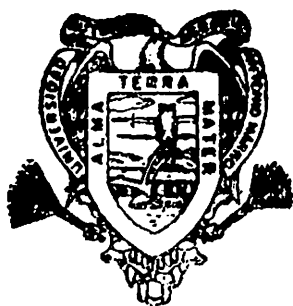


**ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO Y PESO DE  
SEMILLA EN CARTAMO (*Corihomus tinctorius* L.)  
A TRAVES DE NUEVE AMBIENTES**

**ARMANDO MUÑOZ URBINA**

**T E S I S**

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



**Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro**

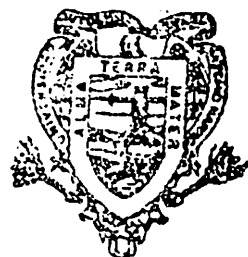
**PROGRAMA DE GRADUADOS**

**Buenavista, Saltillo, Coah.**

**ABRIL, 1991**

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

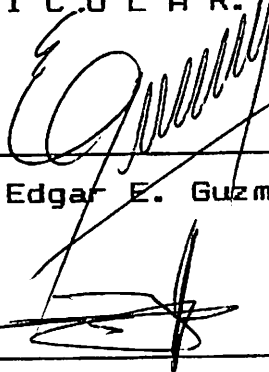
MESTRO EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO



COMITE PARTICULAR

BIBLIOTECA  
EGDIO G. REBONATO  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.A.N.

Asesor principal:

  
Ing. M.C. Edgar E. Guzmán Medrano.

Asesor:

  
Ing. M.C. Fernando Borrego E.

Asesor:

  
Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi.

Asesor:

  
Dra. Diana Jasso de Rodríguez.

  
Dr. José Mandel Fernández Brondo  
Subdirector de Asuntos de Postgrado.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Abril de 1991.

## DEDICATORIA

A mis padres:

Natalio Muñoz Espinoza  
Ma. de la Luz Urbina Sanchez

A mis hermanos:

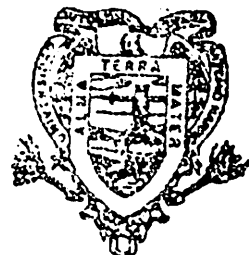
José Guadalupe  
Ma. del Socorro  
Ma. del Carmen  
José Francisco

A mis amigos:

P. José G. Franco, Rita María Suárez S.  
Ma. Luisa Padilla, Tomás A. Villanueva,  
Jesús Ramos Muñoz, Hugo O. Martínez A.,  
Ricardo Aguilera Rangel y Fco. Javier  
Güemez Ricalde.

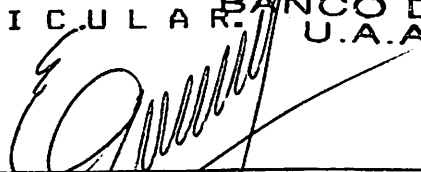
Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de

MESTRO EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO

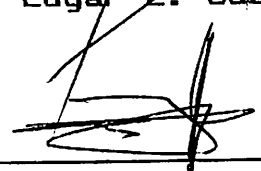


COMITE PARTICULAR. BIBLIOTECA EGIDIO G. REBONATO BANCO DE TESIS U.A.A.A.N.

Asesor principal:

  
Ing. M.C. Edgar E. Guzmán Medrano.

Asesor:

  
Ing. M.C. Fernando Borrego E.

Asesor:

  
Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi.

Asesor:

  
Dra. Diana Jasso de Rodríguez.

  
Dr. José Mandel Fernández Brondo  
Subdirector de Asuntos de Postgrado.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Abril de 1991.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M.C. Edgar E. Guzmán Medrano, por su invaluable asesoría y brindarme la confianza y apoyo necesario en la realización del presente trabajo.

Al Ing. M.C. Fernando Borrego Escalante, por su valiosa colaboración, consejo y orientación técnica durante el desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi, por su asesoría y observaciones en la realización de este trabajo.

A la Dra. Diana Jasso de Rodríguez, por su asesoría y cooperación en el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. M.C. Regino Morones Reza, Biól. M.C. Manuel H. Reyes Valdez y al Ing. Jesús Mellado Bosque, por su valiosa y desinteresada ayuda.

A la Ing. Edith Morales Ronquillo y al Ing. Arcenio Jaramillo Sanchez, por su colaboración en la toma de datos.

A la Ing. Leticia Ayala López, por su amabilidad y tiempo dedicado a la revisión del escrito original.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico en la realización de mis estudios.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por permirme continuar en el camino de la superación personal.

A los trabajadores Jesús H. Cabrera, Salvador Charles, Adrián Gaitán y Miguel A. Rodríguez, por su valiosa ayuda.

## DEDICATORIA

A mis padres:

Natalio Muñoz Espinoza  
Ma. de la Luz Urbina Sanchez

A mis hermanos:

José Guadalupe  
Ma. del Socorro  
Ma. del Carmen  
José Francisco

A mis amigos:

P. José G. Franco, Rita María Suárez S.  
Ma. Luisa Padilla, Tomás A. Villanueva,  
Jesús Ramos Muñoz, Hugo O. Martínez A.,  
Ricardo Aguilera Rangel y Fco. Javier  
Güemez Ricalde.

## COMPENDIO

Estabilidad del rendimiento y peso de semilla en cártamo  
(*Carthamus tinctorius* L.) a través de nueve ambientes.

POR

ARMANDO MUÑOZ URBINA

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. ABRIL DE 1991

Ing. M.C. Edgar E. Guzmán Medrano - Asesor-

Palabras clave: Cártamo, estabilidad, interacción  
genotipo-ambiente.

En el presente estudio fueron evaluados 22 genotipos de cártamo en nueve ambientes, con los objetivos de identificar a los mejores genotipos en cuanto a su adaptación y estabilidad del rendimiento y peso de semilla.

El análisis de varianza combiando indicó diferencias altamente significativas para la fuente interacción genotipo-ambiente en las dos variables.

La clasificación de los genotipos por su grado de estabilidad mostró que los genotipos Saffola-208 y Jordán CM-1082 para rendimiento y peso de semilla respectivamente, se encontraron entre los más sobresalientes dentro de la clasificación de estables y consistentes; los genotipos Israel CM-1125 para rendimiento y Líbano CM-1098 para peso de semilla, aprovechan mejor los ambientes favorables pero fueron inconsistentes; el genotipo Kino-76 para rendimiento, se comportó mejor en condiciones desfavorables siendo, además, consistente; los genotipos Noreste y Siria CM-1093 para rendimiento y peso de semilla respectivamente, presentaron coeficientes menores que la unidad y fueron inconsistentes.



## ABSTRACT

Stability of yield and seed weight in safflower  
(*Carthamus tinctorius* L.) across nine environments

BY

ARMANDO MUÑOZ URBINA

MASTER OF SCIENCE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, APRIL 1991

Ing. M.C. Edgar E. Guzmán Medrano - Advisor-

Key words: Safflower, stability, genotype  
and environment interaction.

In the present study 22 genotypes of safflower were evaluated in nine environments with an objective of identifying the best genotypes with reference to its adaptation, stability of yield and seed weight.

The combined analysis of variance indicated highly significant differences for the source of variation due to interaction of genotypes with environment in the two variables.

The clasification of the genotypes for the degree of stability showed that the genotypes Saffola-208 and Jordán CM-1082 for yield and seed weight respectively, the highly consistent and stable genotype within the clasification of stables were: Israel CM-1125 for yield and Líbano CM-1098 for seed weight, were better in the favorable environments but were inconsistent; the genotype Kino-76 manifested good yields under unfavorable conditions and were consitent; the genotypes Noreste and Siria CM-1093 for yield and seed weight respectively presented less coefficients than the unitivity and were inconsistent.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS . . . . .	x
INDICE DE GRAFICAS. . . . .	xii
INTRODUCCION. . . . .	1
OBJETIVOS . . . . .	4
REVISION DE LITERATURA. . . . .	5
INTERACCION GENOTIPO-AMBIENTE . . . . .	5
USOS DE LA INTERACCION GENOTIPO-AMBIENTE. . . . .	7
USOS DE LOS METODOS DE REGRESION EN EL ESTU DIO DE LA INTERACCION GENOTIPO-AMBIENTE . . . . .	10
ACLIMATACION. . . . .	12
ADAPTACION Y ADAPTABILIDAD. . . . .	12
HOMEOSTASIS, PLASTICIDAD Y ESTABILIDAD. . . . .	14
PARAMETROS DE ESTABILIDAD Y RENDIMIENTO . . . . .	18
MATERIALES Y METODOS. . . . .	26
MATERIAL GENETICO . . . . .	26
ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO . . . . .	26
VARIABLES A CONSIDERAR. . . . .	30
ANALISIS ESTADISTICO. . . . .	32
CONSISTENCIA DE LOS MATERIALES. . . . .	40
RESULTADOS Y DISCUSION. . . . .	42
CONCLUSIONES. . . . .	115
RESUMEN . . . . .	118
LITERATURA CITADA . . . . .	120
APENDICE. . . . .	128

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1	Origen y genealogía del material genético evaluado. . . . .	27
3.2	Datos agrometeorológicos y coordenadas geográficas de los ambientes de prueba. . . . .	29
3.3	Fechas de siembra de los ensayos en cada ambiente	29
3.4	Forma del análisis de varianza individual . . . .	33
3.5	Análisis de varianza combinado y esperanzas de cuadrados medios para un modelo con ambientes y variedades aleatorios . . . . .	34
3.6	Análisis de varianza de parámetros de estabilidad	38
3.7	Situaciones posibles de los valores que pueden tomar los parámetros de estabilidad, según Carballo y Márquez (1970) . . . . .	41
4.1	Cuadrados medios y C.V. para las características agronómicas en diferentes ambientes . . . . .	44
4.2	Algunas características cualitativas del material genético evaluado . . . . .	50
4.3	Parámetros genéticos de las características evaluadas en los ambientes correspondientes. . . . .	53
4.4	Rangos de las diferentes características estudiadas en los ambientes de prueba. . . . .	56
4.5	Promedios de las diferentes características estudiadas en los ambientes de prueba . . . . .	56
4.6	Valores medios para capítulos por planta (CxP) de los mejores 10 genotipos. . . . .	62
4.7	Valores medios para semillas por capítulo (SxC) de los mejores 10 genotipos . . . . .	62

4.8	Valores medios para peso de 250 semillas (P250s) de los mejores 10 genotipos. . . . .	64
4.9	Valores medios para rendimiento económico (Rend) de los mejores 10 genotipos. . . . .	64
4.10	Valores medios para porcentaje de aceite (% A) de los mejores 10 genotipos. . . . .	67
4.11	Valores medios para porcentaje de proteína (% P) de los mejores 10 genotipos. . . . .	67
4.12	Coefficientes de correlación fenotípica entre las características evaluadas en cada ambiente . . .	70
4.13	Cuadrados medios y coeficiente de variación del análisis combinado para peso de 250 semillas y rendimiento económico. . . . .	79
4.14	Valores medios para peso de 250 semillas y rendimiento económico del análisis combinado. . . . .	79
4.15	Parámetros genéticos para peso de 250 semillas y rendimiento económico del análisis combinado . .	82
4.16	ANVA para rendimiento y peso de 250 semillas para estimar parámetros de estabilidad . . . . .	85
4.17	Valores predichos para peso de 250 semillas de los 22 genotipos en los ambientes de prueba. . .	87
4.18	Valores predichos para rendimiento económico de los 22 genotipos en los ambientes de prueba. . .	89
4.19	Clasificación de los 22 genotipos según sus componentes de parámetros de estabilidad en nueve ambientes para rendimiento . . . . .	92
4.20	Clasificación de los 22 genotipos según sus componentes de parámetros de estabilidad en nueve ambientes para peso de 250 semillas. . . . .	102
A.1	Valores medios para floración al 50 por ciento (F 50 %), madurez fisiológica (M.F.) y llenado de grano (Ll.G.) en los ambientes de prueba. . .	129
A.2	Valores medios para el índice de cosecha en seis ambientes. . . . .	130
A.3	Valores medios para altura de planta en siete ambientes. . . . .	131

## INDICE DE GRAFICAS

Gráfica No.		Página
4.1 y 4.2	Comportamiento esperado en cártamo para rendimiento económico . . . . .	95
4.3 y 4.4	Comportamiento esperado en cártamo para rendimiento económico . . . . .	97
4.5 y 4.6	Comportamiento esperado en cártamo para rendimiento económico . . . . .	99
4.7 y 4.8	Comportamiento esperado en cártamo para rendimiento económico . . . . .	100
4.9 y 4.10	Comportamiento esperado en cártamo para peso de 250 semillas. . . . .	104
4.11 y 4.12	Comportamiento esperado en cártamo para peso de 250 semillas. . . . .	106
4.13 y 4.14	Comportamiento esperado en cártamo para peso de 250 semillas. . . . .	108
4.15 y 4.16	Comportamiento esperado en cártamo para peso de 250 semillas. . . . .	109

## INTRODUCCION

En países como México, donde la población tiene un crecimiento sostenido y acelerado, es importante incrementar la producción de cultivos oleaginosos y así evitar la fuga de divisas por las grandes importaciones que se deben hacer de estos productos para satisfacer la demanda nacional.

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) se considera relativamente como un nuevo cultivo oleaginoso, ya que las variedades productivas con alto contenido de aceite fueron mejoradas después de la Segunda Guerra Mundial, lo que condujo a la expansión y establecimiento del cultivo en la parte oeste de los Estados Unidos, México y Australia.

En el ciclo de 1988, la superficie sembrada de cártamo en México fue de 200 mil hectáreas, con un rendimiento promedio de 1200 Kg/ha. Dada la importancia de este cultivo y el déficit de aceite que existe en el país, se considera necesario que, además de incrementar la superficie de siembra también se incrementen los rendimientos por hectárea mediante el uso de una tecnología adecuada y del empleo de genotipos de cártamo mejorados.

La producción nacional de cártamo ocupa el primer lugar entre las oleaginosas, pues de él se obtiene más del 30 por ciento de los aceites vegetales que se producen actualmente, seguido de soya, copra, algodón, ajonjolí y girasol.

La calidad del aceite de cártamo es considerada como óptima debido a su alto contenido de ácidos grasos polinsaturados, en particular el ácido linoléico (78 por ciento). Por otra parte, el cártamo produce buenos rendimientos con bajos niveles de humedad, por lo que constituye una buena alternativa cuando hay escasez de agua en los distritos de riego.

El programa de mejoramiento de cártamo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), tiene como finalidad obtener variedades mejoradas para incrementar la producción, aprovechando las características agronómicas útiles de nuevos genotipos; como ciclo vegetativo, alto contenido de aceite y rendimiento.

En el mejoramiento de las especies cultivadas es conveniente conocer sus caracteres cualitativos y cuantitativos asociados con la productividad, siendo importante conocer, además de los caracteres fenotípicos asociados con el rendimiento, otros caracteres correlacionados con un producto o subproducto en particular. En el caso



de las oleaginosas y en cártamo especialmente, interesa también la asociación fenotipo-aceite de la semilla.

Uno de los objetivos principales de los programas de mejoramiento es la selección de genotipos que tengan un alto rendimiento y que sean consistentes sobre un amplio rango de ambientes. Esta selección es aún ineficiente debido a las interacciones genotipo-ambiente. Esta interacción con frecuencia está presente tanto si las variedades son líneas puras, híbridos de cruce doble o cualquier otro material.

Se ha usado la estratificación de ambientes para reducir la interacción genotipo-ambiente. Pero aún con el uso de esta técnica, la interacción de los genotipos con las localidades en una subregión y en diferentes años, es frecuentemente demasiado grande. Una manera de vencer esta dificultad sería seleccionando genotipos estables que interactúen menos con los ambientes en que se desarrollarán y con sólo los genotipos más estables para las etapas finales de prueba, el mejorador estaría auxiliado grandemente en su selección de genotipos superiores.

La información sobre el estudio de parámetros de estabilidad en el cultivo de cártamo es muy escasa, por lo que los estudios tendientes a conocer la respuesta de las variedades de cártamo bajo diferentes efectos ambientales

son necesarios. Por lo tanto, se efectuó la siguiente investigación en la que se evaluaron 22 genotipos de cártamo en nueve ambientes, con los siguientes objetivos:

1. Evaluar la estabilidad fenotípica de dos caracteres de herencia cuantitativa: peso de 250 semillas y rendimiento económico, a través de nueve ambientes.

2. Identificar la variabilidad genética así como la heredabilidad de las características agronómicas del cártamo a través de los análisis de varianza.

3. Estudiar las correlaciones fenotípicas entre las características agronómicas en cada ambiente.

4. Identificar los materiales de cártamo con alto contenido de aceite y rendimiento.

## REVISION DE LITERATURA

### Interacción Genotipo-Ambiente

La interacción genotipo ambiente es una fuente de variación investigada con el objetivo de idear metodologías de prueba, análisis y selección, que permitan identificar poblaciones que, debido a su menor interacción con el medio ambiente, tengan mayor amplitud de adaptación o en todo caso, para delimitar áreas geográficas en las cuales la adaptabilidad de determinadas variedades sea mejor.

Puesto que las variedades mejoradas se utilizarán en regiones agrícolas más o menos amplias, el verdadero valor de ellas se podrá conocer al probarlas en ambientes diferentes. Los resultados que se obtengan estarán influenciados por efectos genéticos, efectos no genéticos y por efectos de la interacción entre ambos. Varios modelos se han sugerido para la estimación de dichos efectos y el de la interacción genotipo-medio ambiente, ésto ha permitido la identificación de variedades ampliamente adaptadas al rango de ambientes de una región o bien, delimitar subregiones en que estén mejor adaptadas (Carballo y Márquez, 1970).

Freeman (1973) menciona que la existencia de la interacción entre genotipos y factores ambientales ha sido largamente reconocida. La primera referencia, la cual realmente precede al análisis de varianza, es dada por Fisher y Mackenzie (1923) al considerar la respuesta a la fertilización de diferentes variedades de papa. Por su parte, Sprague y Federer (1951) mostraron que los componentes de varianza pueden ser usados para separar los efectos de genotipos, ambientes y su interacción al igualar los cuadrados medios observados en el análisis de varianza a sus esperanzas sobre el modelo aleatorio. Los componentes de varianza correspondientes a cada uno de estos términos son extraídos, y pueden ser usados para obtener estimadores de la heredabilidad. Para citar desde Sprague y Federer (1951), "La existencia de la interacción es la causa del pequeño incremento en el avance genético promedio".

Bucio (1966 a) reporta que el fenotipo de un individuo es producto de su contenido genético más el efecto del medio ambiente, así como de la interacción de ambos. Asimismo, comenta que la expresión fenotípica (rendimiento), depende principalmente de un factor genético y un ambiental, por lo que cualquier cambio, cualitativo o cuantitativo de uno o de ambos factores, producirá un efecto fenotípico diferente.

Con respecto al factor ambiental, Allard y Bradshaw (1964) clasificaron la variación ambiental en predecible e impredecible señalando que el cultivo por sí mismo puede ser el mejor indicador de la importancia de las variaciones predecibles y que una gran interacción de variedad por localidad indica que la región incluye un número de ambientes diferentes, por lo que sugiere desarrollar variedades adaptadas a cada uno de los ambientes especiales. También indican que las interacciones variedad por año son debidas a fluctuaciones ambientales impredecibles y que las interacciones de variedad por año y variedad por año por localidad dentro de regiones en las cuales es probable que un conjunto de variedades pudiera ser adaptado, hacen esencial que dichas pruebas sean conducidas en una serie de localidades sobre una serie de años, concluyendo que si pueden desarrollarse variedades adaptadas a ambientes predecibles, también es posible producir variedades adaptadas para resistir variaciones ambientales impredecibles.

#### Usos de la Interacción Genotipo-Ambiente

Sprague y Federer (1951) utilizaron la magnitud de los componentes de varianza de variedad por localidad, variedad por año y el componente de varianza del error para calcular el avance genético promedio variando el número de entradas, repeticiones, localidades y años, determinando

que una óptima distribución de parcelas, sin tomar en cuenta costos, puede ser una repetición por localidad con un incremento en el número de localidades y años.

Valenzuela (1990) menciona tres usos principales de la interacción genotipo-ambiente:

- a). La determinación del número óptimo de repeticiones, localidades y años que deberán ser usados para pruebas de rendimiento.
- b). La interacción genotipo-ambiente en la elección de ambientes óptimos.
- c). Otro uso de la interacción genotipo-ambiente, es en la decisión sobre el número de pruebas en programas de mejoramiento para definir la o las localidades necesarias representativas de la región, para la cual se va a hacer mejoramiento genético. Hamblin *et al.* (1980) señalan que un criterio importante para la selección de sitios de prueba es que el comportamiento de los genotipos seleccionados en las localidades de prueba correspondan consistentemente al del área para la cual fueron mejorados. Hernández (1987) indica que la selección de localidades de prueba para fines de producción ofrecerían una proyección máxima, desde el punto de vista de avance genético bajo limitaciones

de tierra, trabajo, tiempo y equipo disponible. La selección apropiada de dichos sitios permitiría la evaluación de materiales de generaciones tempranas para identificar los de mayor potencial productivo y los de adaptación amplia o restringida.

Por su parte, Saeed *et al* (1984) examinaron los efectos de la madurez genotípica sobre la interacción genotipo-ambiente para rendimiento de grano y componentes del rendimiento en 54 genotipos de sorgo en 48 ambientes y determinaron que, para un nivel deseado de precisión, la cantidad de pruebas requeridas para un grupo de genotipos con un amplio rango de madurez y largo período de crecimiento es más grande que la requerida para genotipos con estrecho rango de madurez y corto período de crecimiento. Asimismo, Cramer y Beversdorf (1984) al estudiar dos grupos de 5 y 10 líneas de soya de diferente grado de madurez, para evaluar los efectos de la interacción genotipo-ambiente sobre la selección para bajo contenido de ácido linolénico, encontraron que la interacción genotipo por localidad fue reducida en el segundo ensayo al seleccionar un grupo de genotipos de soya con un estrecho rango de madurez, por lo cual señalan que la interacción genotipo ambiente debe ser considerada cuando mejoramos genotipos de soya para bajo contenido de ácido linolénico.

Baker (1988) menciona que es importante una prueba para interacciones cualitativas para las decisiones concernientes en las estrategias de mejoramiento del cultivo y señala que en la ausencia de interacciones cualitativas, hay pocas bases para argumentar en favor del mejoramiento para adaptación a los ambientes específicos o para clasificar genotipos según tuvieran tolerancias más altas o más bajas a niveles de estrés e indica, además, que si por ejemplo, un genotipo posee resistencia a enfermedades mientras que otro posee tolerancia a la sequía, combinaciones de enfermedad y sequía pueden resultar en interacciones cualitativas. Si tal fuera la causa de las interacciones observadas, se deben hacer esfuerzos para combinar las dos respuestas en un solo genotipo.

Usos de los métodos de regresión en el estudio de la interacción genotipo-ambiente.

La idea de separar una interacción en varias partes está ausente de la aproximación de componentes de varianza descrita anteriormente. En el contexto de la interacción genotipo-ambiente, un método para separarla fue dado por Yates y Cochran (1938) quienes mencionan que el grado de asociación entre las diferencias varietales y la fertilidad general (indicado por el promedio de todas las variedades) puede ser investigado al calcular la regresión de los rendimientos de las variedades separadas sobre el



rendimiento promedio de todas las variedades. Yates y Cochran (1938) mostraron que la regresión explicó gran parte de la interacción en un conjunto de ensayos con cebada, pero sus ideas fueron realmente tomadas en cuenta hasta que Finlay y Wilkinson (1963) redescubrieron el mismo método y lo usaron para analizar un experimento con 277 variedades de cebada (Freeman, 1973). Este método también fue usado por Perkins y Jinks (1968 a) y lo utilizaron para estimar parámetros biométricos en un modelo genético.

Bucio (1966 a) utilizó un modelo de regresión para la estimación de los parámetros medio ambiente y genotipo por medio ambiente. De la aplicación de dicho modelo a datos de altura final de dos líneas puras de *Nicotiana rustica*, encontró que el efecto ambiental y el efecto genético-ambiental están relacionados linealmente. Los resultados obtenidos indicaron que, cuando el efecto ambiental es positivo, los genotipos con mayor expresión del carácter en consideración serán más fácilmente detectados; por el contrario, cuando el efecto ambiental es negativo, habrá menor oportunidad de reconocer los mejores genotipos.

Por su parte, Pinthus (1973) considera que las diferencias genotípicas en rendimiento entre líneas o cultivares pueden ser estimados con la ayuda de las funciones de regresión de los rendimientos individuales en

diferentes ambientes, sobre la media de los rendimientos de todas las líneas probadas en los ambientes respectivos, así por ejemplo, Langer *et al.* (1979) al analizar tres grupos de variedades de avena para rendimiento de grano en una serie de ambientes observaron que más del 80 por ciento de la variación del rendimiento para las variedades individuales fueron debidas a la respuesta de la regresión lineal.

Otros términos comúnmente utilizados para tratar de ubicar a un cultivo de acuerdo a su respuesta ambiental son: aclimatación, adaptación y adaptabilidad.

#### Aclimatación

A la capacidad de un material genético para adaptarse a un nuevo clima se denomina aclimatación y esto depende de: la forma de polinización, el grado de variabilidad genética y la longevidad de la especie (Poehlman, 1965).

#### Adaptación y Adaptabilidad

Bogyo y Russell (1972) comentan que otros autores han sugerido varias formas de usar el coeficiente de regresión lineal para estudiar la adaptación de los genotipos bajo diferentes condiciones ambientales. La magnitud del estimador del coeficiente de regresión es

generalmente usado como un medio para interpretar la adaptación o respuesta a un índice ambiental.

Fernández (1990) menciona, entre otras definiciones de adaptación, las siguientes:

- (a). Sinónimo de potencial de reproducción.
- (b). Características de un organismo, con capacidad de sobrevivir bajo condiciones existentes en un habitat.
- (c). Adaptación genotípica específica, adaptación estrecha de un genotipo correspondiente a un ambiente limitado.
- (d). Adaptación genotípica general, es la capacidad de un genotipo para producir una serie de genotipos compatibles con una variedad de ambientes.
- (e). Adaptación poblacional específica, es la adaptación específica de una población heterogénea, atribuible a las interacciones entre sus componentes de la población, más bien que adaptación de sus componentes por sí mismos.
- (f). Adaptación poblacional general, es la capacidad de una población heterogénea de adaptarse en forma general a una serie de ambientes.

En lo que respecta a adaptabilidad, Matuso (1975) señala que la adaptabilidad es la capacidad de un organismo para sobrevivir y reproducirse en ambientes fluctuantes, enfatizando que es una habilidad genética de los organismos la cual determina la estabilización de las interacciones genético-ambientales por medio de reacciones genéticas y fisiológicas de los organismos. Por lo tanto, la adaptabilidad es una habilidad genética de las variedades cultivadas para producir un rendimiento alto y estable en ambientes diferentes.

