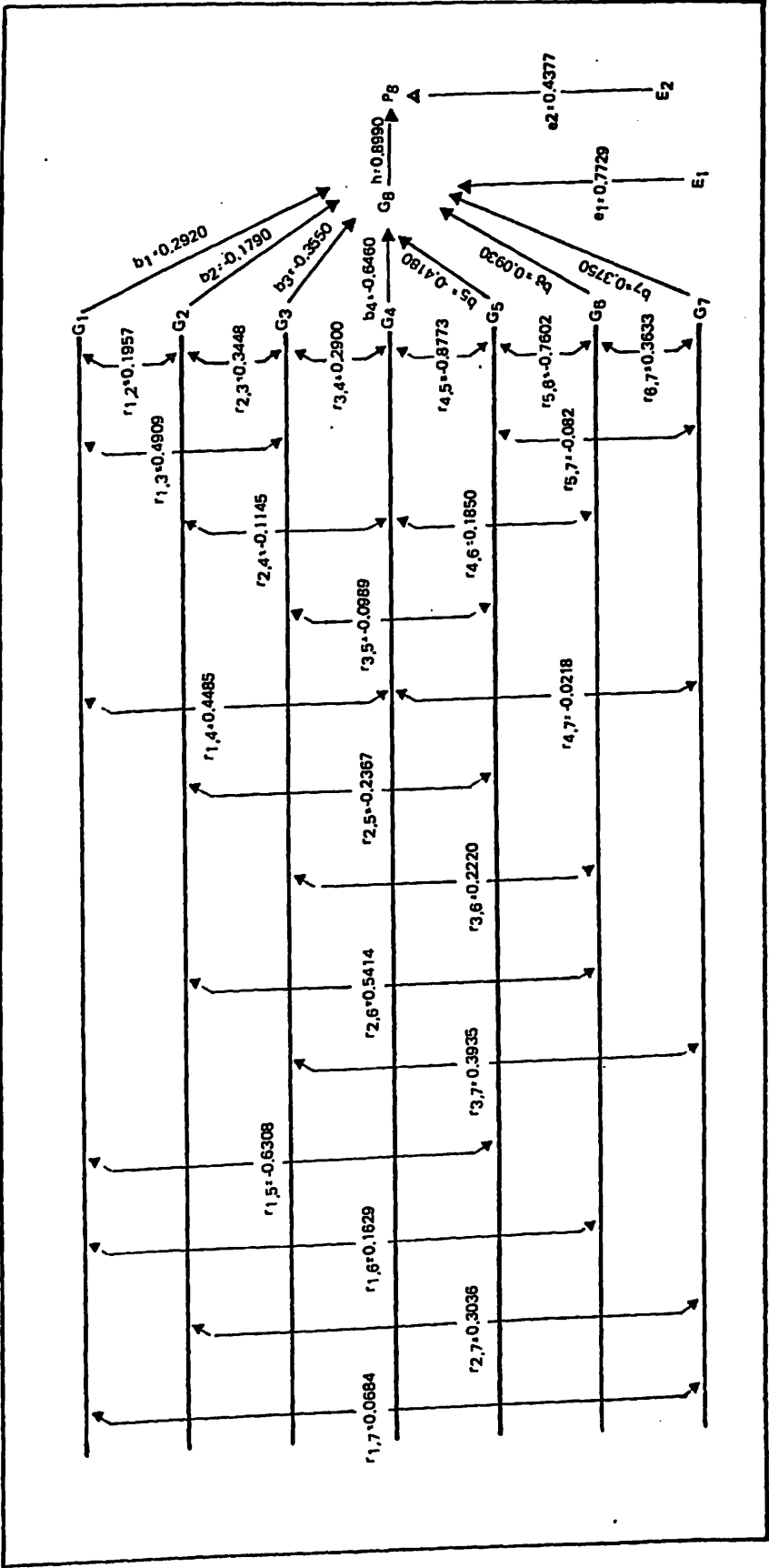


Figura 5 Diagrama causal y cuantificación de las vías de influencia entre valores genotípicos para siete caracteres agronómicos con relación a porcentaje de aceite bajo fuego.