#### Homeostasis, Plasticidad y Estabilidad

Allard y Bradshaw (1964) indican que una variedad que pueda ajustar su estado genotípico o fenotípico a la respuesta de ambientes fluctuantes, en tal forma que de rendimientos económicos altos y estables a través de localidades y años, puede ser llamada una variedad con buen amortiguamiento. Este término es equivalente a homeostasis usada en el sentido de Lewontin. Por su parte, Rowe y Andrew (1964) comentan que la relación de heterocigosidad hacia la homeostasis ha sido objeto de considerable estudio y discusión y mencionan que se ha usado el término "homeostasis genética" para describir la habilidad de una población para mantener una frecuencia génica en una situación óptima.

Nassar y Hühn (1987) proponen un método basado en los rangos de los genotipos en cada ambiente como una medida de la interacción genotipo-ambiente, ellos definen la estabilidad en el sentido de homeostasis o la habilidad de el genotipo para estabilizarse en diferentes ambientes y mencionan que la estabilidad definida por la regresión es diferente del concepto de homeostasis. En la regresión, un genotipo estable se relaciona a su ambiente. Este es pobre en un ambiente pobre y bueno en un ambiente bueno.

Por otro lado, Bradshaw (1965) señala que la plasticidad no es de origen genético. El citado autor define el concepto de plasticidad como el grado en que la expresión de los caracteres de un genotipo es capaz de alterarse por las diferencias ambientales, y señala que la plasticidad es la falta de homeostasis y por lo tanto, es una condición opuesta a la estabilidad. También Bradshaw indica que existen diferencias varietales dentro de una especie dada con respecto al grado de plasticidad, señalando que tales diferencias son difíciles de explicar.

En lo que respecta a estabilidad, Allard y Bradshaw (1964) consideran que es importante enfatizar que la estabilidad que nos concierne no implica consistencia general del fenotipo en ambientes cambiantes. Esto implica estabilidad en aquellos aspectos del fenotipo, especialmente rendimiento y calidad, que son importantes económicamente. Tal

estabilidad puede, en efecto, depender del mantenimiento de algunos aspectos de la morfología y fisiología en estado estable y permitir que otros varíen.

Por su parte, Scott (1967) indica que, antes de la selección, un carácter puede ser definido de algún modo que facilite su medida. Así, un híbrido estable, en cuanto a estabilidad, fue definido como:

(a). El híbrido que exhibe la menor variación del rendimiento sobre todos los ambientes probados.

Considerando un rango completo de ambientes, tal híbrido puede ser resistente a la sequía (alto rendimiento en bajos niveles de rendimiento) y tener un relativo bajo potencial de rendimiento.

(b). Un híbrido que no cambia su comportamiento relativo con otras entradas probadas en muchos ambientes.

Tal híbrido pudo producir cerca de su "cantidad esperada" en cada una de las localidades. Si produjo altos rendimientos éste pudo ser seleccionado bajo condiciones favorables de crecimiento. Su valor de regresión sobre el índice ambiental pudo ser de uno, analizado por el método de Finlay y Wilkinson (1963) o por el de Eberhart y Russell (1966).

Ambos tipos de estabilidad fueron eficientes para seleccionar un híbrido de maíz deseable, sin embargo,

tendieron a ser mutuamente excluyentes. Cada mejorador puede deducir qué tipo de estabilidad es más importante en su programa. Si su área son áreas marginales de producción (condiciones de sequía), el tipo de estabilidad definido en (a) probablemente pueda ser más importante. Donde las condiciones de crecimiento son favorables, el tipo de estabilidad definido en (b) puede ser más importante. Si un mejorador selecciona el tipo (a) de estabilidad, debe estar dispuesto a aceptar rendimientos relativamente bajos en condiciones favorables de crecimiento.

Márquez-Sánchez (1973) menciona que, desde el punto de vista convencional y lógico, algo que es estable no cambia a través del tiempo y el espacio. Desde el punto de vista de Eberhart y Russell (1966), una variedad estable responde exactamente al cambio ambiental y no interactúa con el ambiente.

Lin *et al.* (1986) determinan que un genotipo puede ser considerado estable si: (i) su varianza entre ambientes es pequeña, (ii) si su respuesta a los ambientes es paralela a la respuesta promedio de todos los genotipos en el ensayo, o (iii) si el cuadrado medio del residual de un modelo de regresión sobre el índice ambiental es pequeño.

Por su parte, Bowen y Schapaugh (1989) comentando el artículo de Lin *et al.* (1986) señalan que el término de

estabilidad ha sido usado en varios intentos para interpretar la interacción genotipo-ambiente y concluyen que las definiciones incluyen: (i) estabilidad biológica o homeostasis la cual esta relacionada con una mínima varianza de las entradas a través de los ambientes y (ii) la respuesta o el comportamiento relativo sobre los ambientes. De manera general, el comportamiento o respuesta promedio es aún solamente considerado y aplicado en programas de mejoramiento.

Castillo y Salazar (1987) reportan que Eberhart y Russell (1966) establecieron un modelo para medir la estabilidad de las variedades mediante la partición de la interacción genotipo-ambiental de cada variedad en dos partes: 1) La variación debida a la respuesta de la variedad al variar los índices ambientales (suma de cuadrados debida a la regresión); y 2) Las desviaciones inexplicables de la regresión sobre el índice ambiental (suma de cuadrados alrededor de la regresión). Definen como variedad estable la que tenga valores de 1.0 y 0, respectivamente para dichos parámetros y para que además sea deseable, su rendimiento promedio debe ser elevado.

#### Parámetros de Estabilidad y Rendimiento

Freeman (1973) señala que una de las principales razones para cultivar genotipos en un amplio rango de ambientes es para estimar su estabilidad; un concepto



definido en varias formas; por ejemplo, Wricke (1962) lo consideró ecovalencia, la cual es la contribución de un genotipo a la suma de cuadrados de la interacción genotipo-ambiente. Shukla (1972) también reparte la suma de cuadrados de la interacción genotipo-ambiente en componentes para cada genotipo separadamente al considerar la varianza de estabilidad  $\sigma^2_i$  para el  $i$ -ésimo genotipo.

Otros parámetros de estabilidad son obtenidos de la regresión. Así, Finlay y Wilkinson (1963) sugirieron que los genotipos con un bajo valor de  $B_i$  son considerados estables mientras que aquéllos con altos valores son inestables. Eberhart y Russell (1966) también usaron el  $B_i$  como una medida de estabilidad pero posteriormente consideraron la suma de cuadrados de desviación  $S^2_{di}$  como una segunda medida. Tai (1971) usó el estadístico  $\hat{\alpha}$  como la respuesta lineal a los efectos ambientales y  $\hat{\lambda}$  como la medida de las desviaciones a la respuesta lineal.

Scott (1967) menciona que pocos estudios se han conducido específicamente para indagar si la estabilidad del rendimiento es un carácter controlado genéticamente o si la selección puede efectivamente separar grupos dentro del material comparado. El basó su trabajo sobre los resultados de cruza de prueba  $F_2$  y cruza  $F_3$  del cultivo de maíz y definió un híbrido estable como: (a) el híbrido que exhibe la menor variación del rendimiento sobre todos los

ambientes probados, (b) un híbrido que no cambia su comportamiento relativo con las otras entradas probadas en muchos ambientes. Ambos tipos de estabilidad definidos tuvieron mérito para seleccionar un híbrido estable de maíz. El hecho de que la selección para niveles de estabilidad del rendimiento fuera efectiva sugiere que este carácter está bajo control genético.

Jowett (1972) analizó los datos de rendimiento de cruzas simples, cruzas triples y variedades de sorgo utilizando técnicas sobre escalas aritméticas y logarítmicas para comparar los coeficientes de regresión del rendimiento sobre el índice ambiental, mostrando que los híbridos son más estables en términos de este parámetro, pero no encontró diferencias entre las cruzas simples y triples. En términos de las desviaciones de regresión, se presentaron débiles evidencias que indicaron que las cruzas triples fueron más estables que las cruzas simples; una craza simple mostró bajas desviaciones de regresión, indicando que éste puede ser un carácter heredable. En lo que respecta a las metodologías usadas para medir la estabilidad, el análisis de Wricke, basado sobre un solo parámetro que llamó ecovalencia, fue considerado el menos informativo. Una comparación entre el método de Eberhart y Russell y el de Finlay y Wilkinson sugirió que el primer modelo es preferible, excepto si las variedades difieren marcadamente en el rendimiento.

Fripp y Caten (1973) por su parte, explican que los marcados efectos del agrupamiento ambiental sobre la relación entre la expresión promedio, sensibilidad lineal y sensibilidad no lineal, sugieren que los genes que determinan estos aspectos del fenotipo no son consistentes a través de los ambientes. Como un resultado de estos efectos ambientales, las relaciones encontradas entre comportamiento promedio y los parámetros de sensibilidad dependieron del conjunto de ambientes considerados. Las consecuencias de este hallazgo para el mejorador, lo enfrentan a elegir entre desarrollar variedades específica o generalmente adaptadas dependiendo de los ambientes particulares con los cuales se enfrente. Esta investigación analiza los daños inherentes de intentar obtener conclusiones generales acerca de las bases genéticas de la relación entre dos caracteres, sin considerar los ambientes utilizados y enfatiza la importancia de usar ambientes naturales más que inventarlos cuando los resultados serán aplicados a una situación práctica.

Puente (1983), al evaluar líneas de sorgo en forma *per-se* para estabilidad de rendimiento, detectó materiales con baja estabilidad y alto rendimiento, a la vez que otros genotipos mostraron alta estabilidad y bajos rendimientos, por lo cual concluye que tanto la estabilidad como el rendimiento son características controladas por genes independientes, pudiéndose combinar ambas características por medio de cruzamientos en un genotipo determinado.

Cross (1977) utilizó dos conjuntos de híbridos de maíz cultivados en nueve y 11 ambientes, respectivamente para evaluar las relaciones de estabilidad del rendimiento estimado por el análisis de regresión. Los resultados indicaron que la estabilidad general estimada por el coeficiente de regresión, estuvo asociada con rendimiento, densidad de grano y número de granos por hilera. La estabilidad específica, estimada por los cuadrados medios de desviaciones de regresión, estuvo asociada con mazorcas por planta. Dentro del grupo de madurez tardío, los híbridos con más mazorcas por planta tuvieron cuadrados medios de desviación más bajos, mientras que lo opuesto fue para el grupo más precoz. Joppa *et al.* (1971) definieron la estabilidad general como la cantidad estimada por el valor de  $b_1$  y la cantidad medida por  $S^2_{di}$  fue llamada inestabilidad específica.

Pfahler y Linskens (1979) estudiaron la relación entre la estabilidad del rendimiento y la combinación de líneas homogéneas homocigotas examinándolas en un ambiente en el cual se presenta una considerable variación entre y dentro de estaciones. Se formaron dos grupos de 15 poblaciones formadas por cuatro líneas puras y las 11 combinaciones posibles, cada grupo fue probado en cinco años consecutivos. Las líneas del grupo uno se seleccionaron de acuerdo al rendimiento, y no mostraron significancia para la media y cuadrados medios de desviación, pero mostraron alta significancia para el

coeficiente de regresión indicando que este parámetro estuvo genéticamente influenciado. Las líneas del grupo dos se seleccionaron por su variabilidad de rendimiento y mostraron alta significancia para la media, coeficiente de regresión y desviaciones de regresión. En general, los resultados indicaron que las multilíneas tuvieron rendimientos satisfactorios y realzaron la estabilidad del rendimiento. Sin embargo, una prueba adecuada de las líneas puras y el potencial de las multilíneas sobre un amplio rango de ambientes, es esencial para determinar las combinaciones deseables.

Saeed *et al.* (1987) estimaron la interacción genotipo-ambiente y la estabilidad de híbridos de sorgo para rendimiento de grano y líneas para proteína y aceite y los efectos de diferentes ambientes sobre la asociación de caracteres del rendimiento con proteína y aceite. Los 46 híbridos y las cinco líneas fueron evaluados en cinco localidades a través de Nebraska y Kansas, en 1978 y 1979. Los híbridos y líneas mostraron interacciones significativas con el ambiente, las magnitudes de estas interacciones indicaron que el comportamiento relativo de los genotipos (híbridos y líneas) fue más inconsistente para proteína a través de años que a través de localidades. Lo opuesto fue para aceite. En cuanto a la estabilidad, la mayoría de los híbridos con alta proteína y aceite tuvieron mejor respuesta en ambientes menos favorables. Las líneas

presentaron generalmente mejor respuesta en ambientes menos favorables para proteína y en ambientes favorables para aceite. Los resultados sugieren que la selección para genotipos con alta proteína y rendimiento puede ser posible en ambientes poco favorables.

Pajarito e Ibarra (1988) realizaron un trabajo para determinar la estabilidad del rendimiento así como la eficiencia bajo condiciones de sequía de un grupo de 49 genotipos de frijol agrupados en tres grupos de precocidad, bajo dos niveles de humedad en cuatro localidades de la zona semiárida de altura de México. La información se analizó con el método de Eberhart y Russell y por una clasificación de genotipos, de acuerdo a su respuesta de rendimiento que consistió de cuatro categorías: 1) genotipos con potencial de rendimiento y eficiencia a sequía; 2) genotipos con potencial de rendimiento e ineficientes a sequía; 3) genotipos sin potencial de rendimiento y eficientes a sequía; y 4) genotipos sin potencial de rendimiento e ineficientes a sequía. Bajo las condiciones en que se realizó esta investigación se determinó que: la adaptación a diferentes niveles de humedad y condiciones ambientales fue más evidente en el grupo de madurez intermedia que en los precoces y tardíos y que la combinación de ambas metodologías permitió seleccionar genotipos estables y con buena respuesta a todos los ambientes, con potencial de rendimiento y eficientes a sequía.

Bowen y Schapaugh (1989) cultivaron seis mezclas y cuatro líneas puras de soya de diferentes grupos de madurez en ocho localidades para medir los efectos de la mezcla de cultivares y densidades de siembra sobre la infección del carbón de la pudrición, para determinar si las mezclas proveían una mayor protección contra la enfermedad y una adaptación más amplia a los ambientes. Se determinó que al reducir la densidad de siembra disminuyeron significativamente los niveles de infección sin reducir el rendimiento. Los niveles de infección estuvieron correlacionados con la respuesta (bi). Las desviaciones de regresión, el coeficiente de determinación y la ecovalencia estuvieron correlacionados. No se encontraron ventajas al mezclar las líneas puras para incrementar el rendimiento o para disminuir la infección del carbón de la podredumbre.

## MATERIALES Y METODOS

### Material Genético

El material genético utilizado en esta investigación incluyó 22 genotipos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), los cuales fueron proporcionados por el grupo interdisciplinario de investigación en oleaginosas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, constituyéndolo materiales de la Colección Mundial de Cártamo, así como variedades comerciales nacionales (Cuadro 3.1).

### Establecimiento del Experimento

En los años de 1987 a 1989 se establecieron en diferentes localidades (Cuadro 3.2), dentro de una región amplia y mediata a la UAAAN, experimentos para la prueba de variedades de cártamo. Determinándose que para el presente estudio una localidad en un año determinado representó un ambiente; los diferentes años y localidades de prueba fueron nominados para facilitar su manejo con literales, quedando en el siguiente orden: Buenavista, Coahuila BV-87, BV-88, BV-89; Venecia Durango VN-87, VN-88, VN-89; Ocampo, Coahuila OC-87, OC-89 y Múzquiz, Coahuila MZ-89.



Cuadro 3.1 Origen y genealogía del material genético evaluado.

No. Genotipo	Origen	Genealogía
1	India	CM-73
2	Faquistán	CM-799
3	Irán	CM-893
4	Turquía	CM-1000
5	Irak	CM-1075
6	Jordán	CM-1082
7	Siria	CM-1093
8	Líbano	CM-1098
9	Kuwait	CM-1107
10	Kuwait	CM-1112
11	Israel	CM-1125
12	Jerusalén	CM-1136
13	Egipto	CM-1239
14	Egipto	CM-1276
15	Sudán	CM-1359
16	Sudán	CM-1376
17	Kenia	CM-1388
18	Kenia	CM-1391
19	Nacional	Kino-76
20	Nacional	Noreste
21	Nacional	Gila
22	Nacional	Saffola-208

Para el análisis estadístico se utilizó el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, la unidad experimental para los ambientes BV-87 y OC-87 estuvo constituida por cuatro surcos de tres metros de longitud con 0.75 m y 0.10 m de distancia entre surcos y plantas respectivamente. Como parcela útil se consideraron los dos surcos centrales excluyéndose 0.5 m en cada extremo para eliminar efecto de orilla. Para el ambiente VN-87 la siembra se efectuó en cama melonera con una distancia entre camas de 0.8 m, variando así la densidad de plantas por hectárea de 125,000 para este ambiente y de 133,333 para los otros dos ambientes de prueba. En los ambientes restantes se conservó la densidad de 125,000 plantas. La parcela experimental constó de tres surcos de tres metros de longitud con 0.80 m y 0.10 m de distancia entre surcos y plantas respectivamente, para la parcela útil se tomó el surco central y no se consideraron 0.50 m en cada extremo para eliminar efecto de orilla.

Las condiciones de manejo del cultivo fueron similares en todos los ambientes, difiriendo solamente con respecto a la fecha de siembra, como se observa en el Cuadro 3.3: tales fechas se determinaron tomando en consideración las establecidas para los cultivos de otoño-invierno en cada uno de los ambientes. En cada localidad se aplicó un riego de presiembra y de tres a cuatro riegos de auxilio dependiendo de la localidad, la siembra se realizó

Cuadro 3.2 Datos agrometeorológicos y coordenadas geográficas de los ambientes de prueba.

Ambiente	Lat.	Long.	Altitud (msnm)	Precip. (mm)*	Temp. (°C)*
BV-87	25°22'N	101°02'W	1743	54.04	17.84
BV-88	25°22'N	101°02'W	1743	228.20	17.40
BV-89	25°22'N	101°02'W	1743	113.90	19.10
VN-87	24°28'N	104°18'W	1110	45.00	22.80
VN-88	24°28'N	104°18'W	1110	95.80	22.74
VN-89	24°28'N	104°18'W	1110	36.50	32.40
OC-87	27°19'N	102°23'W	1200	35.85	15.86
OC-89	27°19'N	102°30'W	1200	91.50	21.68
MZ-89	27°52'N	101°30'W	504	135.89	22.65

\* Precipitación total y temperatura media durante el ciclo del cultivo en el campo.

Cuadro 3.3 Fechas de siembra de los ensayos en cada ambiente.

Ambiente	Fecha de siembra
BV-87	2 de Marzo de 1987
BV-88	1 de Febrero de 1988
BV-89	23 de Febrero de 1989
VN-87	28 de Enero de 1987
VN-88	16 de Febrero de 1988
VN-89	14 de Febrero de 1989
OC-87	20 de Febrero de 1987
OC-89	16 de Febrero de 1989
MZ-89	17 de Febrero de 1989

depositando dos semillas cada 10 cm sobre el surco, fertilizándose posteriormente con la dosis 80-60-00.

#### Variables a Considerar

En el presente trabajo se tomaron en consideración las principales características agronómicas del cultivo, pero sólo en algunas localidades se pudieron tomar la mayoría. La toma de datos de cada parcela se obtuvo de la siguiente manera:

1. Altura de planta (Alt). Se tomó desde la superficie del suelo hasta la parte en que se une el tallo al capítulo del eje central, tomando el promedio de cinco plantas al azar de cada parcela en la etapa de madurez fisiológica.
2. Días a floración al 50 por ciento (F 50%). Se consideró el período de días transcurrido desde la fecha de siembra hasta que un 50 por ciento de las plantas de cada parcela estuvo en antesis.
3. Días a madurez fisiológica (MF). Constituido por los días transcurridos desde la siembra hasta el llenado total del grano, se consideró fecha de madurez fisiológica cuando en el total de las plantas las brácteas de las cabezuelas se tornan de un color café.

4. Período de llenado de grano (LIG). Se obtuvo restando a los días a madurez fisiológica los días a floración, obteniéndose el valor promedio para cada material.
5. Número de semillas por capítulo (SxC). Se obtuvo de un promedio de 20 capítulos.
6. Índice de cosecha (IC). Se consideró la relación rendimiento económico / rendimiento biológico de las 10 plantas cosechadas determinándose los valores promedio de cada tratamiento.
7. Contenido de aceite (% A), proteína (% P), y humedad de la semilla. Se utilizó una muestra de semilla limpia y homogenizada, de la que se tomaron 15 gramos los cuales se molieron y se tamizaron. Para la determinación de cada variable se utilizó el Aparato Neotec GQA-31 el (Analizador de calidad de granos), los resultados se obtuvieron de un promedio de tres lecturas. Los datos se transformaron para el Análisis de Varianza, por medio de la fórmula arco seno  $\sqrt{\text{porcentaje}}$ .
8. Número de capítulos por planta (CxP). Esta variable se tomó en la etapa de madurez fisiológica, considerándose como el promedio del número de capítulos contenidos en cinco plantas tomadas al azar.

9. Peso de 250 semillas (P250S). Se contaron 250 semillas de cada genotipo utilizando una muestra de semilla libre de impurezas.
10. Rendimiento económico (RE). Se determinó utilizando la balanza analítica, pesando las semillas de las 10 plantas cosechadas de cada parcela.

### Análisis Estadístico

#### Análisis de Varianza Individual

Con el modelo estadístico del diseño de bloques al azar se realizó un análisis individual para cada una de las características agronómicas evaluadas en cada una de las localidades, bajo el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = observación del  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésima repetición.

$\mu$  = media general del carácter en estudio.

$\alpha_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = efecto de la  $j$ -ésima repetición.

$\epsilon_{ij}$  = efecto del error experimental.

$i = 1, 2, 3, \dots, t$  (tratamientos)

$j = 1, 2, 3, \dots, r$  (repeticiones)

Se consideran a los bloques y a los tratamientos aleatorios, donde:

$\alpha_i \sim \text{NDI } (0, \sigma^2_i)$  se distribuye normalmente independiente con media cero y varianza  $\sigma^2_i$

$\beta_j \sim \text{NDI } (0, \sigma^2_j)$ .

$\varepsilon_{ij} \sim \text{NDI } (0, \sigma^2_e)$ .

Cuadro 3.4 Forma del análisis de varianza individual.

F. V.	G. L.	C. M.	E. C. M.
Repeticiones	(r-1)	M <sub>3</sub>	$\sigma^2_e + t \sigma^2_r$
Tratamientos	(t-1)	M <sub>2</sub>	$\sigma^2_e + r \sigma^2_t$
Error	(r-1) (t-1)	M <sub>1</sub>	$\sigma^2_e$
Total	tra-1		

$$DMS\alpha = (t \alpha/2, \text{gl. error}) \left( \sqrt{2 \text{ CME.EXP.}} \right) / r$$

donde: CM.EXP. = cuadrado medio del error experimental.

r = número de repeticiones.

### Análisis de Varianza Combinado

Se realizó un análisis de varianza combinado en bloques al azar, con el fin de estimar la componente de interacción variedad por localidad, utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j/k + L_k + (TL)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:  $Y_{ijk}$  = observación del i-ésimo tratamiento en la

$j$ -ésima repetición en el  $k$ -ésimo ambiente.

$\mu$  = media general.

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento, donde  $T_i \sim$   
DNI  $(0, \sigma^2 t)$ .

$\beta_{j/k}$  = efecto de la  $j$ -ésima repetición en el  $k$ -ésimo  
ambiente donde  $\beta_{j/k} \sim (0, \sigma^2 \beta_{j/k})$ .

$L_k$  = efecto del  $k$ -ésimo ambiente, donde  $L_k \sim$  DNI  
 $(0, \sigma^2 l_k)$ .

$(TL)_{ik}$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento en el  $k$ -ésimo  
ambiente, donde  $(TL)_{ik} \sim$  DNI  $(0, \sigma^2 (TL)_{ik})$ .

$\varepsilon_{ijk}$  = efecto del error experimental, donde  $\varepsilon_{ijk} \sim$   
DNI  $(0, \sigma^2 \varepsilon)$ .

$i = 1, 2, 3, \dots, \text{genotipos.}$

$j = 1, 2, 3, \dots, \text{repeticiones.}$

$k = 1, 2, 3, \dots, \text{ambientes.}$

Cuadro 3.5 Análisis de varianza combinado y esperanzas de cuadrados medios para un modelo con ambientes y variedades aleatorias.

F. V.	G. L.	C. M.	E. C. M.
Ambientes	$(a-1)$		
Rep./amb.	$(r-1)a$		
Tratamientos	$(t-1)$	$M_3$	$\sigma^2 \varepsilon + r\sigma^2 t a + r a \sigma^2 t$
Trat. x Amb.	$(t-1)(a-1)$	$M_2$	$\sigma^2 \varepsilon + r\sigma^2 t a$
Error	$(r-1)(t-1)a$	$M_1$	$\sigma^2 \varepsilon$
Total	$tra-1$		



Se efectuó la prueba de Bartlett, con la finalidad de probar la homogeneidad de varianzas, en base a la fórmula:

$$\chi^2_c = M/C$$

donde:

$M = 2.3026 (\sum g.l. \times \log. \bar{S}_i^2) - (g.l. \times ambiente \times \sum \log. S_i^2)$ . El valor 2.3026 es el factor para convertir logaritmos comunes a logaritmos naturales.

$\log. \bar{S}_i^2$  = Logaritmo de la media de los cuadrados medios del error codificados en los análisis de varianzas individual.

$\sum \log. S_i^2$  = Sumatoria de los logaritmos de los cuadrados medios codificados del error en los análisis de varianzas individual.

$$\text{donde: } C = 1 + \frac{1}{g(n-1)} \left[ \frac{n}{g.l. \text{ pro amb.}} - \frac{1}{\sum g.l.} \right]$$

3 = constante.

n = número de ambientes.

### Parámetros Genéticos

Las expresiones utilizadas para estimar los componentes de varianzas y heredabilidad en sentido amplio, en base a la media de una entrada, en el análisis de varianzas individual, para cada carácter, son los siguientes:

$$\sigma^2_g = \frac{M2-M1}{r} \quad \sigma^2_f = \frac{\sigma^2_e}{r} + \sigma^2_g \quad h^2 = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_f} * 100$$

En tanto que para el análisis de varianza combinado.

$$\sigma^2_g = \frac{M3-M2}{ra} \quad \sigma^2_{ge} = \frac{M2-M1}{r}$$

$$\sigma^2_f = \sigma^2_g + \frac{\sigma^2_e}{ra} + \frac{\sigma^2_{ge}}{a} \quad h^2 = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_f} * 100$$

### Análisis de Estabilidad

Los datos de rendimiento medio y los de peso de 250 semillas de cada variedad, en cada medio ambiente, se analizaron, aplicando el modelo de estabilidad propuesto por Eberhart y Russell (1966), a saber:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i I_j + \delta_{ij}.$$

en el cual:

$Y_{ij}$  = media varietal de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente.