Con respecto al caracter altura de planta mostró un efecto - directo negativo (-0.3550) hacia porcentaje de aceite y la - correlación entre ellos fue negativa (-0.2510). Quizá debido a los efectos indirectos positivos a través de rendimiento por planta y días a floración con (0.1475) y (0.1433) respectivamente. Además de la influencia indirecta negativa - (-0.1873) a través de peso de 250 semillas. Se observó que peso de 250 semillas presentó una correlación negativa con - el porcentaje de aceite (-0.2220) ya que su efecto directo - hacia este último fue directo y negativo (-0.646), la causa de la baja correlación es debido, quizá a efectos indirectos positivos (0.3667) y (0.1309) 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 debida a una influencia directa positiva y grande (0.5667) a través de peso de - 250 semillas. El caracter número de capítulos por planta - mostró un efecto directo casi nulo (0.0930) por lo que parece ser que la correlación entre dicho caracter y el porcentaje de aceite obedece principalmente a un efecto indirecto positivo a través de número de semillas por capítulo. En relación al caracter rendimiento por planta, este 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 mas alto fue altura de planta). El valor residual se -

presentó relativamente alto (0.7729), lo que quizá señale - que los materiales de cártamo evaluados, tienen mas 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 a porcentaje de aceite indica valores bajos de correlación, atribuidos como se señaló anteriormente a factores ambientales desfavorables. Por tanto se observó que los caracteres con efectos directos que influyen en el contenido de aceite son peso de 250 semillas (-0.646), número de semillas por capítulo (-0.4180), rendimiento por planta (0.3750) y altura de planta (-0.3550). Ranga y Ramachandram (1977) en un estudio de análisis de sendero de 215 variedades de cártamo encontraron que el contenido de aceite está influenciado por los efectos directos de 3 componentes, el porcentaje de cáscara (-0.80), el rendimiento por planta (0.40) y el número de capítulos por planta (-0.37).

En un estudio de los efectos directos relacionados al porcentaje de aceite en el ambiente de temporal (Cuadro 20 y Figura 6) señala que el caracter días a floración tuvo un efecto directo (0.2290) hacia el porcentaje de aceite, su correlación entre ambos fue casi nula (0.0448), esto es debido quizá a los efectos indirectos negativos de (-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 caracter número de ramas

Cuadro 20. Análisis de senderos para los valores genotípicos de siete caracteres con relación a porcentaje de aceite en cártamo bajo temporal

	Días a floración G ₁	Número de ramas G ₂	Altura (cm) G ₃	Peso de 250 semillas(g) G ₄	Semillas/ capítulo G ₅	Capítulos/ planta G ₆	Rndnto/ planta(g) G ₇	Aceite ¹ (%) G ₈
Días a floración	<u>0.2290</u>	0.0505	-0.2764	0.0537	-0.0193	0.1366	-0.1293	0.0448
Número de ramas	0.0512	<u>0.2260</u>	-0.1676	0.0545	-0.0244	-0.0372	0.3581	0.4608
Altura	0.1571	0.0940	<u>-0.4030</u>	0.0247	-0.0102	0.0581	0.2443	0.1652
Peso de 250 semillas	-0.1142	-0.1141	0.0924	<u>-0.1080</u>	0.0492	0.0119	0.0668	-0.1156
Semillas/ capítulo	0.0691	0.0862	-0.0646	0.0831	<u>-0.0640</u>	0.0559	0.3279	0.4936
Capítulos/ planta	-0.0806	0.0218	0.0604	0.0033	0.0092	<u>-0.3880</u>	0.5655	0.1920
Rendimiento/	-0.0302	0.0826	-0.1005	-0.0070	-0.0214	-0.2241	<u>0.9790</u>	0.6785

Los valores en diagonal representan los efectos directos.

¹Correlación genotípica con porcentaje de aceite
Factor residual = 0.6180

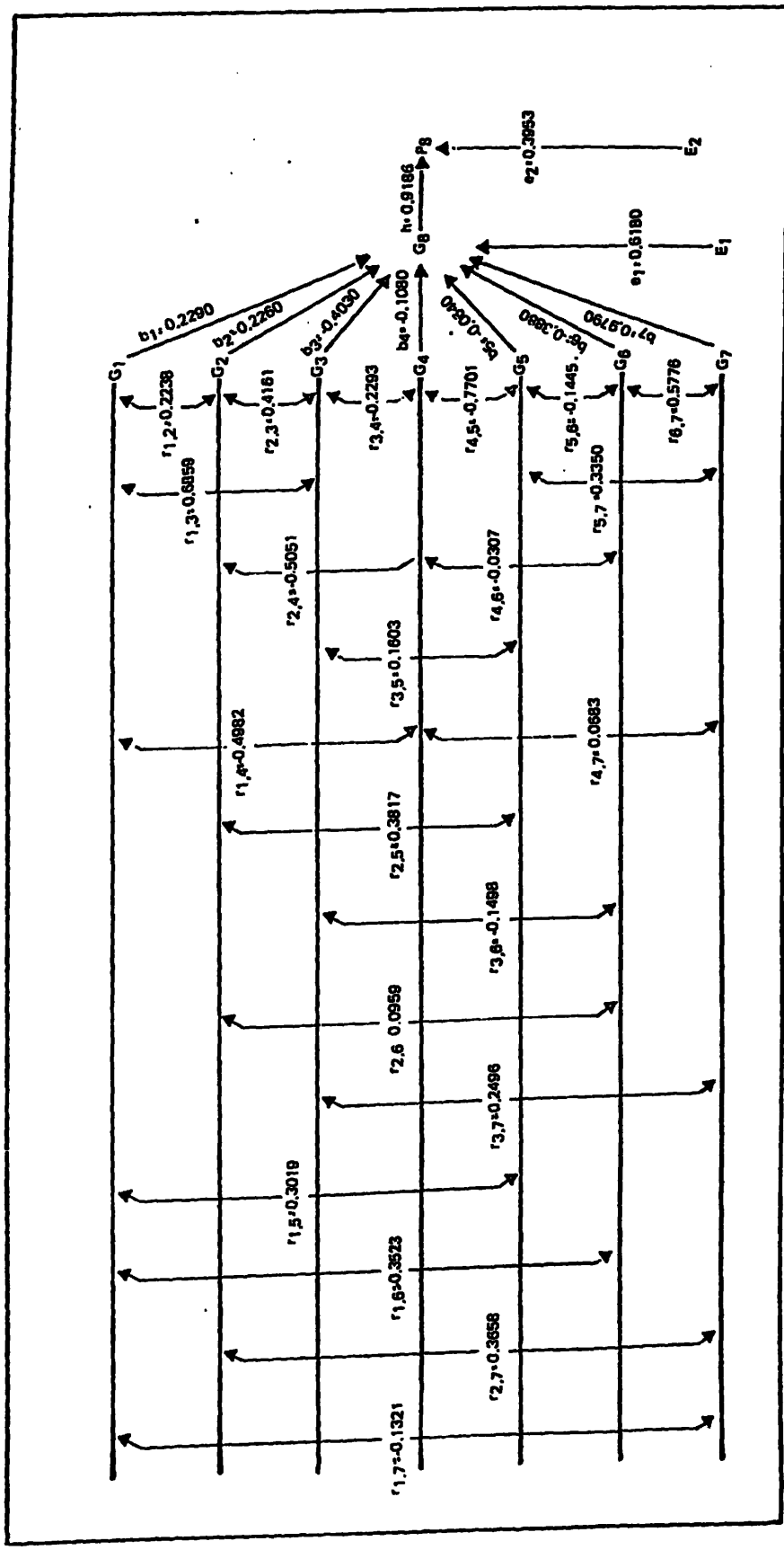


Figura 8 Diagrama causal y cuantificación de las vías de influencia entre valores genotípicos para siete caracteres agronómicos con relación a porcentaje de aceite bajo temporal.

por planta mostró un efecto positivo (0.2260), en cambio la correlación con el porcentaje de aceite (0.4609) esto es debido quizá, 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. Pero de 250 semillas, este tuvo una correlación negativa con porcentaje de aceite (-0.1156) ya que su efecto directo hacia porcentaje de aceite fue negativo (-0.1080). En relación al carácter semillas por capítulo mostró un efecto directo negativo casi nulo (-0.0640), por lo que la correlación positiva entre dicho carácter y el porcentaje de aceite (0.4936) obedece principalmente a un efecto indirecto positivo grande (0.3279) 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 (-0.3880) hacia 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 de 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), no obstante 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). Estos resultados coinciden en general con lo encontrado por Ranga y Ramachandram (1977) - asimismo, Calixto et al. (1976) en un análisis de 3 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 la resultante - aditiva de varios efectos indirectos de pequeña magnitud y deduce que el carácter longitud de espiga, mas contribuye al rendimiento. Castillo (1988) en un estudio de estabilidad del rendimiento e interrelaciones genotípicas entre caracteres en girasol, indica que el análisis de sendero proporcionan 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.