$\mu_i$  = media de la  $i$ -ésima variedad en todos los ambientes.

$\beta_i$  = coeficiente de regresión que mide la respuesta de la  $i$ -ésima variedad en todos los ambientes.

$I_j$  = índice ambiental obtenido al sustraer el rendimiento promedio de todas las variedades en todos los ambientes, del promedio de las

variedades en un ambiente particular.

$\delta_{ij}$  = desviación de regresión de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente.

El primer parámetro de estabilidad es un coeficiente de regresión que se estima de la siguiente manera:

$$b_i = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j}$$

El segundo parámetro de estabilidad se estima como sigue:

$$S^2_{di} = \left[ \frac{\sum_j \delta^2_{ij}}{n-2} \right] - S^2_{e/r}$$

en el cual:  $\left[ \sum_j Y^2_{ij} - \frac{y^2_{i.}}{n} \right] - \left( \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I^2_{j.}} \right)^2$

y,  $S^2_{e/r}$  es el estimador del error conjunto, en donde  $r$  es el número de repeticiones.  $S^2_e$  se calculó como un promedio ponderado de los errores de todos los experimentos involucrados.

El comportamiento de cada variedad se determinó utilizando los estimadores de los parámetros.

$$\hat{Y}_{ij} = \bar{x}_i + b_i I_j$$

donde:  $\bar{x}_i$  = estimador de la media varital  $\mu_i$

Una vez que se han estimado los parámetros de estabilidad, el análisis de varianza que debe aplicarse es el que se da en seguida [Eberhart y Russell (1966)].

Cuadro 3.6 Análisis de varianza de parámetros de estabilidad.

F. V.	G. L.	C. M.
Variedades (V)	(v-1)	M4
Ambientes (A)	(a-1)	v(a-1)
V. x A.	(v-1) (a-1)	
Ambientes (lineal)	1	
V. x A. (lineal)	(v-1)	M3
Desviación conjunta	v(a-1)	M2
Variedad 1	a-1	
:	:	
Variedad v	a-1	
Error conjunto	a(r-1) (v-1)	M1
Total	av-1	

Nota: Los grados de libertad del error conjunto se obtuvieron sumando los g.l. de los experimentos individuales.

El coeficiente de variación se estimó de la siguiente manera:

$$C.V. = \frac{\sqrt{\text{CM. DESV. CONJ.}}}{\bar{x}} \times 100$$

Mediante este modelo se dividió la interacción genotipo-ambiente para cada variedad en dos partes:

- 1) Variación debida a la respuesta (lineal) que tendrá una variedad en índices ambientales variados (suma de cuadrados debidos a la regresión).

- 2) Desviaciones inexplicables de la regresión sobre el índice ambiental.

### Pruebas de Hipótesis

- a) Diferencias entre medias.

$$H_0: M_1 = M_2 = M_3 = \dots = M_v.$$

Se efectuó mediante la prueba de F.

$$F = M_4/M_2$$

- b) Diferencias entre variedades, en cuanto a sus coeficientes de regresión.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_v.$$

El valor de F que se usó fue:

$$F = M_3/M_2.$$

- c) Desviaciones de regresión igual a cero, de cada variedad

$$H_0: S^2_{di} = 0.$$

A través de :

$$F = (\sum_j \hat{S}^2_{ij}/n-2)/\text{error conjunto.}$$

- d) Coeficiente de regresión igual a uno, para cada variedad

$$H_0: b_i = 1.$$

La hipótesis se probó con:

$$t = \frac{b_i - 1}{s_{b_i}} \quad ; \quad \text{donde } s_{b_i} = \frac{S^2_{di}}{\sum_j 1_j.}$$

Cuadro 3.7 Situaciones posibles de los valores que pueden tomar los parámetros de estabilidad, según Carballo y Márquez (1970).

Situación	Coefficiente de regresión	Desviaciones de regresión	Descripción
a	$b_i=1$	$S^2 d_i=0$	Variedad estable.
b	$b_i=1$	$S^2 d_i>0$	Buena respuesta en todos los ambientes, inconsistente
c	$b_i<1$	$S^2 d_i=0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables, consistente
d	$b_i<1$	$S^2 d_i>0$	Responde mejor en ambientes desfavorables, inconsistente
e	$b_i>1$	$S^2 d_i=0$	Responde mejor en buenos ambientes, consistente.
f	$b_i>1$	$S^2 d_i>0$	Responde mejor en buenos ambientes, inconsistente.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los genotipos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) son generalmente seleccionados de las nuevas líneas promisorias probadas por su comportamiento sobre una fecha de siembra en una localidad en cada año. Pero antes de ser liberadas, las nuevas líneas promisorias deben ser probadas por un mínimo de tres años en dos o de preferencia tres localidades y deben ser colocadas en una óptima fecha de siembra. Quizás pocas combinaciones de años, localidades o repeticiones, pueden ser apropiados para incrementar la eficiencia del mejoramiento.

La variabilidad en el rendimiento de las nuevas líneas cuando son cultivadas sobre una región, es debida a la variación de la respuesta hacia los diferentes ambientes de los componentes directos del rendimiento (capítulos/planta, semillas/capítulo y peso de semillas). Abel (1976), agrega que los componentes directos del rendimiento están relacionados con varios caracteres morfológicos considerados como componentes indirectos del rendimiento. Los componentes directos del rendimiento son postulados por Adams (1976), como genéticamente independientes, desarrollados en un patrón secuencial y

variando fisiológicamente.

Ashri *et al.* (1974) mencionan que las variedades de cártamo fueron seleccionadas y mejoradas del germoplasma colectado en varios centros de cultivo y que se ha demostrado en varias partes del mundo que el rendimiento total por planta y por unidad de área, número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo, diámetro de capítulo y peso de semilla son afectados por el genotipo y varios factores ambientales.

En las localidades (ambientes) utilizadas para evaluar el comportamiento de los genotipos en este estudio, se observó un rango de variación en el clima en cuanto a la temperatura y precipitación (Cuadro 3.2). En general, las diferencias en las variables climáticas a través de las localidades durante la estación del crecimiento del cultivo, fueron tan variables como a través de los años. Este efecto del clima se refleja en los análisis de varianza individual para cada localidad, en las que algunas características agronómicas fueron afectadas más que otras por el ambiente en el análisis de varianza individual.

En el Cuadro 4.1 se observan los cuadrados medios de los análisis de varianza individual para las 11 características evaluadas en los ambientes de prueba, así como sus determinaciones estadísticas en cada caso.



Cuadro 4.1 Cuadrados medios y coeficientes de variación para las características agronómicas en diferentes ambientes.

Carácter	Bloques	Tratamientos	Error	C.V.
Floración al 50 %.				
BV-87	1.156 NS	39.724 **	5.977	2.1
BV-88	84.424 **	30.672 **	9.027	2.4
BV-89	31.955 NS	54.982 **	13.748	3.2
Madurez fisiológica.				
BV-87	3.818 NS	23.704 **	8.580	2.1
BV-89	0.591 NS	11.830 **	2.702	1.0
Llenado de grano.				
BV-87	4.197 NS	31.446 *	13.864	13.8
BV-89	29.864 NS	60.338 **	10.165	7.2
Altura.				
BV-87	270.311 **	390.395 **	41.120	7.8
BV-88	187.867 NS	340.358 **	98.021	13.5
BV-89	215.830 **	278.618 **	26.513	7.8
VN-89	599.779 **	345.148 **	90.187	16.0
OC-87	967.319 **	229.837 **	76.777	14.6
OC-89	1635.650 **	438.116 **	108.197	13.5
MZ-89	49.006 NS	295.490 **	45.935	10.0
Indice de cosecha.				
BV-87	0.017 **	0.002 NS	0.002	34.3
BV-88	0.033 **	0.008 **	0.003	27.2
BV-89	0.005 NS	0.003 NS	0.003	19.6
VN-87	0.004 NS	0.003 NS	0.003	26.0
VN-89	0.019 NS	0.006 NS	0.008	34.3
OC-87	0.041 NS	0.010 NS	0.017	49.7
Porcentaje de aceite.				
BV-88	58.677 **	15.598 **	2.809	5.3
BV-89	9.501 **	1.859 NS	1.425	3.5
VN-88	0.491 NS	3.559 **	0.695	2.3
VN-89	9.111 NS	5.559 NS	3.429	5.4
OC-89	0.372 NS	3.323 **	1.208	3.0
MZ-89	0.862 NS	5.246 *	2.279	4.5
Porcentaje de proteína.				
BV-88	0.092 NS	0.077 *	0.037	0.8
BV-89	0.764 **	0.174 **	0.069	1.1
VN-88	0.079 NS	0.175 NS	0.114	1.4
VN-89	0.948 **	0.092 NS	0.082	1.2
OC-89	1.410 **	0.210 NS	0.168	1.8
MZ-89	0.438 **	0.131 *	0.058	1.0

Cuadro 4.1 .....Continuación.

Carácter	Bloques	Tratamientos	Error	C.V.
<b>Capítulos por planta.</b>				
BV-87	728.318 **	165.651 **	26.302	17.0
BV-88	40.146 NS	211.600 **	45.609	22.6
BV-89	388.860 NS	351.169 **	126.246	33.5
OC-87	2.864 NS	43.671 *	24.054	38.5
<b>Semillas por capítulo.</b>				
BV-87	163.288 **	82.232 **	20.145	21.0
BV-88	25.409 NS	207.859 **	36.489	18.0
BV-89	3.731 NS	236.143 **	28.377	15.8
VN-87	13.390 NS	147.496 **	36.979	20.5
VN-89	2.814 NS	177.159 **	36.031	18.0
OC-87	54.379 NS	132.156 **	19.331	16.4
<b>Peso de 250 semillas.</b>				
BV-87	0.981 NS	1.990 **	0.801	12.4
BV-88	1.220 NS	2.314 **	0.531	9.5
BV-89	1.767 **	5.887 **	0.177	3.9
VN-87	2.075 NS	6.278 **	0.968	10.9
VN-88	0.675 NS	4.227 **	0.351	6.4
VN-89	0.851 NS	2.708 **	0.928	11.2
OC-87	3.481 *	2.753 **	1.037	12.7
OC-89	0.482 NS	5.808 **	0.322	5.9
MZ-89	0.004 NS	4.091 **	0.274	6.6
<b>Rendimiento económico.</b>				
BV-87	1305680.137 **	203773.967 *	106841.199	32.6
BV-88	1646398.393 *	917129.460 *	424880.640	35.7
BV-89	6767727.127 *	7423756.006 **	1575983.890	29.6
VN-87	349190.970 NS	427522.474 **	142075.017	22.5
VN-88	163718.325 NS	1635336.861 **	364194.990	33.9
VN-89	1620761.756 NS	1158571.066 NS	977381.475	37.2
OC-87	345773.000 NS	184356.236 NS	150216.926	36.8
OC-89	4253602.053 **	939096.319 NS	621261.455	35.0
MZ-89	186802.694 NS	230698.073 NS	151547.069	37.0

\*, \*\* Diferencias significativas y altamente para los niveles de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

Las pruebas de F fueron altamente significativas en la fuente de variación tratamientos para las variables floración al 50 por ciento y madurez fisiológica, evaluadas en los ambientes (BV-87, BV-88, BV-89) y (BV-87, BV-89) respectivamente y para la variable llenado de grano fue significativa y altamente significativa en los ambientes BV-87 y BV-89, respectivamente. Estos resultados nos indican una marcada variación de los cultivares en cuanto a su morfología y desarrollo de la semilla desde la floración hasta la madurez fisiológica, lo que facilita la selección así como los coeficientes de variación que fueron bajos para estas características; por lo tanto, la información del período de floración y su asociación con otras características como madurez fisiológica y altura, es esencial para la selección de líneas precoces de cártamo, ya que en algunos casos es necesario asegurar una madurez uniforme para reducir las pérdidas debidas al ambiente.

Para la variable altura de planta se presentaron diferencias altamente significativas para tratamientos en los siete ambientes donde esta variable fue medida. Los coeficientes de variación exhibieron valores desde 7.8 a 16.0 por ciento correspondiendo a los ambientes BV-87 y VN-89 respectivamente; por otra parte, la altura de planta es determinada en gran parte por las condiciones existentes durante el período de floración, también es afectada por la fecha de siembra, fotoperíodo, temperatura, humedad del

suelo y la fertilidad, ésto se refleja en la fuente de variación de bloques que mostró alta significancia en la mayoría de los ambientes.

El índice de cosecha presentó alta significancia entre tratamientos y repeticiones en el ambiente BV-88 y para repeticiones en el ambiente BV-87. En cinco de los seis ambientes no se presentó significancia para tratamientos. Los coeficientes de variación fueron altos, con valores de 19.6 por ciento en el ambiente BV-89 hasta 49.7 por ciento en el ambiente OC-87. Por lo que respecta a esta característica, es considerada como un criterio potencial en la selección indirecta para incrementar el rendimiento de grano en los cereales (Sharma *et al* , 1987). Por lo que se deberá tomar en cuenta esta variable y evaluar muestras más representativas para poder detectar la variabilidad genética en los materiales evaluados y así delinear un modelo de planta de cártamo que sea más eficiente para producir altos rendimientos.

Para el porcentaje de aceite y de proteína se observó un comportamiento inconsistente entre tratamientos debido, probablemente, a la interacción genotipo-ambiente. Con respecto a los coeficientes de variación, presentaron valores muy bajos (0.8 a 5.4 por ciento), permitiéndonos hacer una selección más confiable de los mejores genotipos en los ambientes en que se presentó alta significancia, ya

que, en el caso del contenido de aceite, el éxito del cártamo como un cultivo comercial depende del grado de mejoramiento realizado sobre el contenido de aceite y rendimiento de semilla. Ranga Rao y Ramachandram (1977) encontraron que existe un efecto directo e indirecto considerablemente negativo del porcentaje de cáscara sobre el contenido de aceite, sugiriendo reducir el porcentaje de cáscara para incrementar el contenido de aceite. Tal paso puede también conducirnos a un marcado mejoramiento en el contenido de proteína de la harina.

Las variables capítulos/planta, semillas/capítulo y peso de 250 semillas, considerados como los principales componentes del rendimiento, presentaron una alta significancia para tratamientos, por lo que podemos inferir que contamos con suficiente variación genética, lo que nos permite efectuar una selección de estas importantes características. Los coeficientes de variación fueron bajos y más confiables para peso de 250 semillas y relativamente altos para capítulos /planta. La alta influencia de estos componentes directos del rendimiento han sido corroborados por varios investigadores, entre ellos Ashri *et al.* (1974) y Ranga Rao y Ramachandram (1977), quienes encontraron correlaciones positivas y altamente significativas del rendimiento con capítulos/planta y con semillas/capítulo.

Con respecto a la característica rendimiento, se observa que en los análisis de varianza individual se presentaron diferencias significativas, altamente significativas y no significativas para tratamientos. El análisis combinado para los nueve ambientes confirma que hubo una fuerte interacción genotipo-ambiente. Los coeficientes de variación presentaron valores de 22.5 por ciento en el ambiente VN-87 hasta 37.2 por ciento en el ambiente VN-89. Los valores altos pueden ser debidos a errores de muestreo así como a la necesidad de evaluar una mayor cantidad de plantas, por otro lado, el rendimiento es un carácter complejo, ya que muchos genes controlan esta característica la cual, además, es fuertemente afectada por el ambiente, dificultando con ésto la facilidad de seleccionar genotipos altamente rendidores. Edhaie y Ghaderi (1978) mencionan que la dominancia juega un papel importante en la variación del rendimiento. Kotecha (1981) reporta valores de dominancia incompleta, dominancia completa y sobredominancia, encontrando, además, que la frecuencia de distribución para rendimiento de semilla fue continuo indicando con esto factor de herencia múltiple para esta variable.

En general, en la evaluación de los 22 genotipos de cártamo, las pruebas de F fueron altamente significativas para la mayoría de las características evaluadas. En el Cuadro 4.2 se observa una amplia variación en los materiales para algunas características cualitativas

Cuadro 4.2 Algunas características cualitativas del material genético evaluado.

No. de Genotipo	Grado de espinosidad	Color del follaje	Tamaño de capítulos
1	ME	B	1
2	ME	C	1
3	SE	B	1
4	SE	A	1
5	SE	C	2
6	SE	A	2
7	SE	A	3
8	SE	B	3
9	ME	A	2
10	ME	A	1
11	PE	B	1
12	SE	A	2
13	SE	B	3
14	PE	B	2
15	PE	A	2
16	E	B	2
17	ME	A	1
18	ME	A	2
19	ME	A	2
20	E	B	1
21	E	B	2
22	ME	A	2

ME: Muy espinoso

E: Espinoso

PE: Poco espinoso

SE: Sin espinas

A: Verde intenso

B: Verde no intenso

C: Verde pálido

1: Tamaño chico

2: Tamaño mediano

3: Tamaño grande

indicándonos con ésto una marcada variación de los cultivares en su morfología, productividad y componentes, lo que los sugiere tentativamente, como fuentes genéticas para el mejoramiento de la productividad varietal del cártamo.

#### Parámetros Genéticos

Utilizando las esperanzas de cuadrados medios del análisis individual, se procedió a calcular las varianzas fenotípicas, genotípicas y del error, así como la heredabilidad de los caracteres evaluados. En el Cuadro 4.3 se observan los parámetros estimados, en los cuales la relación entre la varianza genética y la fenotípica permitió en la mayoría de los casos, obtener altos valores de heredabilidad, la cual fue estimada en sentido amplio, por lo que la varianza genotípica incluye: la varianza aditiva, de dominancia y la de interacción. Por lo tanto, algunos sesgos pueden ocurrir si la dominancia es incluida en los genes que controlan las características cualitativas. La magnitud y dirección de los sesgos dependen de las frecuencias génicas y del grado de dominancia.

Las heredabilidades estimadas presentaron un amplio rango de variación entre ambientes, ésto no es inesperado debido al amplio rango de ambientes utilizados, los cuales pudieron influenciar las heredabilidades estimadas. Las



características: floración al 50 por ciento, madurez fisiológica, llenado de grano y altura de planta, presentaron rangos de heredabilidad de: 74.99-84.95 por ciento ( $\bar{x} = 76.84\%$ ), 63.8-77.16 por ciento ( $\bar{x} = 70.48\%$ ), 55.9-83.15 por ciento ( $\bar{x} = 69.53\%$ ) y de 66.59-90.48 por ciento ( $\bar{x} = 78.77\%$ ) respectivamente. Kotecha (1979) utilizó los progenitores de cuatro cruzas de cártamo en experimentos de campo y estimó la heredabilidad, acción génica y modo de herencia de período de floración, período de madurez y período de floración a madurez, encontrando valores de heredabilidad de 81.2-91.9 por ciento, 89.8-95.9 por ciento, 91.3 por ciento, y 71.5-84.4 por ciento respectivamente. En todas las cruzas, la variabilidad de la F<sub>2</sub> fue en gran parte genética para todas las características. La acción génica fue aditiva para altura de planta y no aditiva para período de floración, período de madurez y período de floración a madurez. En todas las F<sub>2</sub> se observó una distribución continua, sugiriendo herencia de factor múltiple para todas las características.

Con respecto al índice de cosecha, sólo se pudo calcular la heredabilidad en un ambiente, la cual fue relativamente alta (67.8 por ciento); en los otros cinco ambientales, la varianza genética fue negativa, por lo que se consideró con valor de cero. Las variables porcentaje de aceite y proteína presentaron heredabilidades de: 24.8 a 82.0 por ciento 53 ( $\bar{x} = 56.76\%$ ) y de 10.87 a 60.3 por

Cuadro 4.3 Parámetros genéticos de las características evaluadas en los ambientes correspondientes.

Carácter	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_g$	$\sigma^2_f$	$h^2$
Floración al 50 %.				
BV-87	5.977	11.249	13.241	84.95
BV-88	9.027	7.215	10.224	70.57
BV-89	13.748	13.745	18.327	74.99
				$\bar{x}=76.84$
Madurez fisiológica.				
BV-87	8.580	5.041	7.901	63.80
BV-89	2.702	3.043	3.943	77.16
				$\bar{x}=70.48$
Llenado de grano				
BV-87	13.864	5.861	10.482	55.91
BV-89	10.165	16.724	20.113	83.15
				$\bar{x}=69.53$
Altura.				
BV-87	41.120	116.425	130.132	89.47
BV-88	98.021	80.779	113.453	71.20
BV-89	26.513	84.035	92.873	90.48
VN-89	90.187	84.987	115.049	73.87
OC-87	76.777	51.020	76.612	66.59
OC-89	108.197	109.973	146.039	75.30
MZ-89	45.935	83.185	98.497	84.45
				$\bar{x}=78.77$
Indice de cosecha.				
BV-87	0.0024	0.0	0.0008	0.00
BV-88	0.0026	0.0019	0.0028	67.86
BV-89	0.0027	0.0	0.0009	0.00
VN-87	0.0031	0.0	0.0010	0.00
VN-88	0.0080	0.0	0.0026	0.00
OC-87	0.0171	0.0	0.0057	0.00
Porcentaje de aceite.				
BV-88	2.809	4.263	5.199	82.00
BV-89	1.425	0.157	0.632	24.80
VN-88	0.695	0.954	1.185	80.50
VN-89	3.429	0.710	1.853	38.32
OC-89	1.208	0.705	1.108	63.65
MZ-89	2.279	0.989	1.749	56.60
				$\bar{x}=57.63$
Porcentaje de proteína.				
BV-88	0.037	0.013	0.026	51.95

Cuadro 4.3 .....Continuación.

Carácter	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_g$	$\sigma^2_f$	$h^2$
BV-89	0.069	0.035	0.058	60.34
VN-87	0.114	0.020	0.058	34.86
VN-89	0.082	0.003	0.031	10.87
OC-89	0.168	0.014	0.070	20.00
MZ-89	0.058	0.024	0.044	55.72
				$\bar{x}=38.96$
Capítulos por planta.				
BV-87	26.302	46.450	55.217	84.12
BV-88	45.609	55.330	70.533	78.44
BV-89	126.246	74.974	117.056	64.05
OC-87	24.054	6.539	14.557	44.92
				$\bar{x}=67.88$
Semillas por capítulo.				
BV-87	20.145	20.696	27.411	75.50
BV-88	36.489	57.123	69.286	82.44
BV-89	28.377	69.255	78.714	87.98
VN-87	36.979	36.839	49.165	74.93
VN-89	36.031	47.043	59.053	79.66
OC-89	19.331	37.608	44.052	85.37
				$\bar{x}=80.98$
Peso de 250 semillas.				
BV-87	0.801	0.397	0.663	59.78
BV-88	0.531	0.594	0.771	77.05
BV-89	0.177	1.903	1.962	96.99
VN-87	0.968	1.770	2.093	84.58
VN-88	0.351	1.292	1.409	91.70
VN-89	0.928	0.594	0.903	65.75
OC-87	1.037	0.572	0.918	62.35
OC-89	0.322	1.829	1.936	94.45
MZ-89	0.274	1.272	1.363	93.30
				$\bar{x}=80.66$
Rendimiento económico.				
BV-87	106841.199	32310.923	67924.656	47.57
BV-88	424880.640	164082.940	305709.820	53.67
BV-89	1575983.890	1949257.400	2474585.300	78.77
VN-87	142075.020	95149.150	142507.490	66.77
VN-88	364194.990	423713.960	545112.290	77.73
VN-89	977381.480	60396.530	386190.360	15.60
OC-87	150216.930	11379.770	61452.080	18.52
OC-89	621261.450	105944.950	313032.110	33.84
MZ-89	151547.070	26383.670	76899.360	34.31
				$\bar{x}=47.42$

ciento ( $\bar{x} = 38.96\%$ ) respectivamente, lo cual sugiere que los efectos ambientales fueron fuertes para estas variables, ocasionando con ésto la heterogenidad de las heredabilidades entre los ambientes.

En cuanto a las características: capítulos/planta, semillas/capítulo y peso de 250 semillas, se encontraron heredabilidades altas con promedios de 67.88 por ciento, 80.98 por ciento, y 80.66 por ciento respectivamente. Para la característica rendimiento económico, se obtuvieron rangos de heredabilidad de 15.6-78.7 por ciento ( $\bar{x} = 47.42\%$ ). Kotecha (1981) reporta heredabilidades de 4.4 por ciento y 16.7 por ciento para número de capítulos, para peso de semilla de 66.0-85.5 por ciento y para rendimiento reporta heredabilidades de 21.7-81.8 por ciento indicando también factor de herencia múltiple para las tres características.

La abundancia de la variabilidad genética es utilizada en el mejoramiento de variedades de cártamo para altos rendimientos. En los 22 genotipos de cártamo se encontró un amplio rango de respuesta y diversidad hacia las principales características agronómicas evaluadas. El Cuadro 4.4 muestra los cambios en los materiales de cártamo para las variables: floración al 50 por ciento, madurez fisiológica y llenado de grano, al evaluarse a través de los ambientes. Generalmente muchos de los genotipos llegaron a la floración en menor número de días (100-119.3)

Cuadro 4.4 Rangos de las diferentes características estudiadas en los ambientes de prueba.

Cácter	BV-87	BV-88	BV-89	UN-87	UN-88	UN-89	OC-87	OC-89	MZ-89
F. 50%	105.3-123.0	118.7-130.3	100.0-119.3	-	-	-	-	-	-
M. F.	135.0-147.0	-	151.7-159.0	-	-	-	-	-	-
L1.0.	21.0-32.0	-	35.7-54.0	-	-	-	-	-	-
Alt.	63.1-113.5	44.7-91.6	44.3-87.0	-	-	37.0-89.0	41.4-84.0	57.3-107.9	41.7-87.2
I. C.	0.10-0.23	0.10-0.33	0.22-0.34	0.16-0.29	-	0.19-0.38	0.16-0.39	-	-
% R.	-	21.9-35.1	29.0-34.4	-	31.4-38.0	27.6-35.9	-	33.4-39.2	26.2-35.7
% P.	-	16.2-17.0	14.9-16.3	-	15.6-16.8	16.1-16.9	-	14.9-16.4	15.8-16.7
S x P	12.3-42.7	18.7-51.6	15.9-59.3	-	-	-	6.7-21.7	-	-
S x C	13.0-32.0	15.0-45.0	19.4-44.8	17.6-47.8	-	18.4-47.0	13.3-36.7	-	-
P250s	6.25-9.00	6.23-9.47	7.9-13.0	6.6-11.7	6.7-11.7	7.1-10.5	6.3-10.4	7.6-12.8	5.9-10.3
R. E.	532.9-1769.6	821.8-3056.2	2521.5-10375.5	926.7-2583.3	513.5-3111.7	1574.3-3587.3	602.5-1662.9	1139.8-3004.8	487.6-1657.8

Cuadro 4.5 Promedios de las diferentes características estudiadas en los ambientes de prueba.

Cácter	BV-87	BV-88	BV-89	UN-87	UN-88	UN-89	OC-87	OC-89	MZ-89
F. 50%	112.29	123.24	112.41	-	-	-	-	-	-
M. F.	139.14	-	156.27	-	-	-	-	-	-
L1.0.	26.88	-	43.86	-	-	-	-	-	-
Alt.	81.25	72.96	65.94	-	-	59.33	59.81	76.53	67.11
I. C.	0.14	0.19	0.26	0.22	-	0.25	0.26	-	-
% R.	-	28.05	31.62	-	34.74	32.19	-	35.04	30.45
% P.	-	16.65	15.69	-	16.17	16.54	-	15.67	16.29
S x P	30.00	29.87	33.52	-	-	-	12.73	-	-
S x C	21.29	33.55	33.63	29.62	-	33.21	26.70	-	-
P250s	7.19	7.66	10.55	9.01	9.25	8.60	7.97	9.50	7.82
R. E.	1001.42	1822.22	4229.42	1673.08	1780.11	2655.57	1056.64	2246.73	1050.07

después de la siembra en el ambiente BV-89, en los ambientes BV-87 y BV-88 presentaron un comportamiento más tardío con rangos de floración de 105.3-123 y 118.7-130.3 días respectivamente. El período a madurez fisiológica varió de 151.7-159.0 días en el ambiente BV-89 siendo más corto para el ambiente BV-87 con un rango de 135-147 días, ésto trajo como consecuencia que el período de llenado de grano se incrementara en promedio 16.98 días en el ambiente BV-89 con respecto al ambiente BV-87. (Cuadro 4.5) la altura de planta varió entre las localidades presentándose un rango de 37-89 cm en el ambiente VN-89; el ambiente BV-89 mostró un rango de 44.3-87.0 cm presentando el más alto rendimiento de semilla.

Con respecto al índice de cosecha, el ambiente BV-88 fue el único que mostró diferencias significativas para esta característica con un rango de 0.10-0.33; en el ambiente BV-87, los genotipos mostraron la más baja respuesta, con un rango de 0.10-0.23 siendo también el ambiente con el más bajo rendimiento de semilla con un promedio de 1001.42 kg/ha (Cuadro 4.5), para el ambiente BV-89 el índice de cosecha varió de 0.22-0.34 correspondiendo a este ambiente los más altos rendimientos de semilla. En base a los datos reales para la variable porcentaje de aceite, los mejores ambientes fueron el OC-89 y VN-88, con rangos de 33.4-39.2 por ciento y 31.4-38.0 por ciento respectivamente y para el porcentaje de proteína el ambiente BV-88 fue el

más alto con un rango de 16.2-17.0 por ciento.

Los rendimientos más altos se obtuvieron en los ambientes BV-89, VN-89 y OC-89 con promedios de 4229.42, 2655.57 y 2246.73 Kg/ha respectivamente (Cuadro 4.5). El ambiente BV-89 presentó condiciones ambientales favorables en el que los genotipos expresaron su más alto potencial de rendimiento, en este ambiente se observa claramente como los componentes directos del rendimiento: capítulos/planta, semillas/capítulo y peso de 250 semillas, influyeron con los más altos promedios presentando medias de 33.52, 33.63 y 10.55 respectivamente: el alto rendimiento obtenido en el ambiente BV-89 fue positivamente influenciado por un período de floración más corto comparado con los otros ambientes influyendo, además, en que la altura de planta fuera la adecuada, ya que períodos más largos de floración producen plantas altas y con problemas de acame. Otra de las características importantes fue un mayor número de días para llenado de grano, con un promedio de 43.86 días, lo que permitió que se obtuvieran semillas de un mayor peso con un promedio de 10.55 gr superior a los demás ambientes.

Con respecto al ambiente VN-89, se observa que la variable semillas/capítulo tuvo un importante impacto sobre el rendimiento con una media de 33.21. La altura varió de 37-89 cm, el peso de 250 semillas fue intermedio y con alto contenido de proteína y aceite con promedios de 16.54 y

32.19 por ciento respectivamente, los rangos obtenidos para rendimiento fueron de 1574.3-3587.3 kg/ha con una media de 2655.57 kg/ha ocupando el segundo lugar en rendimiento.

El ambiente DC-89 presentó el segundo promedio para peso de 250 semillas ( $\bar{x} = 9.50$  gr); en este ambiente los genotipos expresaron su potencial más alto en el contenido de aceite con un rango de 33.4-39.2 por ciento ( $\bar{x} = 35.04\%$ ), el rendimiento de semilla varió de 1139.8-3004.8 kg/ha con una media de 2246.73 kg/ha ocupando así el tercer lugar; así mismo en en este ambiente se demuestra que es posible obtener genotipos con alto rendimiento de semilla y alto contenido de aceite en el cultivo del cártamo.

Martínez *et al.* (1987) realizaron un estudio de la generación BC<sub>2</sub>F<sub>1</sub> de una cruce entre el cultivar Español SH-202 de alto rendimiento y el cultivar Oleic Leed de alto contenido de aceite la cual se avanzó a la generación BC<sub>2</sub>F<sub>4</sub> por el método de descendencia de una sola semilla. Las líneas seleccionadas fueron autofecundadas para obtener la BC<sub>2</sub>F<sub>5</sub>. Se observó segregación transgresiva para rendimiento y contenido de aceite en las generaciones BC<sub>2</sub>F<sub>4</sub> y BC<sub>2</sub>F<sub>5</sub>, las cuales incluyeron líneas con valores considerablemente más altos. Se concluyó que el método de descendencia de una sola semilla es útil en el mejoramiento del cártamo.



Makne *et al.* (1987) tomaron datos sobre siete características relacionadas con el rendimiento en 28 genotipos cultivados en tres localidades durante la estación de otoño. La altura, número de semillas por capítulo y peso de 1000 semillas fueron poco afectados por las influencias ambientales. Las heredabilidades estimadas indicaron que la selección individual fue adecuada para mejorar todas las características, excepto rendimiento de semilla. El avance genético esperado fue particularmente alto para número de semillas/capítulo. Capítulos/planta mostró una asociación significativamente negativa con semillas/capítulo, sugiriendo la necesidad de las cruzas en generaciones avanzadas para obtener la combinación requerida de estos caracteres. Las semillas/capítulo y el peso de 1000 semillas estuvieron positivamente asociados en todos los sitios como lo estuvieron ramas/planta y peso de 1000 semillas con rendimiento.

Aguilera (1990) evaluó genotipos de cártamo bajo riego y temporal con el objeto de estudiar parámetros genéticos, correlaciones, construir índices de selección y análisis de sendero. Los genotipos Saffola-208, C228-5-0Y, T-10 y Mante-81 bajo riego y FOI-5-66-5-1, FOI-6-16-1-1, Líbano CM-1098 y T-3 bajo temporal sobresalieron para rendimiento en la producción de aceite. La mayoría de las características estudiadas registraron altos valores de heredabilidad en sentido amplio. Existió una correlación

positiva y significativa entre el rendimiento y el porcentaje de aceite. Las cuatro características días a floración, peso de 250 semillas, capítulos/planta y rendimiento influyeron predominantemente en la construcción del mejor índice de selección. El análisis de sendero para rendimiento bajo condiciones de riego mostró influencias directas a través de rendimiento por planta, semillas/capítulo y en menor grado peso de 250 semillas, altura de planta y capítulos/planta. En cambio, en el ambiente de temporal, el rendimiento muestra efectos directos a través de días a floración, rendimiento/planta y con una menor influencia en el número de capítulos/planta y número de semillas/capítulo.

Con respecto al comportamiento de los mejores 10 genotipos de cártamo, el Cuadro 4.6 presenta los promedios para la variable capítulos/planta los genotipos; 2 (Paquistán CM-799), 4 (Turquía CM-1000), 11 (Israel CM-1125) y 1 (India CM-73) ocuparon los primeros lugares en los ambientes BV-87, BV-88, BV-89 y VN-87 con promedios de 42.7, 51.6, 59.3 y 21.7 respectivamente, los genotipos cuatro y uno incrementaron el número de capítulos/planta al pasar del ambiente BV-87 al BV-89. En el ambiente OC-87 se observó una reducción del número de capítulos/planta, así como del rendimiento comparado con el ambiente BV-89, sin embargo, los genotipos uno y cuatro ocuparon de nuevo los primeros lugares, por lo que se les puede seleccionar como

Cuadro 4.6 Valores medios para capítulos por planta (CxP) de los mejores 10 genotipos

BV-87		BV-88		BV-89		OC-87	
No.G	CxP	No.G.	CxP	No.G.	CxP	No.G.	CxP
2	42.7	4	51.6	11	59.3	1	21.7
4	42.0	1	45.1	4	55.3	4	19.3
1	39.7	5	41.1	5	47.6	19	18.3
6	37.7	17	39.6	1	41.7	2	16.3
21	36.0	7	35.1	10	37.7	12	15.7
5	35.7	21	33.7	12	37.6	22	15.3
20	34.3	20	32.3	7	37.0	8	14.0
10	33.0	8	31.2	14	35.3	3	14.0
18	32.3	6	30.8	22	35.3	7	13.3
17	31.3	2	27.3	17	35.1	16	12.3

Cuadro 4.7 Valores medios para semillas por capítulo (SxC) de los mejores 10 genotipos.

BV-87		BV-88		BV-89		VN-87		VN-89		OC-87	
No.G	SxC	No.G.	SxC	No.G.	SxC	No.G.	SxC	No.G.	SxC	No.G.	SxC
3	32.0	19	45.0	16	44.8	13	47.8	3	47.0	3	36.7
19	29.0	3	43.7	10	44.4	19	39.2	13	43.2	19	36.0
13	27.7	13	43.3	21	42.8	21	38.6	15	41.2	7	35.3
14	27.7	7	41.7	7	41.4	9	35.2	21	40.9	13	35.3
21	25.3	8	41.0	22	40.9	16	34.0	11	40.3	8	35.0
10	25.0	14	40.3	14	40.8	3	33.4	9	39.6	21	31.0
18	23.7	16	39.7	15	39.7	10	32.7	8	38.9	15	29.3
22	23.7	9	39.3	13	39.5	8	31.1	14	37.1	14	29.3
16	23.3	21	37.3	9	39.5	11	30.6	16	36.5	16	29.3
15	22.3	10	35.3	3	38.6	14	30.3	7	35.2	10	29.0

genotipos sobresalientes para esta característica por su buen comportamiento a través de los ambientes donde se tomó esta variable.

El Cuadro 4.7 muestra los mejores 10 genotipos para semillas/capítulos, esta característica fue evaluada en los ambientes BV-87, BV-88, BV-89, VN-87, VN-89 y OC-87 los mejores genotipos para cada ambiente fueron; 3 (Irán CM-893), 19 (kino-76), 16 (Sudán CM-1376), 13 (Egipto CM-1239), 3 (Irán), 3 (Irán) con promedios de 32.0, 45.0, 44.8, 47.8, 47.0 y 36.7 respectivamente. En general, los genotipos que sobresalieron para esta variable son los genotipos: 3, 19 y 13 manteniéndose en los tres primeros lugares a través de los ambientes de prueba. Los coeficientes de variación fueron bajos variando de 15.8 a 21.0 por ciento siendo confiable la selección para esta variable.

Para peso de 250 semillas (Cuadro 4.8), los mejores genotipos a través de los nueve ambientes, así como en análisis combinado fueron: 6 (Jordán CM-1082), 12 (Jerusalén CM-1136) y 17 (Kenia CM-1388) con medias de 10.523, 10.414 y 10.328 gr respectivamente. Los coeficientes de variación fueron bajos, con un rango de 3.9-12.7 por ciento entre ambientes y con un valor de 8.9 por ciento para el análisis combinado, por lo tanto, podemos seleccionar estos genotipos como los mejores para esta característica y con una alta confiabilidad debido a

Cuadro 4.8 Valores medios para peso de 250 semillas (P250s) de los mejores 10 genotipos.

	BV-87		BV-88		BV-89		VN-87		VN-88		VN-89		OC-87		OC-89		MZ-89		
	No.	P250s	No.	P250s	No.	P250s	No.	P250s	No.	P250s	No.	P250s	No.	P250s	No.	P250s	No.	P250s	
12	9.0	6	9.5	12	13.1	12	11.7	17	11.7	17	6	10.5	6	10.4	17	12.8	17	10.3	
17	8.5	9	9.1	8	13.0	6	11.0	6	11.4	17	10.0	12	9.7	12	11.8	12	11.8	12	9.9
6	8.4	8	8.7	17	12.8	17	10.8	12	11.1	1	9.7	17	9.1	6	11.3	8	11.3	8	9.6
16	8.1	16	8.6	6	12.7	8	10.6	9	10.5	8	9.6	21	8.7	8	10.9	6	10.9	6	9.6
8	7.8	22	8.4	11	11.8	16	10.3	8	10.3	11	9.4	4	8.4	16	10.9	9	10.9	9	8.7
7	7.8	12	8.4	9	11.2	22	9.9	1	9.7	21	9.3	5	8.4	9	10.5	5	10.5	5	8.5
22	7.8	10	8.2	16	11.1	20	9.8	4	9.5	12	9.2	3	8.3	21	10.3	16	10.3	16	8.2
9	7.6	11	8.1	5	11.1	21	9.8	20	9.4	22	9.2	22	8.3	1	9.7	22	9.7	22	7.8
1	7.5	19	7.9	1	10.5	11	9.8	10	9.4	10	8.9	10	8.2	11	9.7	19	9.7	19	7.6
13	7.2	5	7.8	4	10.4	2	9.7	5	9.2	5	8.6	1	8.0	14	9.5	21	9.5	21	7.6

Cuadro 4.9 Valores medios para rendimiento económico (Rend.) de los mejores 10 genotipos.

	BV-87		BV-88		BV-89		VN-87		VN-88		VN-89		OC-87		OC-89		MZ-89	
	No.	Rend.	No.	Rend.	No.	Rend.	No.	Rend.	No.	Rend.	No.	Rend.	No.	Rend.	No.	Rend.	No.	Rend.
14	1769.6	7	3056.2	11	10375.5	21	2583.3	21	3111.7	18	3587.3	12	1661.9	10	3004.8	7	1657.8	
19	1352.1	21	2698.4	7	5320.2	6	2416.7	20	3056.9	14	3499.7	22	1421.7	16	2982.8	11	1480.6	
3	1232.5	19	2545.7	10	5213.6	8	2125.0	18	2892.5	8	3345.1	8	1329.6	22	2910.3	9	1367.6	
2	1190.0	6	2310.4	5	4797.5	20	1958.3	22	2412.2	4	3278.4	19	1297.9	17	2888.8	22	1313.1	
21	1186.3	1	2287.9	3	4794.3	2	1875.0	2	2250.0	21	3243.4	3	1257.1	11	2792.9	21	1232.1	
18	1105.0	20	2263.2	14	4694.2	9	1875.0	11	2187.3	13	3218.8	21	1208.3	7	2699.0	5	1228.4	
22	1097.9	22	2059.6	4	4463.0	1	1791.7	17	2133.7	22	3192.2	4	1151.6	8	2659.0	8	1153.8	
16	1072.5	5	2030.8	12	4371.6	19	1708.3	6	2119.7	11	3146.9	11	1128.3	3	2574.2	15	1148.6	
5	1042.5	8	1996.0	22	4358.9	11	1666.7	15	2034.1	15	3007.7	7	1080.4	14	2548.0	6	1130.4	
10	1022.1	15	1970.5	2	4240.4	10	1666.7	19	1930.9	16	2793.4	1	1037.5	2	2495.9	4	1063.6	

sus bajos coeficientes de variación.

El Cuadro 4.9 muestra que los tres mejores genotipos para rendimiento en el ambiente BV-87 fueron: 14 (Egipto CM-1276), 19 (Kino-76) y 3 (Irán CM-893) con medias de 1769.6, 1352.1 y 1232.5 kg/ha respectivamente. Se observa que la variable que tuvo más influencia en el rendimiento sobre los genotipos fue semillas/capítulo para la cual estos genotipos ocuparon los primeros lugares en este ambiente (Cuadro 4.7).

Para el ambiente BV-88 los genotipos más sobresalientes fueron: 7 (Siria CM-1093), 21 (Gila) y 19 (Kino-76) con promedios de 3056.2, 2698.4 y 2545.7 kg/ha respectivamente, en los genotipos siete y 21 las variables que más influyeron en su rendimiento fueron capítulos/planta y semillas/capítulo, con promedios de 35.1 y 41.7 para el genotipo siete y de 33.7 y 37.3 para el genotipo 21. Para el genotipo 19 la variable semillas/capítulo presentó el más alto promedio ( $\bar{x}=45.0$ ) con el que influyó grandemente en su rendimiento.

En el ambiente BV-89 los genotipos mostraron los más altos rendimientos de semilla, los genotipos 11 (Israel CM-1125), 7 (Siria CM-1093) y 10 (Kuwait CM-1112) fueron los más sobresalientes con promedios de 10375.5, 5320.2 y 5213.6 kg/ha respectivamente influyendo en el rendimiento

del genotipo 11 las variables capítulos/planta ( $\bar{x} = 59.3$ ) y peso de 250 semillas ( $\bar{x} = 11.8$  gr); en el genotipo siete, capítulos/planta y semillas/capítulo, con promedios de 37 y 41.4 respectivamente y en el genotipo 10, capítulos/planta ( $\bar{x} = 37.7$ ) y semillas/capítulo ( $\bar{x} = 44.4$ ), en cuanto el peso de 250 semillas, fue alto para este genotipo presentando una media de 10.3 gr.

Con respecto al ambiente VN-87, los genotipos más rendidores fueron: 21 (Gila), 6 (Jordán CM-1082) y 8 (Líbano CM-1098) con promedios de 2583.3, 2416.7 y 2125.0 kg/ha respectivamente; las variables que favorecieron el rendimiento del genotipo 21 fueron: semillas/capítulo ( $\bar{x} = 38.6$ ) y peso de 250 semillas ( $\bar{x} = 9.8$ ), en el genotipo seis peso de 250 semillas ( $\bar{x} = 11.4$ ) y en el genotipo ocho las variables semillas/capítulo y peso de 250 semillas con promedios de 31.1 y 10.6 respectivamente. El análisis combinado de rendimiento (Cuadro 4.13) muestra que los mejores tres genotipos a través de los nueve ambientes fueron: 11, 22 y 21 con promedios de 2794.6, 2265.6 y 2255.8 kg/ha respectivamente. El análisis de parámetros de estabilidad da una mejor idea del comportamiento de estos materiales a través de los ambientes de prueba.

El Cuadro 4.10 presenta los mejores 10 genotipos para porcentaje de aceite evaluado en seis ambientes siendo los más sobresalientes el 21 (Gila) en los ambientes BV-89

Cuadro 4.10 Valores medios para porcentaje de aceite (% A) de los mejores 10 genotipos.

BV-88		BV-89		VN-88		VN-89		OC-89		MZ-89	
No.G.	% A	No.G.	% A	No.G.	% A	No.G.	% A	No.G.	% A	No.G.	% A
19	35.1	21	34.4	21	38.0	22	35.9	19	39.2	22	35.7
22	34.8	22	33.4	22	37.9	17	35.6	22	38.2	8	32.9
21	31.1	17	33.0	19	36.8	21	35.4	8	36.8	19	32.8
16	30.6	8	33.0	8	35.9	15	34.7	7	36.7	11	32.1
9	30.5	2	32.7	11	35.9	11	34.3	11	36.6	5	31.9
18	30.2	7	32.5	9	35.9	7	33.6	21	36.3	9	31.9
2	29.9	13	32.1	7	35.7	9	32.9	6	35.9	7	31.3
7	29.7	19	32.1	4	35.7	2	32.8	17	35.6	21	31.1
15	29.0	10	32.0	6	35.2	6	32.7	15	35.2	12	30.8
11	28.7	15	31.9	20	34.9	1	32.5	14	35.2	16	30.8

Cuadro 4.11 Valores medios para porcentaje de proteína (% P) de los mejores 10 genotipos.

BV-88		BV-89		VN-88		VN-89		OC-89		MZ-89	
No.G.	% P	No.G.	% P	No.G.	% P	No.G.	% P	No.G.	% P	No.G.	% P
22	17.0	20	16.3	10	16.8	17	16.9	16	16.4	20	16.7
16	16.9	17	16.0	6	16.6	20	16.9	22	15.9	5	16.7
15	16.9	2	16.0	19	16.5	16	16.9	9	15.9	16	16.6
6	16.9	15	16.0	2	16.4	7	16.7	13	15.9	9	16.6
17	16.8	21	15.9	8	16.4	19	16.7	17	15.9	2	16.6
8	16.8	10	15.9	20	16.4	22	16.7	19	15.9	17	16.5
5	16.8	16	15.9	3	16.3	8	16.7	6	15.9	18	16.4
2	16.8	1	15.9	15	16.3	9	16.7	21	15.8	14	16.4
9	16.7	8	15.8	17	16.3	13	16.6	1	15.8	10	16.3
12	16.7	14	15.8	13	16.3	15	16.6	2	15.8	15	16.3



y VN-88 con promedios de 34.4 y 38.0 por ciento respectivamente; el 22 (Saffola-208), en los ambientes VN-89 y MZ-89 con promedios de 35.9 y 35.7 por ciento respectivamente y el genotipo 19 (Kino-76) en los ambientes BV-88 y OC-89 con promedios de 35.1 y 39.2 por ciento respectivamente. En cuanto al porcentaje de proteína, hubo una mayor variación en los genotipos que ocuparon los tres primeros lugares. El Cuadro 4.11 muestra entre los genotipos que más destacaron para esta característica al 22 (Saffola-208) en el ambiente BV-88 con un promedio de 17.0 por ciento el 20 (Noreste) con promedios de 16.3 y 16.7 por ciento en los ambientes BV-89 y MZ-89 respectivamente, el 16 (Sudán CM-1376) y el 17 (Kenia CM-1388) con promedios de 16.4 y 16.9 por ciento en los ambientes OC-89 y VN-89 respectivamente, por último, el genotipo 10 (Kuwait CM-1112) presentó una media de 16.8 por ciento en el ambiente VN-88.

De manera general se observa que, entre los mejores genotipos para rendimiento, el 22 también presentó un alto contenido de aceite y proteína y los genotipos 21 y 11 un alto contenido de aceite. Estos resultados nos indican que es posible seleccionar genotipos con alto rendimiento, contenido de aceite y proteína para obtener producciones de semilla de cártamo con alto rendimiento y buena calidad.

## Correlaciones

Las correlaciones entre las características agronómicas son de gran importancia en el mejoramiento de plantas debido a que indican las respuestas correlacionadas que pueden ocurrir cuando se practica la selección de un solo carácter o cuando se practica un índice de selección. En el Cuadro 4.12 se observan las correlaciones fenotípicas entre las variables evaluadas en el presente trabajo.

En el ambiente BV-87 se encontró una correlación positiva y altamente significativa ( $r = 0.571^{**}$ ) entre floración al 50 por ciento y madurez fisiológica, y entre altura ( $r = 0.615^{**}$  y  $r = 0.810^{**}$ ) con floración al 50 por ciento y madurez fisiológica respectivamente, esto nos indica que cuando se produce un período de floración largo, se producen plantas altas con problemas de acame y más tardías que en el caso del cártamo, esto es perjudicial debido a su largo ciclo vegetativo y al efecto negativo que las condiciones ambientales tendrán sobre el cultivo en las últimas etapas. Otro efecto negativo y altamente significativo ( $r = -0.639^{**}$ ) se presentó entre floración al 50 por ciento y llenado de grano por lo tanto un período de floración extremadamente largo producirá un período de llenado de grano más corto, reduciendo con esto el rendimiento. Por otro lado la madurez fisiológica se correlacionó positiva y significativamente ( $r = 0.476^{*}$  y

Cuadro 4.12 Coeficientes de correlación fenotípica entre las características evaluadas en cada ambiente.

Correlación	BV-87	BV-88	BV-89	VN-87	VN-88	VN-89	OC-87	OC-89	MZ-89
F50% vs. MF	0.570 **		0.126						
F50% vs. L1G	-0.639 **		-0.898 **						
F50% vs. Alt.	0.615 **	0.254	0.523 *						
F50% vs. IC	-0.274	-0.529 *	0.305						
F50% vs. % A		-0.550 **	0.038						
F50% vs. % P		0.034	-0.652 **						
F50% vs. CxP	0.102	0.127	0.218						
F50% vs. SxC.	0.203	-0.140	0.191						
F50% vs. P250s	0.117	-0.101	0.019						
F50% vs. RE	0.104	-0.558 **	0.300						
MF vs. L1G	0.257		0.321						
MF vs. Alt.	0.810 **		-0.247						
MF vs. IC	0.091		-0.079						
MF vs. % A			0.359						
MF vs. % P			-0.012						
MF vs. CxP	-0.001		-0.136						
MF vs. SxC	0.476 *		0.286						
MF vs. P250s	-0.004		0.091						
MF vs. RE	0.467 *		0.106						
L1G vs. Alt.	0.008		-0.609 **						
L1G vs. IC	0.387		-0.326						
L1G vs. % A			0.121						
L1G vs. % P			0.617 **						
L1G vs. CxP	-0.094		-0.268						
L1G vs. SxC	0.194		-0.056						
L1G vs. P250s	-0.167		0.027						
L1G vs. RE	0.316		-0.240						

Cuadro 4.12 ..... continuación.