V. CONCLUSIONES

- 1.- Existe la variabilidad marcada para rendimiento y sus componentes bajo riego y temporal en los recursos genéticos incluidos.
- 2.- En esta investigación se identificaron las líneas Saffola 208, C228-5-0Y, T-10, Mante 81 y POI-5-66-5-1 - como sobresalientes bajo riego y POI-5-66-5-1, POI-6-16-1-1, Líbano CM-1098 y T-3 en el ambiente de temporal con respecto a su rendimiento. En relación a la producción de aceite por hectárea las líneas con mayor cantidad son: Saffola 208, T-10, C228-5-0Y, POI-5-66-5-1 y Mante 81 bajo riego y POI-5-66-5-1 y POI-6-16-1-1 bajo temporal. El caracter porcentaje de aceite mostró a las líneas POI-5-66-5-1, POI-6-16-1-1 y Torito como las de mayor contenido bajo riego y POI-5-66-5-1 y POI-6-16-1-1 en el ambiente de temporal.
- 3.- Los genotipos Líbano CM 1098, C70-15-0Y, T-3 y Saffola 208 produjeron alto número de capítulos bajo riego y bajo temporal los genotipos fueron T-3, T-15, POI-6-16-1-1 y 38VF75-53-1-1-2. En relación a número de semillas por capítulo las líneas Egipto CM-1239, Mante

- 81, Egipto CM-1276 y POI-6-16-1-1 fueron sobresalientes bajo riego y Egipto CM-1239, Egipto CM-1276, POI-5-66-5-1 y la línea T-15 en el ambiente de temporal. -
- Para el caracter peso de 250 semillas los genotipos - T-1, Jordán CM-1082, Jerusalém CM-1136 y 10VF75-2-3-5-2 son los mas sobresalientes bajo riego y temporal.
- 4.- Las líneas con porte bajo son: Noreste 84, T-3 y Gila, en cambio las líneas con porte alto fueron: Líbano CM-1098, Jordán CM-1082, C228-5-0Y y C70-15-0Y. Se consideraron las líneas Egipto CM-1239, Egipto CM-1276, y Gila como precoces y las líneas Jerusalém CM-1136, - C547-1-6-0Y, Líbano CM-1098 y C70-15-0Y como tardías.
- 5.- De acuerdo con las estimaciones de los índices de cosecha las líneas Jordán CM-1082, T-3 y Kuwait CM-1107 fueron las mas eficientes bajo riego y Noreste 84, Jordán CM-1082 y T-3 en el ambiente de temporal.
- 6.- Generalmente no se encontró una línea con todas las - características deseables, por lo tanto, se recomienda utilizar los genotipos citados anteriormente como progenitores en un programa de hibridación para generar - recombinantes superiores.

- 7.- Las características rendimiento por planta, número de días a floración y madurez, peso de 250 semillas, altura de planta y porcentaje de aceite presentaron valores increíblemente altos de heredabilidad en sentido amplio bajo riego y temporal.
- 8.- Existe una correlación positiva y significativa entre el rendimiento por hectárea con rendimiento por planta individual y porcentaje de aceite bajo riego y temporal, pero en este último, también se observó una asociación con número de semillas por capítulo y porcentaje de semilla vana.
- 9.- Al considerar únicamente al rendimiento como caracter principal, el índice de selección con cuatro características (días a floración, peso de 250 semillas, número de capítulos por planta y rendimiento por hectárea) denominado I (1,4,6,7) presentó una mayor eficiencia relativa poco menos a los índices contruídos con 5,6 y 7 características. Por otro lado, cuando se consideraron dos caracteres de importancia económica (el rendimiento y el porcentaje de aceite) el índice con seis características (días a floración, peso de 250 semillas, número de semillas por capítulo, número de capítulos por planta, rendimiento por hectárea y porcentaje de aceite) denominado I (1,4,5,6,7,8) presenta una mínima diferencia en comparación al índice contruído con 8 características.