Correlación		BV-87	BV-88	BV-89	VN-87	VN-88	VN-89	OC-87	OC-89	MZ-89
Alt. vs. IC		-0.158	-0.581 **	0.132			-0.366	0.052		
Alt. vs. % A			-0.013	-0.167			0.012		0.026	-0.258
Alt. vs. % P			0.322	-0.251			-0.411		0.234	-0.061
Alt. vs. CxP		-0.051	-0.093	-0.180				-0.092		
Alt. vs. SxC		0.512 *	0.435 *	0.232			0.452 *	0.490 *		
Alt. vs. P250s		0.067	0.188	0.114			-0.158	0.059	-0.089	0.113
Alt. vs. RE		0.288	-0.111	0.024			0.255	0.223	0.381	0.101
IC vs. % A			0.372	-0.052			0.043			
IC vs. % P			-0.132	-0.301			0.126			
IC vs. CxP		-0.307	0.075	0.327				0.168		
IC vs. SxC		0.124	-0.149	0.293	-0.247		0.015	-0.202		
IC vs. P250s		0.056	0.070	-0.110	-0.158		-0.025	0.303		
IC vs. RE		0.404	0.656 **	0.769 **	-0.148		0.227	-0.046		
% A vs. % P			0.354	0.222		0.098	0.220		0.162	-0.013
% A vs. CxP			-0.374	-0.110						
% A vs. SxC			0.422	0.336			0.222			
% A vs. P250s			0.379	-0.239		0.039	0.248		0.046	0.320
% A vs. RE			0.453 *	-0.050		0.303	0.020		0.456 *	0.480 *
% P vs. CxP			-0.218	-0.331						
% P vs. SxC			0.046	0.091			-0.078			
% P vs. P250s			0.492 *	-0.218		-0.062	0.046		0.427 *	-0.013
% P vs. RE			-0.225	-0.313		0.149	-0.346		0.413	-0.220
CxP vs. SxC		-0.257	-0.690 **	-0.431 *				-0.074		
CxP vs. P250s		-0.360	-0.475 *	0.214				-0.199		
CxP vs. RE		0.021	0.206	0.638 **				0.486 *		
SxC vs. P250s		-0.444 *	0.305	-0.404	-0.245		-0.357	-0.422		
SxC vs. RE		0.639 **	0.140	0.173	0.195		0.150	0.471 *		
P250s vs. RE		-0.304	0.099	0.118	0.457 *	-0.228	0.076	0.100	0.135	0.254

\*, \* Significancia y alta significancia para los niveles de probabilidad de 0.05 y 0.01 respectivamente.

$r = 0.467^*$ ) con semillas/capítulo y rendimiento económico respectivamente esta correlación es de gran importancia debido a la correlación positiva y altamente significativa ( $r = 0.639^{**}$ ) encontrada entre semillas/capítulo y rendimiento por lo que se determinó que el período a madurez fisiológica favoreció a la variable semillas/capítulo en este ambiente. Las variables semillas/capítulo y peso de 250 semillas presentaron una correlación negativa y significativa ( $r = -0.444^*$ ), las correlaciones altas y negativas pueden indicarnos posibles ligamentos, por lo que es necesario establecer esquemas de selección que rompan tales ligamentos (selección recurrente). Con respecto a la altura se correlacionó positiva y significativamente ( $r = 0.512^*$ ) con semillas/capítulo lo que indica que las plantas de porte alto tendieron a producir más semillas/capítulo.

Con respecto al ambiente BV-88, se observó una correlación negativa y significativa ( $r = -0.529^*$ ) entre floración al 50 por ciento e índice de cosecha y una correlación negativa y altamente significativa ( $r = -0.581^{**}$ ) entre altura e índice de cosecha. Esto indica que las plantas que tuvieron un mayor rango de floración produjeron plantas más altas afectando negativamente el índice de cosecha y el rendimiento reflejándose esto en la correlación negativa y altamente significativa ( $r = -0.558^{**}$ ) de floración al 50 por ciento con rendimiento

económico. Por otro lado en este ambiente se tuvo una correlación positiva y altamente significativa ( $r = 0.656^{**}$ ) entre índice de cosecha y rendimiento económico, por lo que se determina que los genotipos de porte bajo que obtuvieron altos rendimientos fueron favorecidos por la eficiencia de su índice de cosecha y los genotipos de porte alto fueron favorecidos en su rendimiento por un mayor número de semillas por capítulo, reflejándose esto en la correlación positiva y significativa ( $r = 0.435^{*}$ ) entre altura y semillas/capítulo. Con respecto a la calidad de la semilla, un período de floración largo afectó negativamente el porcentaje de aceite presentándose una correlación negativa y altamente significativa ( $r = -0.550^{**}$ ) entre las dos variables. Por otro lado, el porcentaje de aceite estuvo positiva y significativamente correlacionado ( $r = 0.453^{*}$ ) con rendimiento económico. En cuanto al porcentaje de proteína sólo estuvo correlacionado positiva y significativamente ( $r = 0.492^{*}$ ) con peso de 250 semillas indicando que los genotipos que tuvieron alto peso de semilla tendieron a obtener alto porcentaje de proteína. La variable capítulos/planta presentó una correlación negativa y altamente significativa ( $r = -0.690^{**}$ ) con semillas/capítulo y una correlación negativa y significativa ( $r = -0.475^{*}$ ) con peso de 250 semillas, lo que demuestra que los materiales con mayor número de capítulos/planta presentaron un menor número de semillas/capítulo así como un menor peso, por lo que se

recomienda seleccionar para cada característica por separado y posteriormente tratar de incorporarlas en un solo genotipo para así aumentar el rendimiento de semilla.

En el ambiente BV-89, que resultó el mejor ambiente para rendimiento, se encontró una correlación negativa altamente significativa ( $r = -0.898^{**}$ ) entre floración al 50 por ciento con llenado de grano y entre llenado de grano y altura ( $r = -0.609^{**}$ ); también se encontró una correlación positiva y significativa ( $r = 0.523^{*}$ ) entre floración al 50 por ciento con altura, lo que indica que las plantas con período largo de floración fueron más altas y tendieron a producir un período de llenado de grano más corto. La variable floración al 50 por ciento tuvo un efecto negativo sobre el porcentaje de proteína presentándose una correlación negativa y altamente significativa ( $r = -0.652^{**}$ ) entre las dos variables. Por otra parte, llenado de grano y porcentaje de proteína estuvieron positiva y altamente correlacionados ( $r = 0.617^{**}$ ) lo cual revela que es posible seleccionar en los materiales evaluados genotipos relativamente precoces con menos días a floración con largo período de llenado de grano y un buen porcentaje de proteína. En cuanto al rendimiento, se correlacionó positivamente con alta significancia ( $r = 0.769^{**}$ ) con índice de cosecha, por lo tanto, se puede efectuar una selección simultánea para las dos características y a la vez es posible mejorar el

rendimiento económico indirectamente a través de la selección de genotipos con un buen índice de cosecha para obtener así plantas eficientes que produzcan altos rendimientos de semilla. Para capítulos/planta se encontró una correlación negativa y significativa ( $r = -0.431^*$ ) con semillas/capítulo y presentó una correlación positiva y altamente significativa ( $r = 0.638^{**}$ ) con rendimiento económico, con respecto al mejoramiento del rendimiento aumentando capítulos/planta, ésto es adecuado para ambientes en los que se tengan buenas condiciones de humedad y fertilidad de suelos, ya que en los ambientes donde se tiene déficit de agua las plantas pueden producir pocas ramas secundarias y solamente unos pocos capítulos pueden llenarse y madurar. Por otro lado bajo condiciones áridas, las líneas con pocos capítulos pero más grandes, pueden comportarse mejor y tener semillas más adecuadas.

En los ambientes restantes se evaluaron menos características, por lo que se obtuvo un menor número de correlaciones. Para las variables altura y semillas/capítulo se observó una correlación positiva y significativa ( $r = 0.452^*$  y  $r = 0.490^*$ ) en los ambientes VN-89 y OC-87 respectivamente, por lo que debemos de tener cuidado de que al seleccionar plantas de porte bajo no se pierda el potencial de producir más semillas/capítulo de las plantas de porte alto pues ésto traería como consecuencia una reducción en el rendimiento. En cuanto al



porcentaje de proteína, estuvo positiva y significativamente correlacionado ( $r = 0.427^*$ ) con peso de 250 semillas en el ambiente OC-98 indicando con ésto que, como en el ambiente BV-88, los genotipos con alto peso de semilla tendieron a tener alto porcentaje de proteína.

Con respecto a los componentes directos del rendimiento, se encontró una correlación positiva y significativa ( $r = 0.486^*$  y  $r = 0.471^*$ ) entre rendimiento con capítulos/planta y con semillas/capítulo en el ambiente OC-87 y una correlación positiva y significativa ( $r = 0.457^*$ ) entre rendimiento y peso de 250 semillas en el ambiente VN-87. Ehdaie y Ghaderi (1978) mencionan que Abel y Driscoll (1976) al usar un análisis de regresión múltiple concluyeron que capítulos/planta es el factor que más contribuye al rendimiento seguido de semillas/capítulo y peso de semilla. Como un resultado, ellos sugieren que si los tres componentes del rendimiento son considerados para la selección simultánea, más peso se le debe dar a capítulos/planta seguido de semillas/capítulo y peso de semillas. Grafius (1964) sugirió que cuando los componentes están correlacionados y sus heredabilidades no son cercanas a cero, uno puede seleccionar para (a) un componente si las correlaciones son positivas (b) ambos componentes si las correlaciones son negativas. Si la ganancia esperada para todos los componentes es alta, nosotros podemos seleccionar por la compleja característica

del rendimiento por sí sola.

Por último, se observa que la correlación positiva y significativa entre rendimiento y porcentaje de aceite ( $r = 0.456*$  y  $r = 0.480*$ ) en los ambientes OC-89 y MZ-89 respectivamente, son de gran importancia ya que nos da la oportunidad de seleccionar simultáneamente para las dos características y así obtener genotipos de cártamo con alto rendimiento y con un buen contenido de aceite.

El comportamiento relativo de los genotipos cambia de un ambiente a otro. De ahí la necesidad de efectuar un análisis de varianza combinado que nos permita hacer una selección más precisa de los materiales evaluados.

Antes de efectuarse el análisis combinado se realizó la prueba de Bartlett para las características peso de 250 semillas y rendimiento económico, encontrándose homogeneidad de varianza, por lo que no hubo necesidad de transformar los datos. En cuanto al análisis combinado, los efectos de años y localidades fueron confundidos en los estimadores obtenidos. Por lo que no fue posible comentar sobre el número óptimo de años y localidades deseables para probar estas dos características. Sin embargo, si se escoge entre varios años de prueba sobre pocas localidades en cada año y pruebas sobre un gran número de localidades en pocos años resultaría más práctico elegir la última opción.

En el Cuadro 4.13 se presentan los cuadrados medios del análisis combinado para peso de 250 semillas y rendimiento económico para los cuales se obtuvieron los siguientes resultados.

En la fuente de variación ambientes se encontraron diferencias altamente significativas para las dos variables lo que significa que el cambio de un ambiente a otro afectó el rendimiento de cártamo así como el peso de semilla.

Entre genotipos se observaron diferencias altamente significativas para ambas características, lo que facilita la selección. El Cuadro 4.14 muestra que los tres mejores genotipos en el análisis combinado para peso de 250 semillas fueron: 6 (Jordán CM-1082), 12 (Jerusalén CM-1136) y el 17 (Kenia CM-1388), para rendimiento se encontró entre los tres mejores, 11 (Israel CM-1125), 22 (Saffola-208) y 21 (Gila). Con respecto a los genotipos que mostraron los más altos rendimientos se puede observar en el mismo Cuadro que éstos quedaron incluidos también dentro de los 10 mejores para peso de 250 semillas.

La interacción genotipo-ambiente resultó altamente significativa para las dos características indicando que los genotipos responden en forma diferente a los cambios ambientales. Jimenez *et al.* (1983) mencionan que cuando la interacción genotipo ambiente no es significativa,

Cuadro 4.13 Cuadrados medios y coeficientes de variación de análisis combinado para peso de 250 semillas y rendimiento económico.

F. V.	G. L.	C. M. (P250S)	C. M. (R. E.)
Ambientes (A)	8	74.885 **	69456594.882 **
R (L)	18	1.288	1848850.259
Genotipos (G)	21	24.489 **	1816917.940 **
G x A	168	1.448 **	1412915.330 **
Error	378	0.598	501598.110
C. V.		8.9 %	36.4 %

\*, \*\* Significancia y alta significancia para los niveles de probabilidad de 0.05 y 0.01 respectivamente.

Cuadro 4.14 Valores medios para peso de 250 semillas y rendimiento económico de los mejores 10 genotipos del análisis combinado.

No. de genotipo	P. 250 S. (gr)	No. de genotipo	R. E. (kg/ha)
6	10.523 A	11	2794.566 A
12	10.414 A	22	2265.654 B
17	10.328 A	21	2255.841 B
8	9.695 B	14	2115.920 BC
9	9.139 C	7	2107.096 BC
16	9.126 C	8	2081.997 BC
11	8.839 CD	6	2024.999 BC
22	8.833 CD	19	1929.420 BC
21	8.699 CDE	3	1926.558 BC
5	8.607 CDE	10	1923.976 BC

DMS. a un nivel de significancia del 0.01.

generalmente se interpreta como que los genotipos en estudio modificaron la expresión del carácter considerado, en igual proporción o paralelamente a los cambios ambientales inherentes a los sitios de evaluación, es decir, se esperaría que la mayoría de los genotipos quedaran incluidos dentro de la categoría de estables y consistentes. Por el contrario, se espera que cuando la interacción genotipo-ambiente resulta significativa, los genotipos expresan el carácter en cuestión en forma no proporcional a los cambios ambientales, lo cual puede interpretarse como una respuesta inestable e inconsistente, esto resultó cierto para algunas variables pero no para otras, de ahí la necesidad de realizar el análisis de varianza convencional como el de regresión conjunta para una mejor interpretación de la interacción genotipo-ambiente.

Con respecto a los coeficientes de variación obtenidos en los análisis combinados, se considera que son valores más representativos; en el caso de peso de 250 semillas se obtuvo un coeficiente de variación bajo de 8.9 por ciento. El rendimiento económico presentó un coeficiente de variación relativamente alto de 36.4 por ciento, ésto debido, probablemente a la alta heterogeneidad de los materiales utilizados así como a los efectos del medio ambiente sobre esta característica y posiblemente refleje un efecto del muestreo ejecutado.

Se efectuó la correlación entre los promedios de Peso de 250 semillas y rendimiento económico obtenidos del análisis combinado encontrándose una correlación negativa y no significativa ( $r = -0.048$ ) sin embargo, esto nos indica que se puede hacer una selección simultánea para las dos variables, ya que en la mayoría de los ambientes individuales donde se evaluaron estas características se obtuvieron correlaciones positivas presentándose, además, una correlación positiva y significativa ( $r = 0.457^*$ ) entre las dos variables, en el ambiente VN-87. Quilantán y Pérez (1979) y Abel (1976) encontraron una correlación positiva y altamente significativa ( $r = 0.222^{**}$  y  $r = 0.29^{**}$  respectivamente) entre peso de semilla y rendimiento económico en genotipos de cártamo.

El Cuadro 4.15 presenta los parámetros genéticos del análisis combinado para las características de peso de 250 semillas y rendimiento económico. Los componentes de varianza para peso de 250 semillas mostraron que la varianza genética tiene gran influencia sobre la expresión fenotípica, obteniéndose un valor de heredabilidad de 94.09 por ciento el cual es considerado alto y sugiere que los métodos de mejoramiento para este carácter pueden ser poblacionales buscando la explotación de los valores aditivos.

Cuadro 4.15 Parámetros genéticos para peso de 250 semillas y rendimiento económico del análisis combinado

Parámetros Genéticos	Peso de 250 semillas (gr)	Rendimiento económico (Kg/ha)
$\sigma^2_e$	0.598	501598.110
$\sigma^2_g$	0.853	14963.060
$\sigma^2_{ga}$	0.283	303772.407
$\sigma^2_f$	0.907	67293.247
$h^2$ (%)	94.090	22.23

Con respecto a la variable rendimiento se observa que el componente de varianza genotipo por localidad ( $\sigma^2_{ga}$ ) se incrementó en una mayor proporción en comparación con la varianza genética ( $\sigma^2_g$ ) la cual manifestó una menor influencia sobre la expresión fenotípica reflejándose en el porcentaje de heredabilidad obtenido de 22.23 por ciento que disminuyó en un 47.0 por ciento comparado con la heredabilidad promedio de los nueve ambientes individuales, que fue de 47.42 por ciento. Esto nos demuestra que cuando se toma en cuenta la interacción genotipo-ambiente, la expresión fenotípica proporciona valores más reales por lo que los valores de heredabilidad estimados son más confiables.

Abel (1976) reportó heredabilidades en sentido amplio para peso de semillas de un 50.0 por ciento durante el período de 1968-1969. Sin embargo, para los mismos cultivares fue de 98.0 por ciento en el período de 1967-1969, lo cual sugiere que los efectos ambientales

fueron fuertes para esta característica. Para la variable rendimiento se estimaron valores del 10.0 por ciento para el periodo de 1967-1969 y de 3.0 por ciento para el periodo de 1968-1969, indicando probable herencia de genes múltiples y fuertes influencias ambientales.

Hernández (1987) menciona que la heredabilidad es un parámetro genético que determina hasta qué grado las diferencias entre individuos son atribuidas a causas genéticas, es también una propiedad de un carácter métrico que expresa la proporción de la varianza total que puede atribuirse a los efectos promedios de los genes y es la que determina el parecido entre parientes, indica además, que la heredabilidad depende tanto de la población como del medio ambiente en la que los individuos se desarrollan; por lo tanto, cuando se haga referencia a la heredabilidad de un carácter debe de mencionarse la población y el ambiente.

Guzmán (1984) señala que al efectuar en un cultivo una selección sistemática de individuos deseables seguida de una evaluación y recombinación posterior, ha sido el método moderno practicado por los fitomejoradores buscando en esa forma incrementar gradualmente la frecuencia de alelos favorables para sus objetivos primarios. Este método sistemático es conocido como selección recurrente y su efectividad depende de la variabilidad genética de las fluctuaciones génicas de la población original y de la



heredabilidad de las características bajo selección.

#### Parámetros de Estabilidad

El comportamiento de una variedad en distintos medios ambientes puede expresarse en función del término "estabilidad" siendo variedad estable aquélla que interacciona menos con el medio ambiente, es decir, cuya varianza de sus efectos de interacción sea mínima. En el Cuadro 4.16 se presentan los resultados del análisis de estabilidad de Eberhart y Russell (1966) que se efectuó a través de todos los ambientes para las características peso de 250 semillas y rendimiento económico.

Se encontraron diferencias altamente significativas entre las medias de las variedades (v) para las dos características, indicando que existe variabilidad genética en los materiales bajo investigación. En el Cuadro 4.20 se observa que los genotipos 6 (Jordán CM-1082), 12 (Jerusalén CM-1136) y 17 (Kenia CM-1388) superaron en peso de 250 semillas a todos los demás genotipos en un nivel de significancia de 0.05 en DMS. Para rendimiento económico el Cuadro 4.19 presenta al genotipo 11 (Israel CM-1125) que superó a los demás genotipos, seguido del 22 (Saffola-208) y 21 (Gila), a un nivel de significancia de 0.05 en DMS.

Cuadro 4.16 ANVA para rendimiento y peso de 250 semillas para estimar parámetros de estabilidad.

F.V.	G.L.	C.M. (P250S)	C.M. (R. E.)
Total	197	2.295	1406392.259
Variedad (V)	21	8.163 **	605639.511 **
Residual	176	1.595	1501963.621
Ambiente lineal	1	199.454	185217741.853
V x Ambiente (L)	21	0.872 **	1577056.828 **
Desviación conjunta	154	0.409	298733.182
Variedad 1	7	0.444 *	218457.935
2	7	0.921 **	142820.977
3	7	0.411 *	137891.740
4	7	0.534 **	329508.670
5	7	0.398	177169.312
6	7	0.110	150739.091
7	7	0.446 *	564820.549 **
8	7	0.690 **	153322.392
9	7	0.476 **	81355.567
10	7	0.298	310241.973
11	7	0.256	1153382.643 **
12	7	0.435 *	333817.653
13	7	0.347	124181.587
14	7	0.095	188731.822
15	7	0.086	86188.930
16	7	0.449 *	302315.056
17	7	1.012 **	338355.731
18	7	0.238	600899.725 **
19	7	0.423 *	122014.935
20	7	0.315	526034.490 **
21	7	0.448 *	459092.857 **
22	7	0.171	70786.373
Error conjunto	378	0.200	167199.358
C. V.		7.4 %	28.1 %

\*, \*\* Significancia y alta significancia a los niveles de probabilidad de 0.05 y 0.01 respectivamente.

Los valores de F fueron altamente significativos para la interacción variedad por ambiente lineal (V x Amb. Lin.) por lo que la diversidad genética para el coeficiente de regresión estuvo presente en los 22 genotipos tanto en peso de 250 semillas como en rendimiento económico. La variabilidad de los ambientes es un factor importante y determina en gran parte la utilidad de este parámetro de estabilidad. Para peso 250 semillas (Cuadro, 4.17) los índices ambientales para cada ambiente, así como la media entre parentesis (gr/p250s), fueron los siguientes: -1.43 (7.19), -0.95 (7.66), 1.94 (10.55), 0.39 (9.01), 0.63 (9.25), -0.02 (8.60), -0.65 (7.97), 0.88 (9.50) y -0.80 (7.82). Para rendimiento económico el Cuadro 4.18 presenta los siguientes resultados, con la media entre paréntesis (kg/ha): -944.1 (1001.6), -123 (1822.2), 2283.8 (4229.4), -272.6 (1673.1), -165.5 (1780.1), 709.9 (2655.6), -893.6 (1052.1), 301.1 (2246.7) y -895.6 (1050.1). Estos resultados muestran que la variabilidad entre ambientes fue extremadamente grande así como el de la media para ambas características. Los coeficientes de regresión para peso de 250 semillas y rendimiento económico variaron de  $b_i=0.522$ - $b_i=1.648$  y de  $b_i=0.511$ - $b_i=2.696$  respectivamente, la mayoría de los genotipos tuvieron coeficientes de regresión no significativamente diferentes de uno, presentándose en los genotipos 8 y 17 valores estadísticamente superiores a uno ( $b_i= 1.582$  y  $b_i= 1.648$ , respectivamente) y en el genotipo 7 un valor de ( $b_i = 0.522$ ) menor de uno para peso de 250

Cuadro 4.17 Valores predichos para de 250 semillas de los 22 genotipos en los ambientes de prueba.

No.	BV-87		BV-88		BV-89		VN-87		VN-88		VN-89		OC-87		OC-89		MZ-89	
	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.		
1	7.5	7.0	6.6	7.5	10.5	10.7	8.3	9.0	9.7	9.3	9.7	8.6	8.0	7.9	9.7	9.6	7.4	7.7
2	6.3	6.3	6.8	6.7	8.8	8.8	9.7	7.7	6.7	7.9	7.5	7.4	7.2	6.9	7.6	8.1	5.9	6.8
3	6.6	6.7	7.4	7.1	9.7	9.2	7.1	8.1	8.6	8.2	7.5	7.8	8.3	7.3	7.9	8.4	6.9	7.2
4	6.6	6.7	6.2	7.2	10.4	10.3	9.0	8.7	9.5	8.9	8.4	8.2	8.4	7.5	8.0	9.2	7.4	7.4
5	6.9	7.2	7.8	7.7	11.1	10.5	7.7	8.9	9.2	9.2	8.6	8.6	8.4	7.9	9.4	9.5	8.5	7.8
6	8.4	8.9	9.5	9.4	12.7	12.8	11.0	10.9	11.4	11.3	10.5	10.5	10.4	9.8	11.3	11.5	9.6	9.6
7	7.8	6.9	7.2	7.2	9.1	8.7	6.6	7.9	8.7	8.0	7.6	7.7	7.1	7.4	8.1	8.2	7.1	7.3
8	7.8	7.4	8.7	8.2	13.0	12.8	10.6	10.3	10.3	10.7	9.6	9.7	6.8	8.7	10.9	11.1	9.6	8.4
9	7.6	7.7	9.1	8.1	11.2	11.2	8.6	9.6	10.5	9.8	8.4	9.1	7.8	8.5	10.5	10.1	8.7	8.3
10	6.3	6.9	8.2	7.5	10.3	10.4	8.4	8.8	9.4	9.1	8.9	8.4	8.2	7.8	8.8	9.3	7.3	7.6
11	6.8	6.9	8.1	7.5	11.8	11.5	9.8	9.4	8.9	9.7	9.4	8.8	7.7	7.9	9.7	10.0	7.4	7.8
12	9.0	8.5	8.4	9.1	13.1	13.0	11.7	10.9	11.1	11.3	9.2	10.4	9.7	9.5	11.8	11.6	9.9	9.3
13	7.2	6.6	6.5	6.9	7.9	8.7	8.4	7.7	8.2	7.9	7.5	7.5	6.3	7.1	8.6	8.0	6.9	7.0
14	6.9	6.9	7.4	7.5	9.9	10.2	9.3	8.8	8.8	8.9	8.2	8.4	8.0	7.8	9.5	9.2	7.3	7.6
15	6.6	6.9	7.5	7.2	9.5	9.3	7.7	8.2	8.1	8.4	7.9	7.9	7.7	7.4	8.6	8.6	7.5	7.3
16	8.1	7.6	8.6	8.1	11.1	11.1	10.3	9.5	8.9	9.8	8.6	9.1	7.7	8.5	10.9	10.0	8.2	8.3
17	8.5	7.9	8.8	8.8	12.8	13.5	10.8	10.9	11.7	11.4	10.0	10.3	9.1	9.3	12.8	11.8	10.3	9.0
18	6.4	6.2	7.2	6.6	9.4	9.1	7.1	7.8	8.3	7.9	7.4	7.4	7.0	6.8	8.1	8.2	6.0	6.7
19	6.3	6.6	7.9	6.9	9.9	9.2	7.1	8.0	8.1	8.2	7.1	7.7	7.0	7.2	8.4	8.4	7.6	7.1
20	6.5	6.9	7.1	7.3	9.7	10.4	9.8	8.8	9.4	9.0	8.5	8.3	8.0	7.7	8.9	9.3	7.1	7.5
21	6.3	6.9	7.1	7.6	10.3	11.0	9.8	9.2	8.9	9.5	9.3	8.7	8.7	7.9	10.3	9.8	7.6	7.7
22	7.8	7.8	8.4	8.2	9.9	10.2	9.9	9.1	9.1	9.3	9.2	8.8	8.3	8.4	9.1	9.4	7.8	8.3
$\bar{x}$	7.19		7.66		10.55		9.00		9.25		8.60		7.97		9.50		7.82	
Ij	-1.43		-0.95		1.94		0.39		0.63		-0.02		-0.65		0.88		-0.80	

semillas. Para rendimiento, el genotipo 11 presentó un coeficiente de regresión estadísticamente superior a uno ( $b_i = 2.696$ ) los genotipos 19 y 20 presentaron valores menores que uno de  $b_i = 0.613$  y  $b_i = 0.511$  respectivamente. Saeed *et al.* (1987) consideran que los coeficientes de regresión pueden ser tratados como un indicador del tipo de respuesta que un cultivar puede mostrar hacia los ambientes cambiantes, así por ejemplo, un cultivar con valor de  $b_i$  mayor que uno puede esperarse que tenga altos rendimientos bajo condiciones favorables. Sharma *et al.* (1987) sugieren que la variabilidad entre ambientes es un factor importante que determina en gran parte la utilidad de este parámetro.

Las desviaciones de regresión fueron significativas y altamente significativas para los genotipos: uno, dos, tres, cuatro, siete, ocho, nueve, 12, 16, 17, 19 y 21 para peso de 250 semillas; para rendimiento económico, los genotipos: siete, 11, 18, 20 y 21 presentaron diferencias altamente significativas. Castillo y Salazar (1987) señalan que las desviaciones inexplicables de regresión sobre el índice ambiental (suma de cuadrados alrededor de la regresión) son de gran importancia y que su varianza es una función del número de ambientes, por lo que son necesarios diversos ambientes y un mínimo de repeticiones para obtener estimadores confiables de  $S^2_{di}$ . De ahí que factores, como precipitación pluvial, fecha de siembra, densidades de población, dosis de fertilidad, etc. pueden utilizarse para

Cuadro 4.18 Valores predichos para rendimiento económico de los 22 genotipos en los ambientes de prueba.

No.	RV-87		BV-88		BV-89		VN-88		VN-89		OC-87		OC-89		MZ-89			
	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.	Pred.	Obs.		
1	830.0	1091.5	2287.9	1668.4	2835.5	3360.6	1731.7	1563.5	1512.1	1638.8	2693.0	2254.2	1037.5	1126.9	2321.1	1966.8	487.6	1125.6
2	1190.0	1013.9	1320.9	1800.1	4240.4	4106.2	1875.0	1657.2	2250.0	1759.8	2043.7	2538.5	973.3	1062.4	2495.9	2206.8	876.0	1060.4
3	1232.5	876.7	1493.1	1789.3	4794.3	4466.1	1583.3	1623.5	1401.2	1742.5	2154.3	2719.9	1257.1	932.9	2574.2	2261.4	849.1	930.7
4	601.3	646.0	1413.7	1579.9	4462.9	4319.3	1541.7	1410.2	830.6	1532.0	3278.4	2529.3	1151.6	703.6	1139.8	2063.0	1063.6	701.2
5	1042.5	783.6	2030.0	1729.9	4797.5	4519.4	1558.3	1557.9	885.4	1681.3	2679.2	2630.7	868.3	841.9	1759.2	2219.3	1228.4	839.6
6	929.2	1214.0	2010.4	1918.9	3758.3	3886.8	2416.7	1790.9	2119.7	1882.8	2765.8	2634.8	815.4	1257.4	1979.2	2283.6	1130.4	1255.7
7	532.9	939.3	3056.2	1954.4	5320.2	4932.1	926.7	1769.9	1808.2	1902.3	1882.5	2095.3	1080.4	1001.8	2639.0	2479.5	1657.8	999.3
8	913.8	1284.2	1996.0	1977.7	3555.7	4011.8	2125.0	1851.7	1659.9	1942.1	3345.1	2681.9	1329.6	1077.9	2298.4	1972.8	1153.8	1325.2
9	1011.7	1040.1	1400.5	1654.8	3541.2	3457.8	1875.0	1543.1	1279.8	1623.3	2025.1	2278.9	936.3	1077.9	2298.4	1972.8	1367.6	1076.5
10	1022.1	735.4	1479.6	1768.6	5213.6	4799.2	1666.7	1580.9	1142.5	1715.6	1848.3	2817.8	910.0	798.9	3004.8	2303.0	1028.3	796.4
11	767.9	249.3	1605.1	2461.8	10375.5	8951.6	1666.7	1580.9	1142.5	1715.6	1848.3	2817.8	1128.3	385.6	2792.9	3606.3	1480.6	380.1
12	833.8	718.5	1130.8	1532.6	4371.6	3920.6	1458.3	1384.7	513.5	1490.8	2366.5	2359.3	1662.9	768.7	1568.4	1953.7	989.7	766.6
13	940.8	948.8	1293.1	1694.8	3646.2	3882.9	1625.0	1559.2	1728.6	1656.5	3218.8	2452.3	922.3	994.7	1860.7	2080.6	1027.0	992.9
14	1769.6	1017.9	1506.2	1972.4	4694.2	4771.9	1489.3	1798.9	1712.9	1923.4	3499.7	2941.6	1014.6	1076.7	2548.0	2466.1	808.8	1074.4
15	850.0	1048.6	1870.5	1779.8	3731.2	3924.6	1416.7	1646.9	2034.1	1742.3	3007.7	2522.3	1019.0	1093.6	1830.1	2158.0	1148.6	1091.8
16	1072.5	855.2	1857.8	1707.9	4039.4	4208.9	1375.0	1552.9	558.7	1664.1	2793.4	2573.7	1024.2	907.7	2382.8	2148.9	821.4	905.6
17	891.3	1007.2	821.8	1548.9	3037.6	3137.6	1458.3	1450.4	2133.7	1521.1	1574.3	2098.9	833.8	1040.6	2098.8	1829.1	1033.5	1039.3
18	1105.0	1052.0	1547.5	1711.0	2945.9	3643.9	1083.3	1591.3	2892.5	1677.2	3587.3	2380.2	651.3	1092.6	1321.9	2051.9	556.4	1090.9
19	1352.1	1350.7	2545.7	1653.8	3312.9	3329.4	1708.3	1762.3	1930.9	1827.9	1916.0	2764.6	1297.9	1361.7	2276.5	2113.9	1024.3	1380.4
20	861.3	1254.1	2263.2	1673.5	2521.5	2903.6	1958.3	1597.3	3056.9	1651.9	2161.1	2099.3	602.5	1279.9	1390.5	1890.4	823.7	1278.9
21	1186.3	1594.9	2698.4	2163.4	3492.6	3654.5	2583.3	2065.0	3111.7	2139.9	3243.4	2752.8	1208.3	1630.3	1546.4	2466.6	1232.1	1628.9
22	1097.9	1310.2	2059.6	2140.7	4358.9	4576.8	1625.0	1983.8	2412.2	2098.1	3192.2	2984.1	1421.7	1361.4	2910.3	2570.4	1313.1	1359.3
x	1001.6		1822.2		4229.4		1673.1		1780.1		2655.6		1052.1		2246.7		1050.1	
Ij	-944.1		-123.4		2293.8		-272.6		-165.5		709.9		-893.6		301.1		-895.6	

incrementar el número de ambientes en un número determinado de localidades.

Los coeficientes de variación estimados para el análisis de estabilidad fueron de 7.4 y 28.1 por ciento para peso de 250 semillas y rendimiento económico respectivamente los cuales presentaron valores más bajos que los del análisis combinado. Estas diferencias pueden ser debidas a que el método de Eberhart y Russell (1966) utiliza las medias de las variedades en todas las localidades de ensayo, el análisis combinado emplea las medias varietales por localidad, lo que hace que la estimación en el primer caso sea más confiable. Castillo (1988) menciona que, no obstante el uso que se le ha dado al análisis combinado para detectar la presencia de la interacción genotipo-ambiente. Goldsworthy (1974) considera que este análisis sólo proporciona información general sobre las interacciones, pero no indica qué variedad presenta la menor interacción.

Los efectos de la interacción no son predecibles, su intensidad y signo dependen precisamente de la reacción que determinado genotipo tenga al enfrentarse a determinado ambiente. En la presencia de interacciones significativas de genotipo-ambiente, los parámetros de estabilidad son estimados para determinar la superioridad de los genotipos individuales a través del rango de ambientes. De acuerdo

con la clasificación de Carballo y Márquez (1970) que considera los parámetros de estabilidad coeficiente de regresión ( $b_i$ ) y las desviaciones de regresión ( $S^2 d_i$ ), los genotipos del uno al seis, ocho al 10, 12 al 17 y el 22 resultaron estables (a) para la variable rendimiento. (Cuadro 4.19) con coeficientes de regresión estadísticamente igual a uno ( $0.05 t$ ), con un rango de  $b_i=0.660$ - $b_i=1.259$  y desviaciones de regresión estadísticamente iguales a cero. Los genotipos siete, 18 y 21 con coeficientes de regresión de  $b_i=1.237$ ,  $b_i=0.803$  y  $b_i=0.700$  respectivamente, fueron estadísticamente iguales a uno y sus desviaciones de regresión significativamente diferentes de cero; su clasificación fue (b), buena respuesta a todos los ambientes pero inconsistentes. El genotipo 19 ( $b_i=0.613$ ,  $S^2 d_i=0$ ) tuvo una clasificación (c), mejor respuesta en ambientes desfavorables y consistente, en tanto que el genotipo 20 ( $b_i=0.511$  y  $S^2 d_i > 0$ ) responde bien en ambientes desfavorables pero es inconsistente clasificación (d), una variedad con clasificación de (c) o (d) es poco deseable, en especial, la clasificación (d) porque una variedad de este tipo desperdicia el clima o suelos favorables en una región o bien prácticas culturales, que una variedad estable. El genotipo 11 presentó un coeficiente de regresión estadísticamente superior a uno ( $b_i=2.696$ ) por lo cual fue hábil para tomar ventaja en ambientes favorables pero presentó desviaciones de regresión estadísticamente diferentes de cero por lo que se clasificó en la situación (f).



Cuadro 4.19 Clasificación de los 22 genotipos según sus componentes de parámetros de estabilidad en nueve ambientes para rendimiento.

Variedad	Media (kg/ha)	bi	S <sup>2</sup> di	Tipo de material (1)
1	1755.148	0.703	51258.577	a
2	1918.370	0.958	-24378.381	a
3	1926.558	1.112	-29307.618	a
4	1720.406	1.138	162309.312	a
5	1872.178	1.153	9969.954	a
6	2024.999	0.859	-16460.267	a
7	2107.096	1.237	397621.191	b
8	2081.997	0.845	13876.966	a
9	1747.265	0.749	-85843.791	a
10	1923.976	1.259	143042.615	a
11	2794.566 A	2.696>1	986183.285	f
12	1655.051	0.992	166618.295	a
13	1806.949	0.909	-43017.771	a
14	2115.920	1.163	21532.464	a
15	1889.767	0.891	-81010.428	a
16	1836.124	1.039	135115.698	a
17	1630.342	0.660	171156.373	a
18	1810.127	0.803	433700.367	b
19	1929.420	0.613<1	-45184.423	c
20	1736.549	0.511<1	358835.132	d
21	2255.841 B	0.700	291893.499	b
22	2265.654 B	1.012	96412.985	a
$\bar{x}$	1945.650	1.000		
DMS 0.05	508.865	0.526		

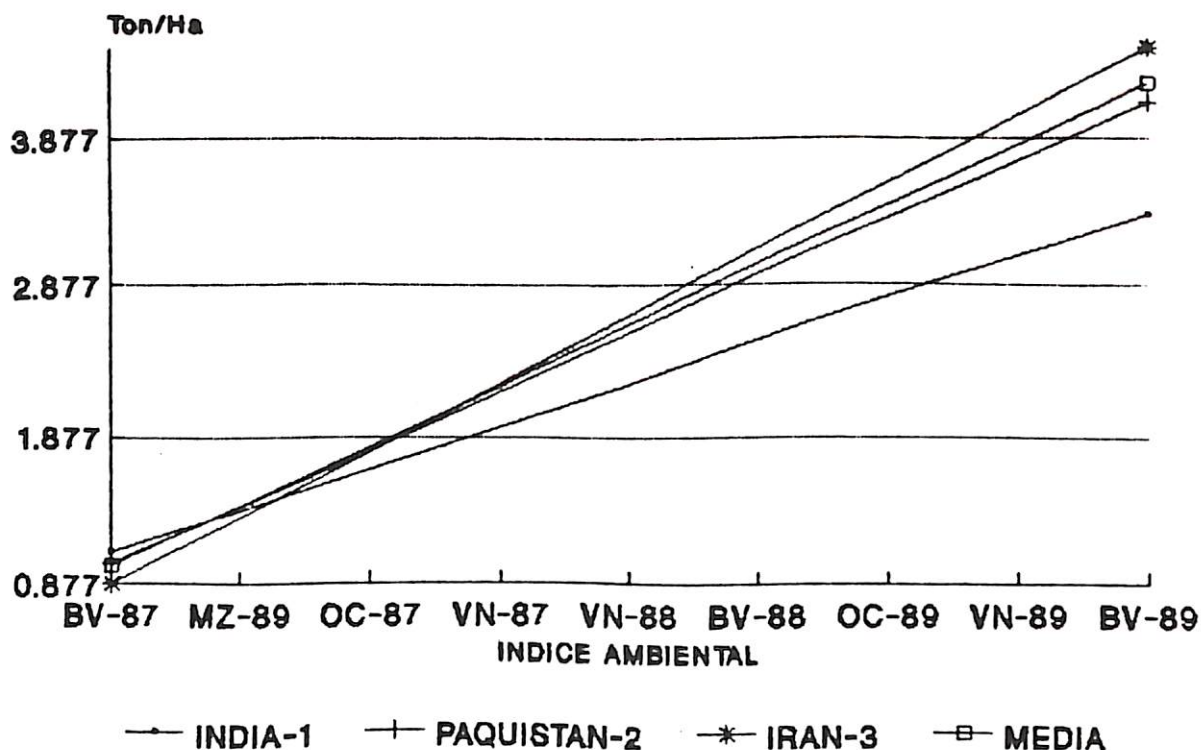
(1) Clasificación de acuerdo a Carballo y Márquez (1970).

La diferencia entre el mejor y el peor índice ambiental (2283.8 y -944.1, respectivamente) fue de 3227.9 kg/ha, estos cambios en el rendimiento indican que los efectos no controlables como climáticos y hasta cierto punto edáficos, afectaron significativamente el comportamiento de los genotipos a través de los ambientes. López y Carballo (1984) mencionan que es conveniente tener cuidado con el uso de la técnica de parámetros de estabilidad; considerando que es bastante útil al dar una idea del comportamiento de una variedad en relación a un conjunto de ambientes, permitiendo predecir los valores fenotípicos de cualquier variedad, siempre que el ambiente para el que se desea la predicción esté comprendido dentro de la gama de variación explorada previamente con dicha variedad, aún con esta consideración, se debe de estar consciente de las limitaciones de la técnica, ya que las condiciones ambientales naturales cambian año con año y la obtención de índices ambientales producto de un año, es difícil poder asegurar que sean iguales a otros índices ambientales de otro año, aunque tengan el mismo valor relativo, provocando con éllo cambios en la categorización de los genotipos. Por lo que a pesar de la bondad de la técnica empleada, no debe usarse sin tener consideración que es difícil establecer, cuando se están dando las condiciones de heterogeneidad ambiental similares a aquéllas con las cuales fueron categorizadas las variedades de interés, para de este modo poder extrapolar un determinado comportamiento.

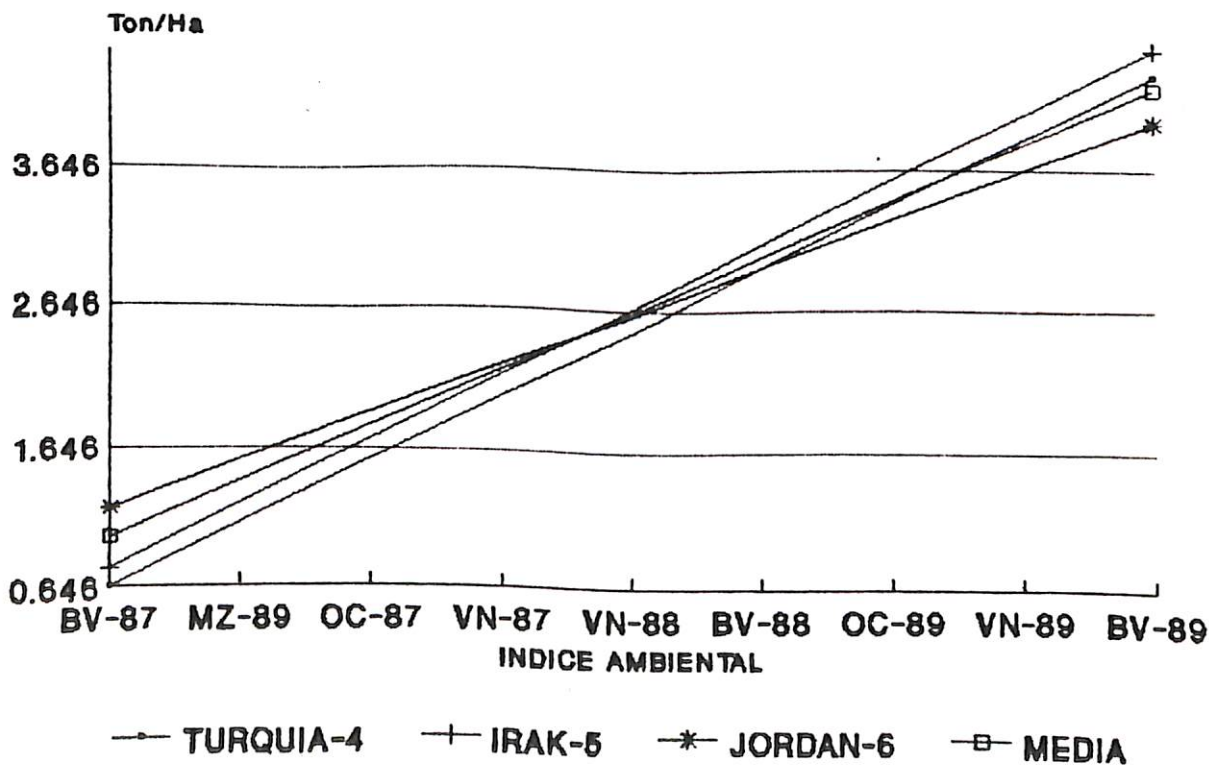
Las Gráficas de la 4.1 a la 4.6 presentan los rendimientos estimados para los 22 genotipos evaluados.

En las Gráficas 4.1 y 4.2 los genotipos presentaron un comportamiento estable (a), de la observación de dichas gráficas puede señalarse que aún cuando los genotipos presentan una tendencia similar, éstos difieren en su media de rendimiento, siendo el genotipo seis con un rendimiento medio de 2024.99 kg/ha el de más alto promedio entre los seis genotipos (Cuadro 4.19), con respecto al rendimiento estimado (Cuadro, 4.18) de 1214.0 kg/ha del genotipo seis en el ambiente menos favorable (BV-87), éste superó a la línea media estimada (media) y a los otros cinco genotipos, pero al mejorar las condiciones ambientales tuvo un comportamiento inferior a la media estimada quedando en el quinto lugar en el mejor ambiente (BV-89), el genotipo cinco, con un rendimiento estimado de 4505.4 kg/ha superó a la media y los otros genotipos ocupando el primer lugar en el mejor ambiente, pero bajo condiciones ambientales desfavorables, se situó por debajo de la media.

En la Gráfica 4.3, los genotipos ocho y nueve presentan un comportamiento estable (a), el genotipo siete con un rendimiento medio de 2107.096 kg/ha, presentó una buena respuesta a todos los ambientes pero inconsistente (b), su respuesta estimada en el ambiente menos favorable fue de 939.3 kg/ha quedando en el último lugar y por debajo



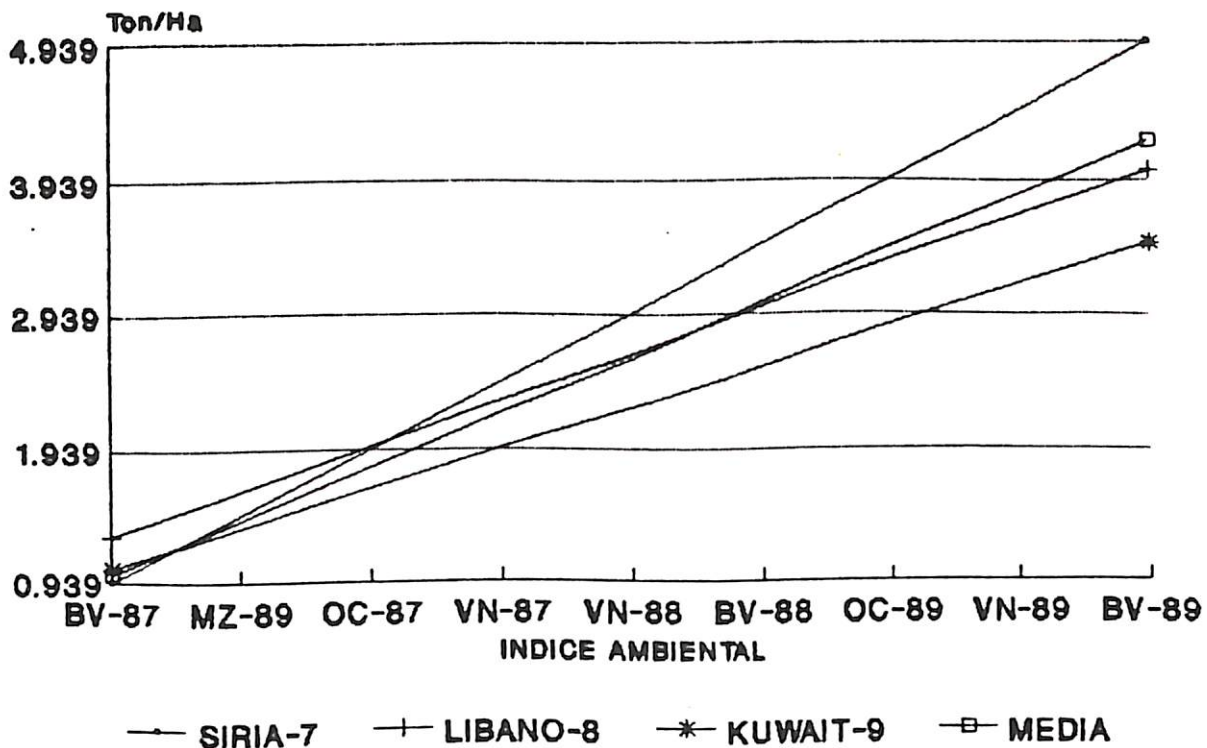
Gráfica 4.1 Comportamiento esperado en cártamo para rendimiento económico.



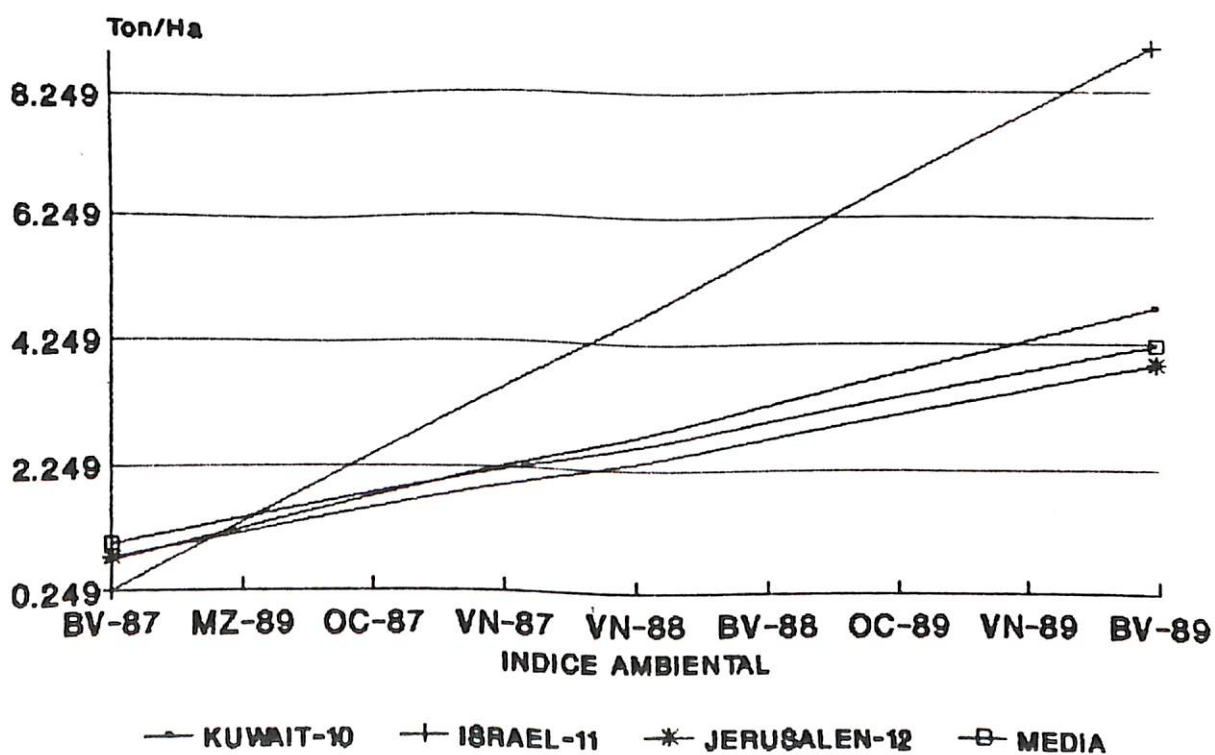
Gráfica 4.2 Comportamiento esperado en cártamo para rendimiento económico.

de la media; en el ambiente más favorable presentó un rendimiento estimado de 4932.1 kg/ha superando a los otros dos genotipos y a la media. En la Gráfica 4.4 los genotipos 10 y 12 presentan rendimientos estimados muy similares e inferiores al de la media en el ambiente menos favorable superando el genotipo 10 al 12 y a la media en el ambiente más favorable quedando los dos genotipos clasificados como estables (a), el genotipo 11 responde mejor en ambientes favorables pero es inconsistente (f), su rendimiento estimado 249.3 kg/ha en el ambiente menos favorable fue el más bajo, en el mejor ambiente superó a todos los genotipos con un rendimiento estimado de 8951.6 kg/ha en cuanto a su rendimiento medio a través de todos los ambientes de 2794.566 kg/ha fue el más alto y ocupó el primer lugar entre todos los genotipos, en general, el comportamiento de este genotipo es poco deseable pues en las estaciones malas el rendimiento se podría venir muy por debajo del promedio esperado, aunque, comparando las pendientes del genotipo 11 con las de la media estimada, se observa que cuando se cambia hacia mejores ambientes el genotipo 11 supera a la media en la mayoría de ellos, por lo que se debe tomar en cuenta este genotipo en estudios posteriores.