- 10.- El análisis de sendero mostró en el ambiente bajo riego, con respecto al rendimiento, influencias directas a través de rendimiento por planta, semillas por capítulo y en menor grado peso de 250 semillas, altura de planta y capítulos por planta. En cambio este mismo análisis en el ambiente de temporal indica que los efectos directos fueron días a floración, rendimiento por planta y con menor influencia número de capítulos por planta y número de semillas por capítulo. Es necesario señalar que las diferencias obtenidas en el ambiente bajo riego, son atribuidas principalmente a factores ambientales no controlados.
- 11.- Respecto al contenido de aceite, el análisis de sendero bajo riego, determinó efectos directos a través de peso de 250 semillas, número de semillas por capítulo, rendimiento por planta y altura de planta. Por otro lado 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.

VI. RESUMEN

En esta investigación se evaluaron 24 y 23 fenotipos en un diseño de bloques al azar con 4 y 3 repeticiones bajo riego y temporal respectivamente, en una localidad, con el objetivo de estudiar la variabilidad de los diferentes caracteres cuantitativos, identificar genotipos superiores bajo riego y temporal, además, estudiar parámetros genéticos, correlaciones fenotípicas y genotípicas, construir índices de selección bajo temporal y estudiar los análisis de sendero bajo riego y temporal.

El análisis de varianza indica diferencias significativas para rendimiento por hectárea y planta, 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, proteína y semilla vana (con excepción al ambiente de temporal) y en el índice de cosecha bajo riego y temporal. El rendimiento varió de 782.5 a 2757.2 kg/ha y 881.1 a 2496.7 kg/ha bajo riego y temporal respectivamente. Mientras que la producción potencial de aceite por hectárea varió 261.1 a 943 kg/ha y 303.1 a 986.2 kg/ha bajo riego y temporal respectivamente.

Se identificaron los siguientes genotipos para rendimiento - Saffola 208, C228-5-0Y, T-10, Mante 81 y POI-5-66-5-1 como - superiores bajo riego y POI-5-66-5-1, POI-6-16-1-1, Líbano - CM-1098 y T-3 bajo temporal. El mayor porcentaje de aceite lo presentaron las líneas POI-5-66-5-1, POI-6-16-1-1 y Torito bajo riego y POI-5-66-5-1 y POI-6-16-1-1 en el ambiente - de temporal. Las líneas con mayor producción total de aceite por hectárea fueron bajo riego: Saffola 208, T-10, C228-5-0Y, POI-5-66-5-1 y Mante 81 y en temporal fueron: POI-5-66-5-1 y POI-6-16-1-1. Con respecto a los componentes de rendimiento las líneas Líbano CM-1098, C70-15-0Y, T-3 y Saffola 208 presentaron mayor número de capítulos bajo riego y las - líneas T-3, T-15, POI-6-16-1-1 y 38VF75-53-1-1-2 bajo temporal. Las líneas con mayor número de semillas por capítulo - son: Egipto CM-1239, Mante 81, Egipto CM-1276 y POI-6-16-1-1 en el ambiente de riego y bajo temporal fueron: Egipto CM-1239, Egipto CM-1276, POI-5-66-5-1 y la línea T-15. Para el carácter peso de 250 semillas los genotipos T-1, Jordán CM-1082, Jerusalém CM-1136 y 10VF75-2-3-5-2 son los mas sobresalientes bajo riego y temporal. Las líneas que presentaron porte bajo son Noreste 84, T-3 y Gila, en cambio las líneas Líbano CM-1089, Jordán CM-1082, C228-5-0Y y C70-15-0Y. Se consideraron las líneas Egipto CM-1239, Egipto CM-1276, T-19 y Gila como precoces y las líneas Jerusalém CM-1136, C547-1-6-0Y, - Líbano CM-1098 y C70-15-0Y como tardías. Los valores de heredabilidad en sentido amplio variaron considerablemente de 55.40 a 98.56 por ciento y 32.30 a 97.58 por ciento bajo -

riego y temporal respectivamente y las diferentes caracterís
ticas estudiadas.

Respecto a las correlaciones se detectó una asociación positiva y significativa entre el rendimiento por hectárea - con rendimiento por planta individual, porcentaje de aceite y sólo en el ambiente de temporal con número de capítulos - por planta. También se encontraron correlaciones interesantes entre diferentes pares de características bajo riego y - temporal.