En las Gráficas 4.5 y 4.6 los genotipos del 13 al 17 se consideran estables (a). En la Gráfica 4.5 se observa que los genotipos presentan un comportamiento similar al de la media en el ambiente menos favorable, en cuanto al



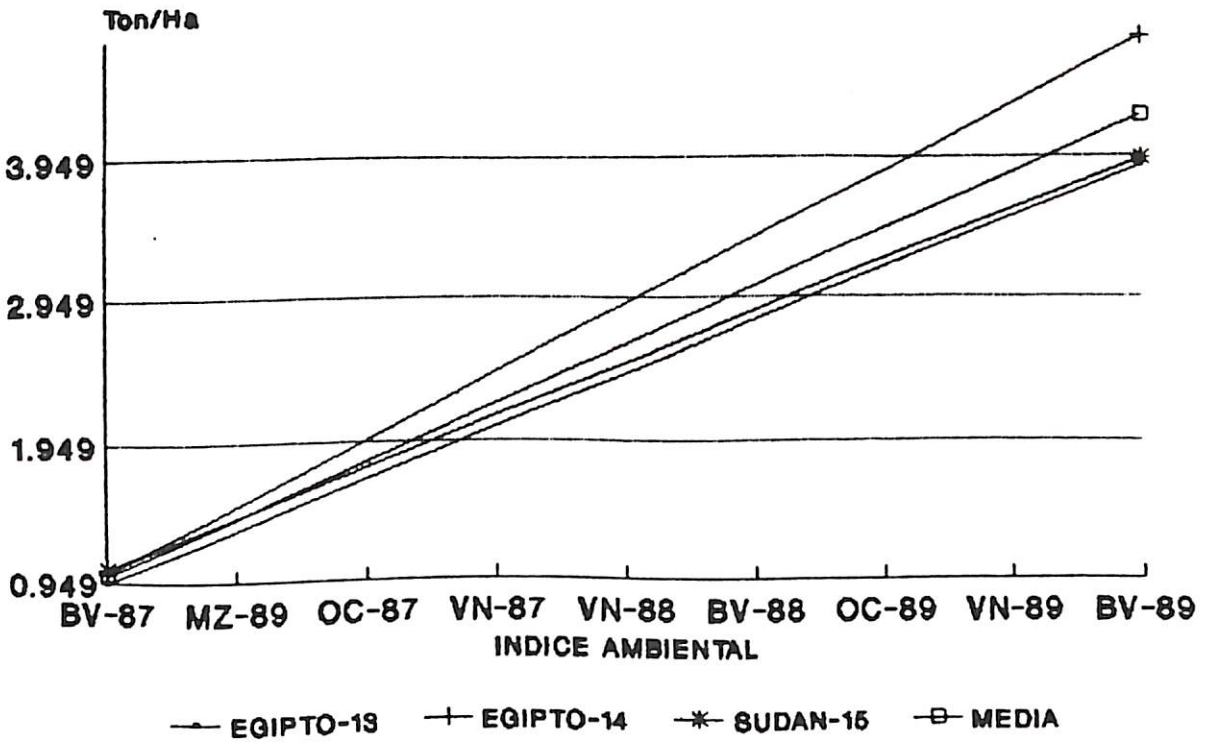
Gráfica 4.3 Comportamiento esperado en cártamo para rendimiento económico.



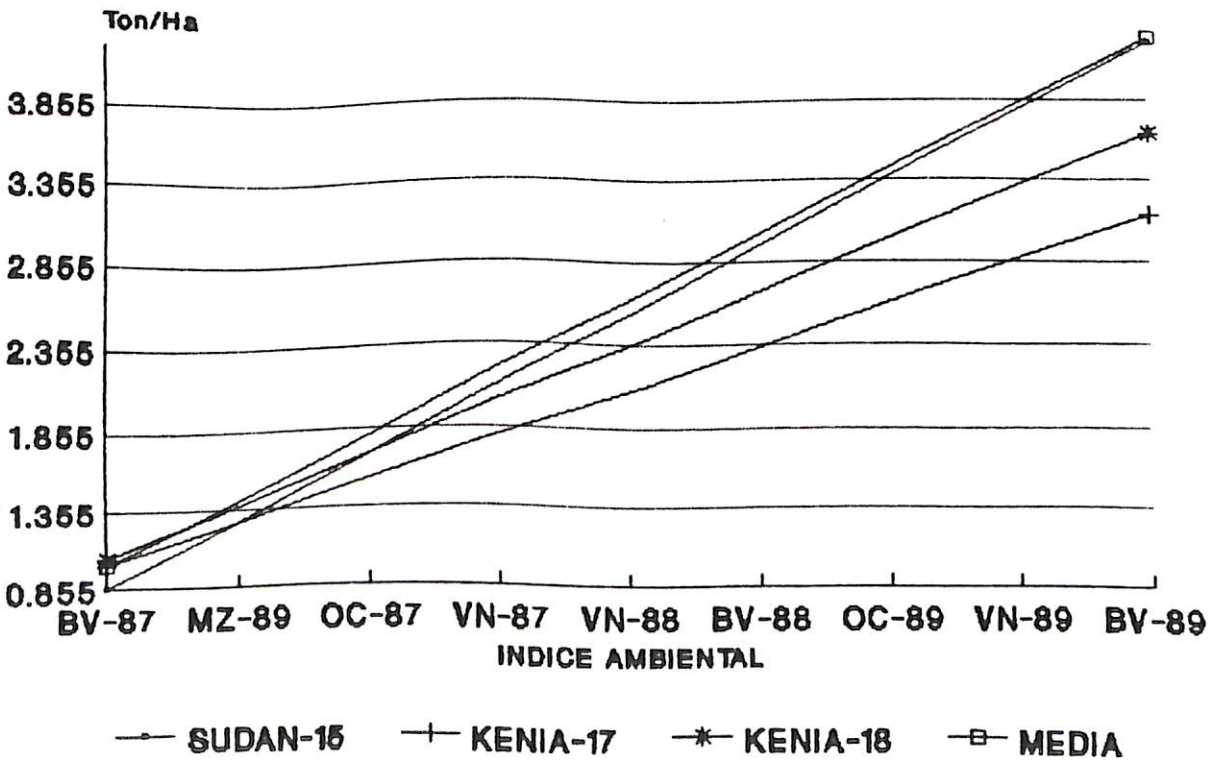
Gráfica 4.4 Comportamiento esperado en cártamo para rendimiento económico.

genotipo 14, presentó un rendimiento estimado de 4771.9 kg/ha que supera al de la media y a los restantes genotipos en el mejor ambiente, su rendimiento medio fue de 2115.920 kg/ha quedando en segundo lugar en rendimiento dentro de los genotipos estables (a). En la Gráfica 4.6 el genotipo 18 presenta buena respuesta a todos los ambientes pero es inconsistente (b) su rendimiento medio fue de 1810.0 kg/ha y su rendimiento estimado en el ambiente menos favorable fue similar al de la media y su respuesta en ambientes favorables fue baja situándose por debajo de la media y del genotipo 16 con un rendimiento estimado de 3643.9 kg/ha.

La Gráfica 4.7 muestra que los genotipos 19 y 20 superaron a la media en el ambiente menos favorable y en el ambiente más favorable disminuyeron su rendimiento estimado situándose por debajo de la media, su rendimiento medio fue de 1929.420 y 1736.549 kg/ha respectivamente, el genotipo 19 responde mejor en ambientes desfavorables y fue consistente (c), el genotipo 20 responde mejor en ambientes desfavorables pero es inconsistente (d) presentando, además, el más bajo rendimiento estimado (2903.6 kg/ha) en el mejor ambiente, los genotipos con pendientes menores que la unidad responderán bien en condiciones desfavorables, más no así en las favorables ocasionando que se tengan menores rendimientos en condiciones favorables, que con una variedad estable. En Gráfica 4.8 se observa que el genotipo 21 presenta una buena respuesta a todos los ambientes pero

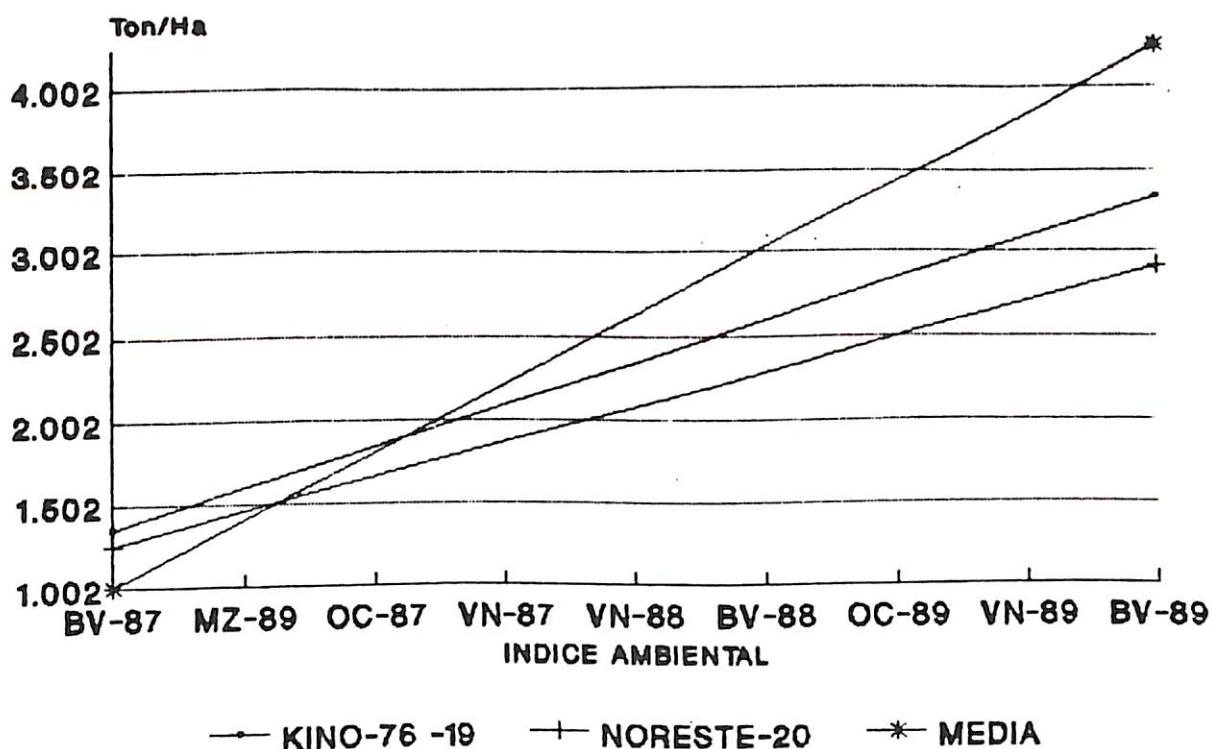


Gráfica 4.5 Comportamiento esperado en cártamo para rendimiento económico.

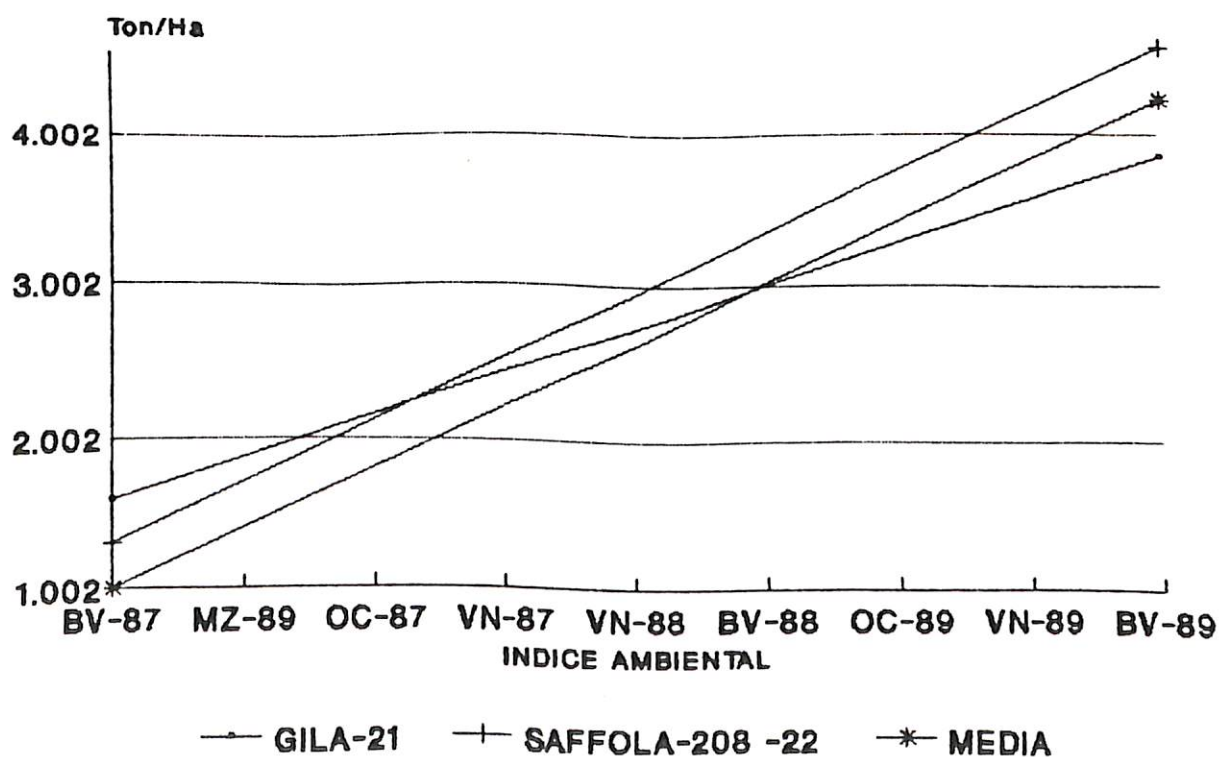


Gráfica 4.6 Comportamiento esperado en cártamo para rendimiento económico.





Gráfica 4.7 Comportamiento esperado en cártamo para rendimiento económico.



Gráfica 4.8 Comportamiento esperado en cártamo para rendimiento económico.

es inconsistente (b), su rendimiento medio de 2255.841 kg/ha ocupó el tercer lugar entre todos los genotipos, en el ambiente menos favorable presentó el más alto rendimiento estimado de 1594.9 kg/ha superando a la media y al genotipo 22, pero en ambientes favorables, se situó debajo de la media con un rendimiento estimado de 3854.5 kg/ha; con respecto al genotipo 22 presentó un comportamiento estable (a) con un rendimiento medio de 2265.654 kg/ha quedando en segundo lugar entre todos los genotipos, en la misma gráfica también se observa cómo este genotipo presentó un buen comportamiento superando a la línea media estimada a través de todos los ambientes. Para el agricultor que necesita planear su producción estimando costos, posibilidades de futuros mercados, transporte, etc. parece ser que lo más conveniente sería una variedad estable, ya que las predicciones que hiciera con respecto al rendimiento, le permitiría hacer un planeamiento general de su producción que con una variedad inestable.

Para peso de 250 semillas. En el Cuadro 4.20 se observa que los genotipos uno, dos, tres, cuatro, nueve, 12, 16, 19 y 21 presentaron una buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistente (b), con coeficientes de regresión estadísticamente iguales a uno, con un rango de  $b_i=0.726$ - $b_i=1.351$  y con desviaciones de regresión diferentes de cero. Los genotipos cinco, seis, 10, 11, 13, 14, 15, 18, 20 y 22 resultaron estables (a), los

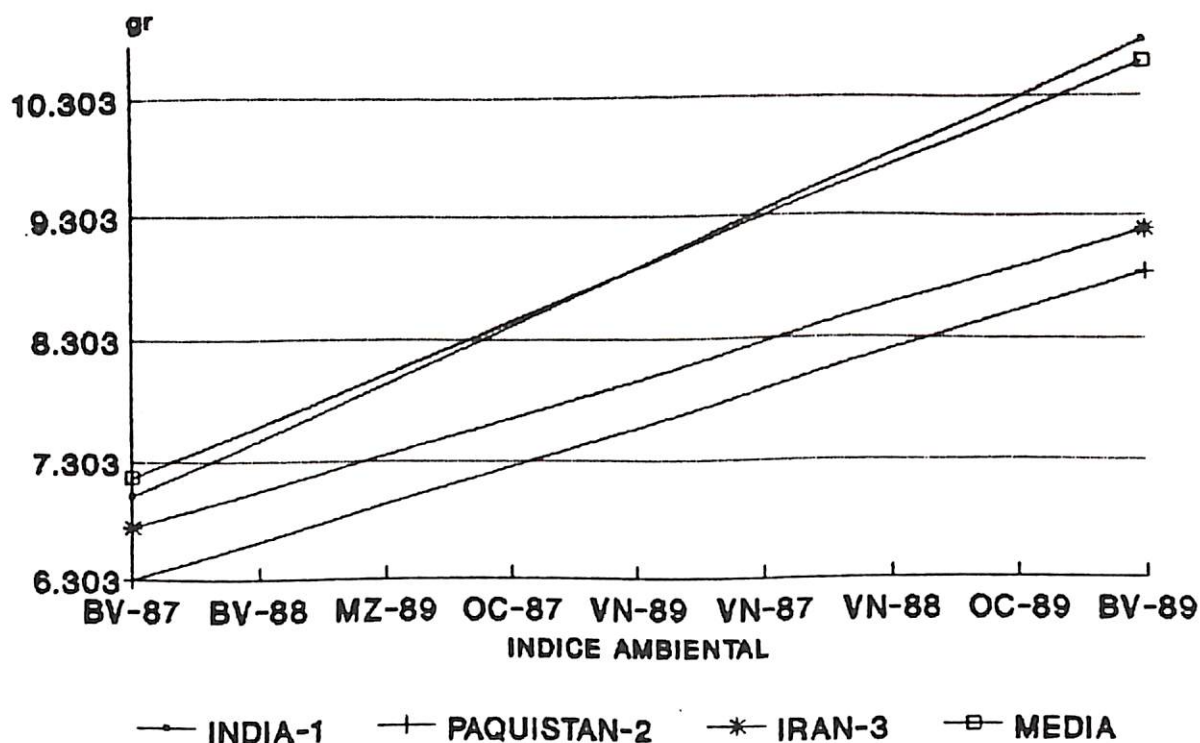
Cuadro 4.20 Clasificación de los 22 genotipos según sus componentes de parámetros de estabilidad en nueve ambientes para peso de 250 semillas.

Vareidad	Peso Medio (gr)	bi	S <sup>2</sup> di	Tipo de material (1)
1	8.597	1.108	0.244	b
2	7.382	0.755	0.722	b
3	7.781	0.726	0.211	b
4	8.221	1.096	0.334	b
5	8.607	0.974	0.198	a
6	10.523 A	1.156	-0.090	a
7	7.702	0.522<1	0.246	d
8	9.695	1.528>1	0.491	f
9	9.138	1.045	0.276	b
10	8.425	1.000	0.099	a
11	8.839	1.367	0.056	a
12	10.415 A	1.351	0.236	b
13	7.498	0.608	0.148	a
14	8.371	0.964	-0.105	a
15	7.900	0.733	-0.114	a
16	9.126	1.040	0.250	b
17	10.328 A	1.648>1	0.812	f
18	7.411	0.874	0.038	a
19	7.695	0.795	0.223	b
20	8.343	1.047	0.116	a
21	8.699	1.206	0.249	b
22	8.833	0.696	-0.029	a
$\bar{x}$	8.615	1.001		
DMS 0.05	0.595	0.593		

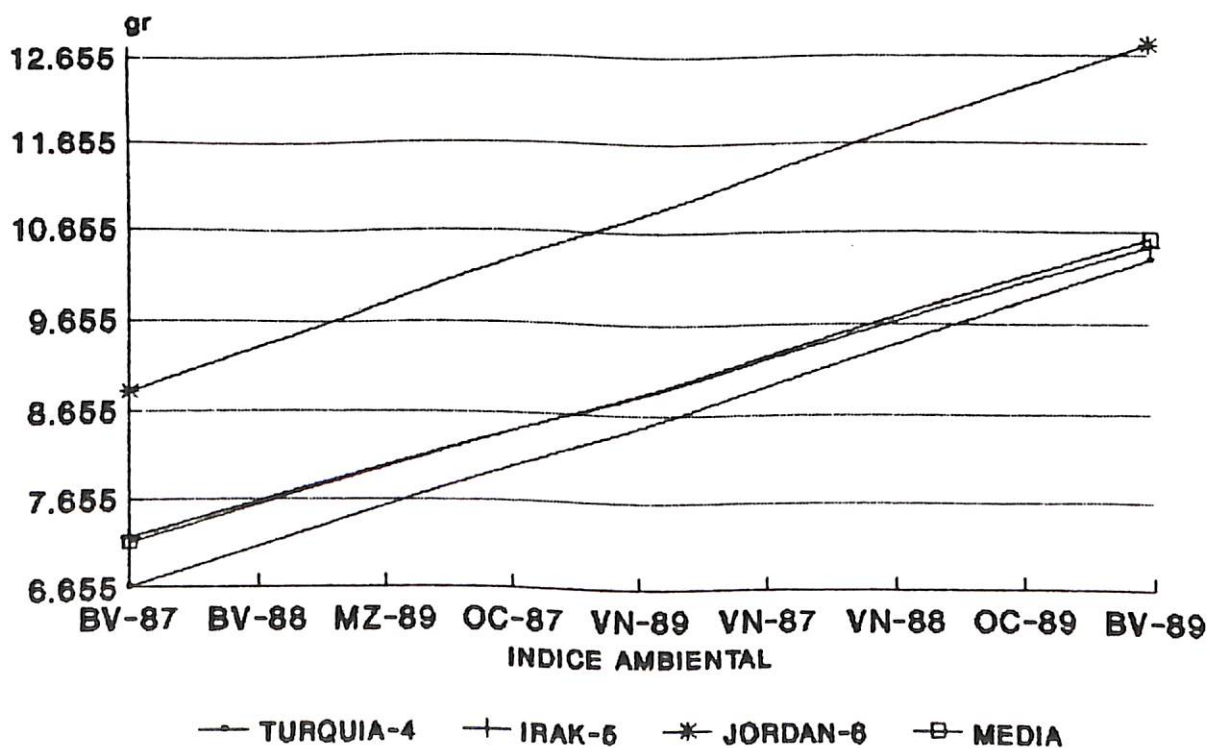
(1) Clasificación de acuerdo a Carballo y Márquez (1970).

coeficientes de regresión variaron de  $b_i=0.608$  a  $b_i=1.367$  y las desviaciones de regresión fueron estadísticamente iguales a cero. El genotipo siete respondió mejor en ambientes desfavorables pero fue inconsistente, clasificación (d), con un coeficiente de regresión de  $b_i=0.522$ , siendo estadísticamente inferior a uno y con desviaciones de regresión diferentes de cero. En tanto que los genotipos ocho y 17, con coeficientes de regresión estadísticamente superiores a uno ( $b_i=1.582$  y  $b_i=1.648$  respectivamente) y desviaciones de regresión diferentes de cero, respondieron mejor en buenos ambientes pero fueron inconsistentes clasificación (f).

Las Gráficas de la 4.9 a la 4.16 presentan el comportamiento esperado de los 22 genotipos de cártamo para la variable peso de 250 semillas. En la Gráfica 4.9 los genotipos del uno al tres fueron inconsistentes (b) y presentaron un peso de semilla estimado menor al de la media en el ambiente menos favorable, solamente el genotipo uno superó a la media con un peso estimado (Cuadro 4.17) de 10.7 gr en el mejor ambiente, su peso medio a través de los nueve ambientes fue de 8.579 gr (Cuadro 4.20). En tanto que en la Gráfica 4.10 el genotipo cuatro presentó un comportamiento inconsistente (b) y se situó por debajo de la línea media estimada a través de todos los ambientes de prueba, los genotipos cinco y seis fueron clasificados como estables (a), el genotipo cinco presentó un comportamiento



Gráfica 4.9 Comportamiento esperado en cártamo para peso de 250 semillas.

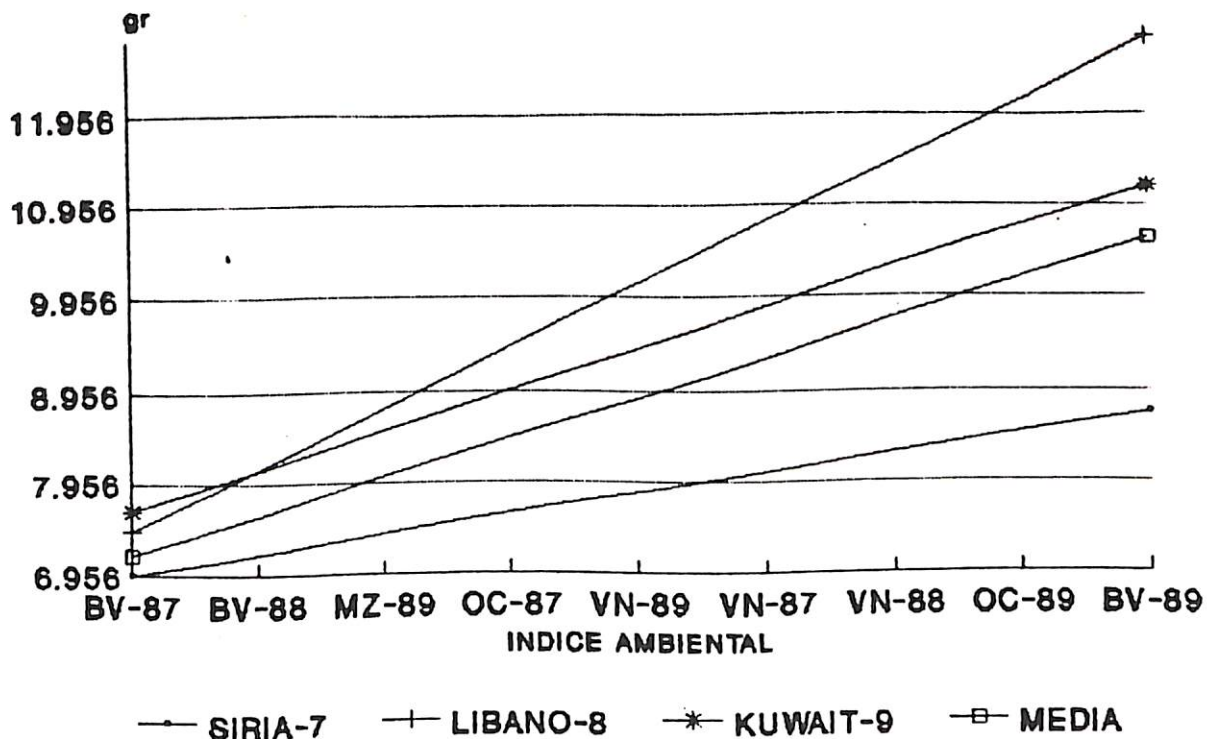


Gráfica 4.10 Comportamiento esperado en cártamo para peso de 250 semillas

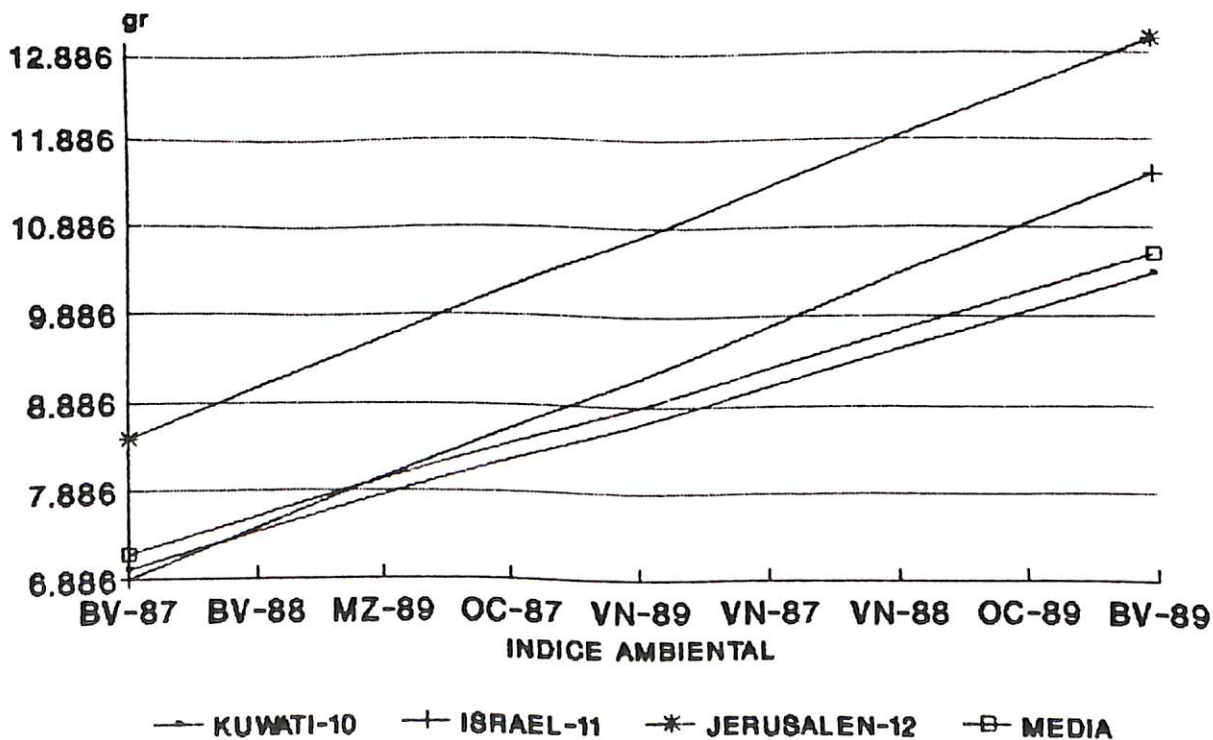
similar al de la línea media estimada, el genotipo seis, superó a la línea media estimada en todos los ambientes y presentó un peso medio de semilla de 10.523 gr ocupando el primer lugar entre todos los genotipos.