Se observó que el índice de selección con 4 caracterís
ticas (días a floración, peso de 250 semillas, capítulos por planta y rendimiento por hectárea) denominado I (1,4,6,7) con 113.76 por ciento presentó una eficiencia relativa poco menor que el índice mayor construido con las 7 características I (1,2,3,4,5,6,7). Sin embargo, cuando se consideró al rendimiento y al porcentaje de aceite como parte del valor gené
tico agregado se encontró que el índice con seis caracterís
ticas (días a floración, peso de 250 semillas, número de semillas por capítulo, número de capítulos por planta, rendimiento por planta y porcentaje de aceite) indicado como I (1,4,5,6,7,8) presentó una menor eficiencia que el índice - construido con las ocho características (1,2,3,4,5,6,7,8).

El análisis de sendero para el rendimiento bajo condi
ciones de riego, mostró influencias directas a través de -

rendimiento por planta, número de semillas por capítulo y - en menor grado peso de 250 semillas, altura de planta y número de capítulos por planta. En cambio en el ambiente de temporal el rendimiento muestra 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. Con respecto al contenido de aceite, se determinaron efectos directos a través de peso de 250 semillas, número de semillas por capítulo, rendimiento por planta y altura de planta. Por otro lado, en el ambiente de temporal se observó una influencia directa a través del rendimiento por planta, altura de planta y número de capítulos por planta.

VII. LITERATURA CITADA

Abel, G.H. 1976 Inheritance of stem length and its components in safflower. Crop Sci. 16(3): 374-376. U.S.A.

Alessi, J., J.F. Power and D.C. Zimmerman. 1981. Effects of seeding date and population on water-use efficiency and safflower yield. Agron. J. 73(5): 783-787. U.S.A.

Arévalo N, y J. Molina. 1974. Eficiencia relativa de índices de selección para rendimiento de grano en cebada maltera (Hordeum vulgare L.), usando la información de progenitores solos y del diseño dialélico. Agrociencia 16: 83-95. México.

Armendariz A., J.L. 1984. Evaluación de veinte materiales de cártamo sobresalientes. Anales de investigación de la Facultad de Ciencias Agrícolas. 1(1): 31-34.

Ashri, A., D.E.Zimmer, A.L. Urie, A. Cahaner and 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. U.S.A.

Bajpai, M.R., R.L. Parihar and M.T. Deshumkh. 1978. Fertility and water management for safflower Crop Annals of Arid Zone 17(3): 298-303. India.

Bratuleau, C., E. Andrei and L. Grecu. 1982. Phenotypic variability of some yield components in safflower (Carthamus tinctorius L.). Lucrari Siintifice, Institutul Agronomic Ion Ionescu de la Brad Agronomie 28: 89-90. Rumania.

Bulmer, M.G. 1985. The mathematical theory of quantitative genetics. Clarendon Press Oxford. 255 pp. England.

Calixto C. N., J. Molina y A. Hernández. 1976. Detección de caracteres determinantes del rendimiento de grano de trigo, mediante índices de selección, coeficientes de sendero y regresión lineal múltiple. Agrociencia 24: 95-113.

Castillo G.A. 1988. Estabilidad de rendimiento e interrelaciones genotípicas entre caracteres en girasol (Helianthus annuus L.), Tesis Maestría Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México. p. 97.

- Celis H.A., J.D.G. Molina y A.G. Martínez. 1986. Estimación de parámetros genéticos e índices de selección de la variedad de maíz (Zea mays L.) Zac. 58. Agrociencia 63: 121-138. México.
- Céspedes T.E. 1983. Guía para cultivar cártamo de temporal en Las Huastecas. Folleto para productores Núm. 8, CAEHUAS-INIA-SARH. México. p. 13.
- Channeshapa, M.G. 1980. Genetics of seed yield, oil content and other quantitative characters in safflower (Carthamus tinctorius L.) Mysore Journal of Agriculture - Sciences. 14(3): 463. India.
- Ghaudary, D.N. and B.B. Singh. 1974. Correlation and path coefficients analysis of yield components in soybean. Ind. J. Agric. Sci. 44(7): 487-490. India.
- Dewey, D.R. and K.H. Lu. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheat - grass seed production. Agron. J. 51: 515-518. U.S.A.
- Erie, J.L. and O.F. French. 1969. Growth, yield and yield components of safflower as affected by irrigation regimes. Agron. J. 61(1): 111-113. U.S.A.

- Falconer, D.S. 1980. Introducción a la genética cuantitativa 13a. impresión. Cía. Editorial Continental, S.A. México. p. 383.
- Goldenberg, J.B. 1968. El empleo de las correlaciones en el mejoramiento genético de las plantas. Fitotecnia Latinoamericana. Vol. 5, No. 2, pp. 1-8.
- González V. A.R. 1988. Grado de influencia de algunos caracteres agronómicos sobre el rendimiento en girasol (Helianthus annuus L.). Tesis Licenciatura Instituto de Ciencia y Cultura, A.C. Saltillo, Coahuila, México. p. 43.
- Grafius, J.E. 1965. A geometry of plant breeding. Mich. State Univ. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. No. 7. 59 p.
- Hang, A.N. and D.W. Evans. 1985. Deficit sprinkler irrigation of sunflower and safflower. Agron. J. 77(4): 588-592. U.S.A.
- Hanson, W.D. and H.W. Johnson. 1957. Methods for calculating and evaluating a general selection index obtained by pooling information from two or more experiments. Genetics 42(4): 421-432. U.S.A.

- Harris, D.L. 1964. Expected and predicted progress from -
index selection involving estimates of population pa-
rameters. *Biometrics* 20(1): 46-72. U.S.A.
- Hazel, L.N. 1943. The genetic basis for constructing selec-
tion indexes. *Genetics* 28(3): 475-490. U.S.A.
- Hazel, L.N. and J.L. Lush. 1942. The efficiency of three -
methods of selection. *J. Hered.* 33: 393-399. U.S.A.
- Jasso, R.D. 1990. Técnica de Análisis de Plantas Oleagino-
sas. En Prensa.
- Jones, J.P. and T.C. Tucker. 1968. Effect of nitrogen ferti-
lizer on yield, nitrogen content and yield components
of safflower. *Agron. J.* 60: 363-364. U.S.A.
- Joshi, B.P., M.V. Thombre, B.S. Manke and P.N. Chaudhari.
1985. Construction of selection indices for varietal
selection in safflower (Carthamus tinctorius L.). *J.*
Maharashtra Agric. Univ. 10(2): 142-143. India.
- Kempthorne, O. 1969. An introduction to genetic statics.
The Iowa State University Press. Ames, Iowa, U.S.A.
545 p.
- Knowles, P.F. 1982. In improvement of oil-seed and industrial
crops by induced mutations. *IAFA* 89-101 pp. U.S.A.

Kotecha, A. 1979. Inheritance and association of six traits in safflower. Crop Sci. 19(4): 523-527. U.S.A.

_____ 1981. Inheritance of seed yield and its components in safflower. Can. J. Genet. Cytol. 23: 111-117. Canada.

Kramer, J.P. 1963. Water stress and plant growth. Agron. J. 55(1): 31-35. U.S.A.

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.

_____ 1989. Genotypic and phenotypic correlations - and path coefficient analylis of some biometrical characters in macaroni wheat. Turrialba, Costa Rica. - (en imprenta).

Kuruvadi, S. y Cortinas E.H.M. 1986. Papel de componentes - del rendimiento en el mejoramiento genético del frijol común. Comunna No. 123. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México. p. 9.

Kuruvadi, S. and Lingam. 1989. Manipulation of grain protein in wheat through agronomic practices. Turrialba, Costa Rica. (en impresión).

Li, C.C. 1956. The concept of path coefficient and its impact on population genetics. Biometrics. 12(2): 190-209. U.S.A.

_____ 1968. Fisher, Wright and path coefficients. Biometrics 24(3): 471-483. U.S.A.

Little, T.M. y F.J. Hills. 1984. Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. Trad. por A. De Paula C. Ed. Trillas 5a. Reimpresión. México. p. 416.

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 Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México. p. 101.

Narkhade, B.N., J.V. Patil and A.B. Deokar. 1985. Estimates of variability parameters in safflower. Journal of Maharashtra Agricultural Universities 10(1): 97-98. India

- Naskar, S.K., M. Ghosh and P.K. Bhowmik. 1982. Selection - index in sunflower. Indian J. Agric. Sci. 52(11): 736-737. India.
- Nasr, H.G., N. Katkhuda and L. Tannir. 1978. Effects of - number fertilization and population rate-spacing of - safflower yield and other characteristics. Agron. J. 70(4): 683-685. U.S.A.
- Norris, W.G. and 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. U.S.A.
- Paliwal, R.V., S.Z. Solanki. 1984. Path coefficient analysis in safflower. Madras Agricultural Journal. 71(4): 257-258. India.
- Pandey, J.P. and J.H. Torrie. 1973. Path coefficient analysis of seed yield components in soybeans (Glycine max (L.) Merr.). Crop Sci. 505-507. U.S.A.
- Patil, F.B. 1985. Correlation of some yield components in safflower. Journal of Maharashtra Agricultural Universities 10(1): 82-83. India.

- Patil, F.B., D.C. More and M.V. Thombre. 1982. Cannonical - analysis in safflower. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*. 7(1): 102. India.
- Prieto A.N. 1988. Estimación de parámetros fisiotécnicos - en genotipos introducidos de cártamo (Carthamus tinctorius L.). Tesis Licenciatura Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México. p. 119.
- Quilantán V.L. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo de las oleaginosas. INIA-SARH, Chapingo, México. pp. 8-11.
- Ramachandram, M. and J.V. Gaud. 1981. Genetic analysis of - seed yield, oil content and their components in safflower (Carthamus tinctorius L.). *Theor. Appl. Genet.* 60: 191-195. U.S.A.
- Ramírez G.A. 1988. Evaluación de 13 genotipos de cártamo - (Carthamus tinctorius L.), parámetros genéticos y correlaciones. Tesis Licenciatura Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México. p. 84.
- Ranga, R.V. 1983. Combining ability for yield, percent oil and related components in safflower. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 43(1): 68-75. India.

Ranga, R.V. and M. Ramachandram. 1977. An analysis of association of components of yield and oil in safflower (Carthamus tinctorius L.). Theor. Appl. Genet. 50: 185-191. U.S.A.

Rasmusson, D.C. and R.Q. Cannell. 1970. Selection for grain yield and components of yield in barley. Crop Sci. - 10(4): 51-54.

Reyes C.P. 1982. Diseños de experimentos aplicados. 2da. impresión. Editorial Trillas. México. p. 344.

_____ 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. A.G.T. Editor, S.A. México 18, D.F. p. 460.

Reyes V. M.H. 1985. Indices de selección para rendimiento en girasol (Helianthus annuus L.). Tesis Maestría - Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México. p. 54.

Robinson, H.F. R.E. Comstock and P.H. Harvey. 1951. Genotype and phenotypic correlations in corn and their implications in selection. Agron. J. 43: 282-287. - U.S.A.

Robles S.R. 1978. Producción de oleaginosas y textiles. - 1a. impresión. Ed. Limusa. S.A. México 1, D.F. pp. - 331-342.

Sangale, P.B., S.D. Pagar and S.Y. Daftardar. 1982. Note on the association of seed oil content with hull, and kernel and seed size of safflower. Indian Journal of Agricultural Sciences 52(9): 613-614. India.

Searle, S.R. 1965. The value of indirect selection: I. Mass selection. Biometrics 2(3): 682-707. U.S.A.

Sengupta, K. and B. Bhattachary. 1979. Variability in safflower. Indian Agricultural 23(3): 173-178. India.

Singh, U.B. and R.M. Singh. 1980. Effect of agraded levels of moisture regimes, N and P fertilization on seed yield, oil content and NPK uptake by safflower. Indian Journal of Agronomy. 25(1): 9-17. India.

Smith, H.F. 1936. A discriminant function for plant selection. Ann Eugen. 7(2): 240-250.

Thombre, M.V., B.P. Joshi. 1981. Correlation and path analysis in safflower (Carthamus tinctorius L.) varieties. Journal of Maharashtra Agricultural Universities. 6(3): 191-193. India.

Torres G.J., J. Molina y E. Casas. 1974. Correlaciones genéticas e índices de selección en la genotecnia de la papa (solanum tuberosul L.). Agrociencia 16:21-37.

Urie, A.L., L.N. Leininger and D.E. Zimmer. 1968. Effects -
of degree and time of defoliation on yield and rela-
ted attributes of safflower. Crop sci. 8(6): 747-750.
U.S.A.

Woodworth, C.M. 1983. Breeding for yield in crop plants. -
Jour. Amer. Soc. Agron. 23: 388-395.

Wright, S. 1923. The theory of path coefficients. A reply -
to Nile's criticism. Genetics. 8: 239-255. U.S.A.