En la Gráfica 4.11 el genotipo siete presentó un comportamiento inferior al de la línea media estimada en todos los ambientes su clasificación fue (d), en tanto que los genotipos ocho y nueve superaron a la línea media estimada a través de todos los ambientes, pero fueron inconsistentes, con clasificaciones de (f) y (b), respectivamente, y con pesos medios de 9.695 y 9.138 gr para cada uno. En la Gráfica 4.12 los genotipos 10 y 11 presentaron un comportamiento estable (a), su peso medio fue de 8.425 y 8.839 gr respectivamente, el genotipo 11 superó a la media y al genotipo 10 en el mejor ambiente, con un peso estimado de 11.5 gr; con respecto al genotipo 12, aunque quedó clasificado como inconsistente (b), superó ampliamente a la línea media estimada en todos los ambientes, por lo que este genotipo puede ser seleccionado por su alto comportamiento y por su alto peso medio (10.415 gr) con el que ocupó el segundo lugar entre todos los genotipos

En la Gráfica 4.13 se muestra que el comportamiento de los genotipos 13, 14 y 15 fue inferior al de la línea media estimada a través de todos los ambientes, estos genotipos se clasificaron como estables (a) y presentaron



Gráfica 4.11 Comportamiento esperado en cártamo para peso de 250 semillas.

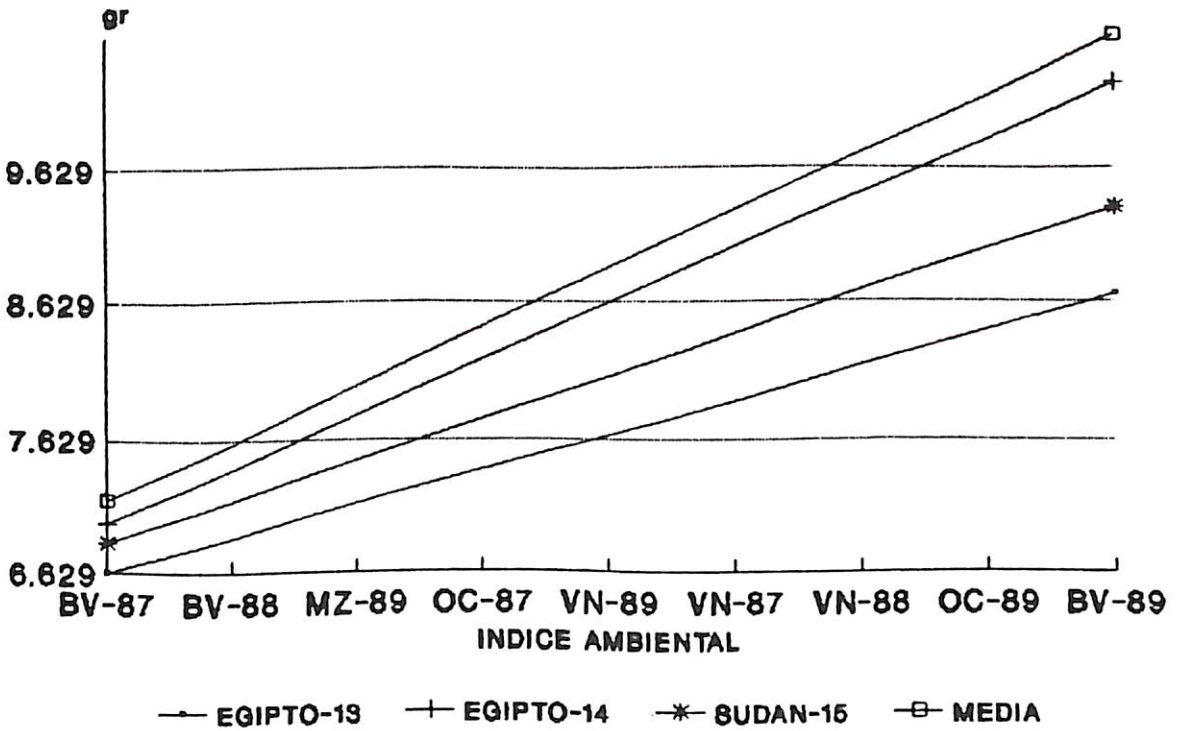


Gráfica 4.12 Comportamiento esperado en cártamo para peso de 250 semillas

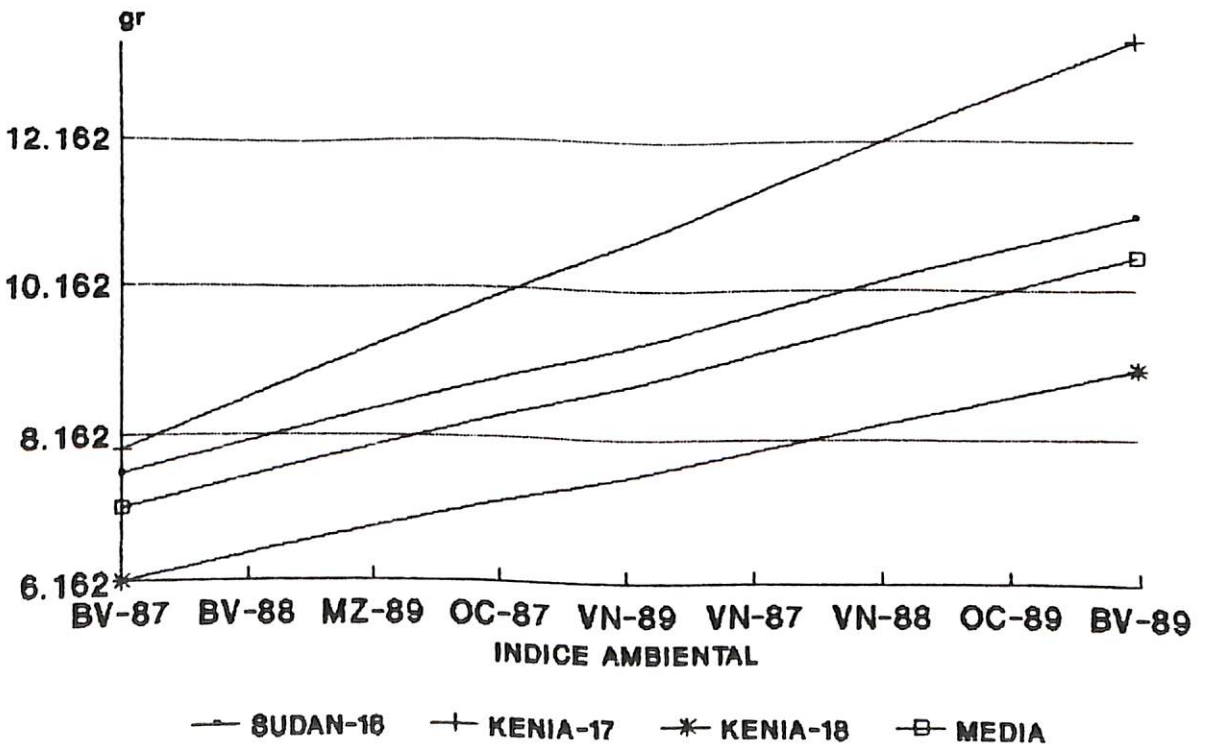
un peso medio de 7.498, 8.371 y 7.900 gr, respectivamente. En la Gráfica 4.14 se observa que el genotipo 16 respondió bien en todos los ambientes pero fue inconsistente (b) y presentó un peso medio de 9.126 gr; el genotipo 17 también resultó inconsistente (f) pero responde mejor en buenos ambientes donde sobrepasa ampliamente la línea media estimada presentando, además, un peso medio de 10.328 gr ocupando con esto el tercer lugar entre todos los genotipos y quedando dentro del primer grupo en un nivel de significancia de 0.05 en DMS; con respecto al genotipo 18 tuvo un comportamiento inferior al de la línea media estimada, su clasificación fue estable (a) y presentó un peso medio de 7.411 gr a través de todos los ambientes.

En la Gráfica 4.15 los genotipos 19 y 20 presentaron un comportamiento inferior al de la línea media estimada, el genotipo 19 tuvo una buena respuesta a todos los ambientes pero inconsistente (b) y presentó un peso medio de 7.695 gr en tanto que el genotipo 20, el cual fue clasificado como estable (a), presentó un peso medio de 8.346 gr. En la Gráfica 4.16 se observa que el genotipo 21 se situó por debajo de la media y del genotipo 22 en el ambiente menos favorable, pero en el ambiente más favorable los superó a ambos, su clasificación fue de (b) y su peso medio fue de 8.699 gr; en cuanto al genotipo 22 superó a la media y al genotipo 21 en el ambiente menos favorable, pero en ambientes más favorables su comportamiento fue inferior

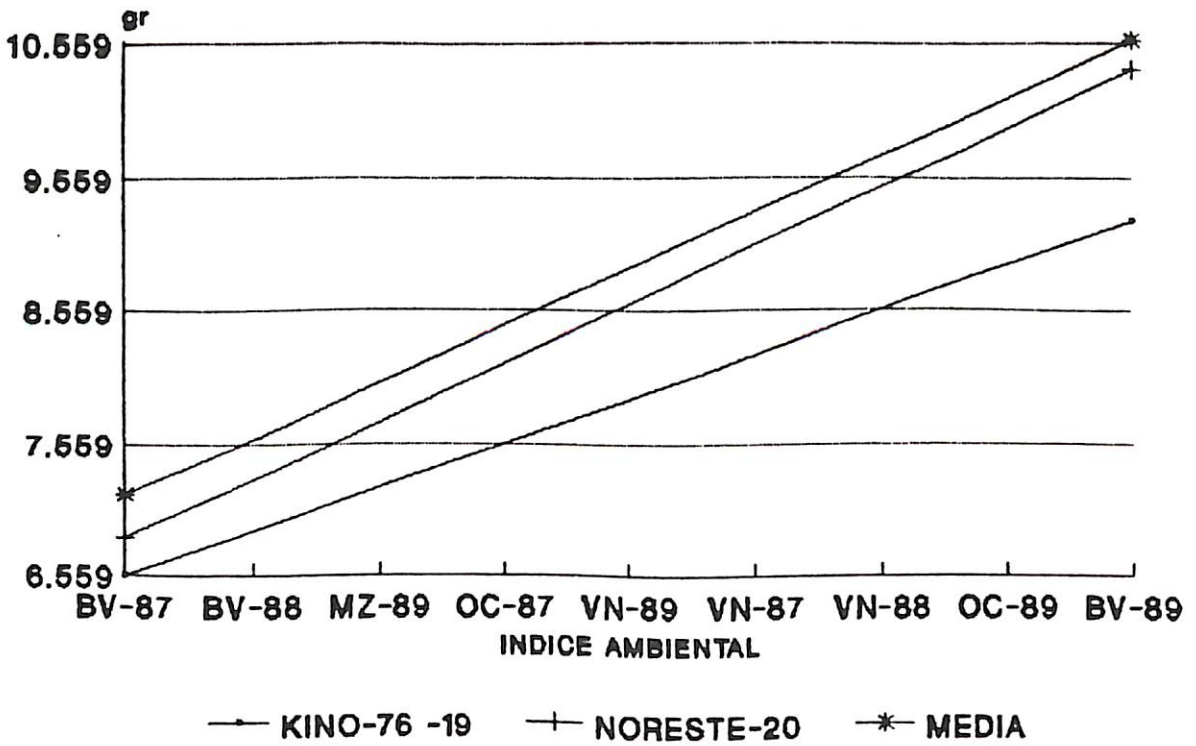




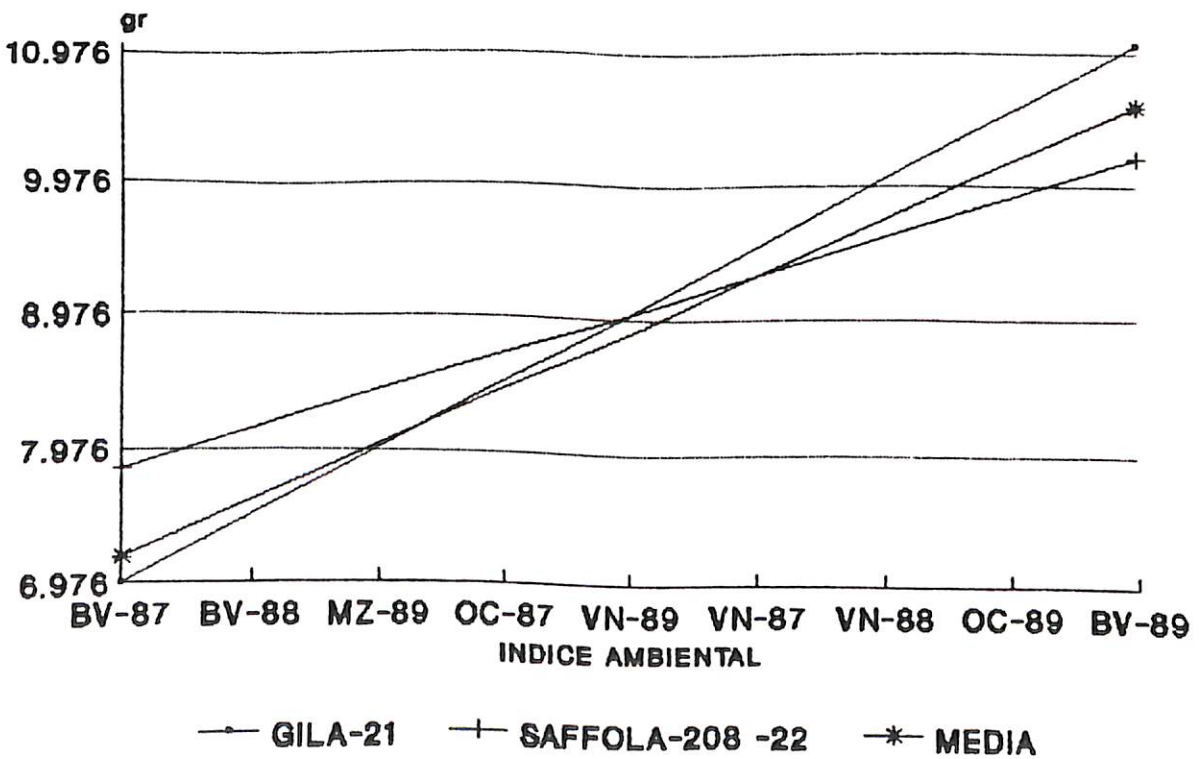
Gráfica 4.13 Comportamiento esperado en cártamo para peso de 250 semillas.



Gráfica 4.14 Comportamiento esperado en cártamo para peso de 250 semillas



Gráfica 4.15 Comportamiento esperado en cártamo para peso de 250 semillas.



Gráfica 4.16 Comportamiento esperado en cártamo para peso de 250 semillas

a ambos, su clasificación fue estable (a) y su peso medio a través de todos los ambientes fue de 8.833 gr.

De acuerdo con la clasificación de Carballo y Márquez (1970), 16 de los 22 genotipos fueron clasificados estables (a) para rendimiento (Cuadro 4.19), entre los más sobresalientes se encuentran: 22 (Saffola-208) que con un rendimiento medio de 2265.654 kg/ha ocupó el segundo lugar entre todos los genotipos, otros genotipos clasificados dentro de este grupo fueron el 14 (Egipto CM-1276) y el 8 (Líbano CM-1098) con promedios de 2115.920 y 2081.997 kg/ha respectivamente, de estos tres genotipos el 22 y el 14 también fueron considerados estables (a) para la variable peso de 250 semillas (Cuadro 4.20) presentando promedios de 8.833 y 8.371 gr respectivamente; el genotipo ocho fue considerado inconsistente (b), con promedio de 9.695 gr. Tres de los restantes genotipos fueron clasificados en la situación (b) encontrándose los genotipos 21 (Gila) y 7 (Siria CM-1093) como los más sobresalientes, con medias de rendimiento de 2255.841 y 2107.96 kg/ha ocupando el tercero y cuarto lugar entre todos los genotipos; para peso de 250 semillas quedaron clasificados en la situación (b) y (d) con promedios de 8.699 y 7.702. De los últimos tres genotipos, el 19 y 20, con medias de rendimiento de 1929.420 y 1736.549 kg/ha, quedaron clasificados en la situación (c) y (d) y para peso de 250 semillas fueron clasificados como (b) y (a) con promedios de 7.695 y 8.343

gr, respectivamente. El genotipo 11 (Israel CM-1125) se clasificó como inconsistente (f), su rendimiento medio fue de 2794.566 kg/ha ocupando el primer lugar en rendimiento entre todos los genotipos por lo que se le deberá tomar en cuenta en futuros programas de mejoramiento en el cual se le pueda incorporar la estabilidad y así aprovechar su alto potencial de rendimiento; para peso de 250 semillas presentó un comportamiento estable (a) obteniendo una media de 8.839 gr quedando en el sexto lugar para esta característica. Mahal *et al.* (1988), al evaluar 12 variedades de trigo originarios de tres diversas regiones ecológicas y sus 48 cruzas intergrupo, para medir varios parámetros de estabilidad para rendimiento de grano y sus componentes, encontraron que la mayoría de las combinaciones híbridas que mostraron estabilidad incluyeron uno o ambos progenitores estables para el atributo correspondiente. A la luz de la evidencia de que la habilidad hacia un comportamiento uniforme sobre un número de sitios está bajo control genético, puede ser factible incorporar un comportamiento estable en otras líneas deseables. Adicionalmente, la habilidad de amortiguamiento de las características de los componentes pueden ser efectivamente utilizados para un adecuado procedimiento del mejoramiento para producir genotipos estables con alto rendimiento.

Para la variable peso de 250 semillas 10 de los 22 genotipos fueron clasificados estables (a) de los cuales el genotipo 6 (Jordán CM-1082), con un peso medio de 10.523 gr, ocupó el primer lugar dentro de este grupo y entre todos los genotipos, su rendimiento también fue alto y con un promedio de 2024.999 kg/ha quedó clasificado como estable (a). Nueve de los 22 genotipos se clasificaron en la situación (b) en este grupo el genotipo más sobresaliente fue el 12 (Jerusalén CM-1136), con un peso medio de 10.415 gr, ocupando el segundo lugar entre todos los genotipos, para rendimiento fue clasificado estable (a) y su media fue de 1655.051 kg/ha. De los últimos tres genotipos, el 7 (Siria CM-1093), con un peso medio de 7.702 gr quedó clasificado en la situación (d), su rendimiento medio fue de 2107.096 kg/ha pero fue inconsistente clasificándose en la situación (b). Los genotipos 8 (Líbano CM-1098) y 17 (Kenia CM-1388) presentaron un peso medio elevado de 9.695 y 10.328 gr, ocupando el cuarto y tercer lugar respectivamente; su clasificación fue inconsistente (f), con respecto a su rendimiento medio fueron clasificados estables (a) presentando promedios de 2081.997 y 1630.342 kg/ha respectivamente. Aunque el peso de semilla tuvo un alto porcentaje de heredabilidad, se ha encontrado que capítulos/planta y semillas/capítulo tienen una mayor influencia sobre el rendimiento. El peso de semilla no puede ser incrementado indefinidamente, ya que hay un óptimo peso de semilla que puede armonizar fisiológicamente

con las otras características y con el tipo de planta en un amplio rango de ambientes. Más, sin embargo, como se mencionó anteriormente, se pueden realizar hibridaciones entre genotipos con alto rendimiento y peso de 250 semillas con lo que se aprovecharía la habilidad de amortiguamiento de las características de los componentes para producir genotipos estables y con alto rendimiento.

Con respecto a la estimación de los parámetros de estabilidad aplicando el modelo de Eberhart y Russell (1966), éste ha resultado efectivo en la discriminación de variedades por su respuesta a distintos ambientes. Sharma *et al.* (1987) determinaron la estabilidad del índice de cosecha y rendimiento de grano en 10 genotipos de trigo de invierno en seis localidades en Oklahoma durante dos años. Se estimaron el coeficiente de regresión lineal y las desviaciones de regresión. Los genotipos difirieron significativamente para índice de cosecha y rendimiento y presentaron diferencias significativas para la interacción genotipo-ambiente en las dos variables. Los coeficientes de correlación entre el índice de cosecha y rendimiento fueron inconsistentes en buenos y malos ambientes, lo que sugiere que ambos caracteres fueron significativamente afectados por los cambios ambientales. Consecuentemente, la selección para rendimiento *per-se* puede ser tan efectiva como seleccionar para índice de cosecha a fin de mejorar el rendimiento de grano de trigo en los diversos ambientes.

Bacusmo *et al.* (1988) emplearon cuatro métodos para determinar la estabilidad y adaptación de la papa, utilizando datos de 14 clones evaluados en 14 ambientes. De los métodos utilizados, el de Eberhart y Russell (1966) y el de Tai (1971) estuvieron relacionados; el parámetro de Shukla (1972) mostró una buena asociación con los anteriores. El otro parámetro considerado el modelo  $D^2$  de Sukarso y Engle (1983) presentó una correlación con los parámetros anteriores generalmente baja. Por otro lado, los métodos de Eberhart y Russell (1966), Tai (1972) y Sukarso y Engle (1983) requieren de pocos cálculos comparados con el de Shukla (1972). De los tres métodos, el de Tai (1971) se mostró efectivo para discriminar los clones de acuerdo a su estabilidad. Aunque la alta correlación de los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell y el de Tai sugieren que cada uno de los dos métodos puede ser usado para seleccionar genotipos deseables con igual eficacia.

## CONCLUSIONES

1. El modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966), en combinación con la clasificación propuesta por Carballo y Márquez (1970), resultó apropiado para caracterizar los genotipos por su estabilidad de rendimiento y peso de 250 semillas.
  - a) Los genotipos: 11 (Israel CM-1125), 22 (Saffola-208), 21 (Gila) para rendimiento y 6 (Jordán CM-1082), 12 (Jerusalén CM-1136), 17 (Kenia CM-1388) para peso de semilla, mostraron los mayores promedios, a través de todos los ambientes.
  - b) Los genotipos: [22 (Saffola-208), 14 (Egipto CM-1276), 8 (Líbano CM-1098)] y [6 (Jordán CM-1082), 11 (Israel CM-1125), 22 (Saffola-208)] para rendimiento y peso de semilla respectivamente tuvieron altos promedios, generalmente son estables y consistentes.
  - c) El genotipo 11 (Israel CM-1125) para rendimiento, 17 (Kenia CM-1388) y 8 (Líbano CM-1098) para peso de semilla, aprovechan mejor los ambientes favorables presentando coeficientes de regresión superior a la



unidad, pero no presentaron consistencia.

d) Los genotipos: [21 (Gila), 7 (Siria CM-1093)] y [12 (Jerusalén CM-1136), 9 (Kuwait CM-1107), 16 (Sudán CM-1376)] para rendimiento y peso de semilla respectivamente presentaron buenos promedios y buena respuesta en todos los ambientes con un coeficiente de regresión estadísticamente igual a uno, pero también fueron inconsistentes.

e) El genotipo 19 (Kino-76) para rendimiento es el que mejor responde en los ambientes desfavorables, presentando un coeficiente de regresión menor que la unidad y siendo, además, consistente. El genotipo 20 (Noreste) para rendimiento y 7 (Siria CM-1093) para peso de semilla, presentaron coeficientes de regresión menor que la unidad y fueron inconsistentes.

2. Se encontró una amplia variación genética entre los materiales para las características evaluadas, a excepción del índice de cosecha que sólo presentó significancia en un ambiente, las variables porcentaje de aceite y de proteína, y rendimiento económico, presentaron un comportamiento heterogéneo a través de los ambientes. Con respecto a la heredabilidad, se obtuvo un amplio rango de variación entre ambientes, en promedio se presentaron valores de 38.96 por ciento para proteína

hasta un 80.98 por ciento para semillas por capítulo.

3. Las correlaciones indicaron que el rendimiento se correlacionó positivamente con las características: madurez fisiológica (0.467\*), semillas por capítulo (0.639\*\* y 0.471\*), índice de cosecha (0.656\*\* y 0.769\*\*), porcentaje de aceite (0.453\*, 0.456\* y 0.480\*), capítulos por planta (0.638\*\* y 0.486\*), peso de 250 semillas (0.457\*) y negativamente con floración al 50 por ciento (-0.558\*\*); esta última variable estuvo negativa y altamente correlacionada (-0.639\*\* y -0.898\*\*) con llenado de grano y positivamente con altura de planta (0.615\*\* y 0.523\*) y con madurez fisiológica (0.570\*\*) estando estas dos últimas correlacionadas positivamente (0.810\*\*) y altura de planta con semillas por capítulo (0.512\*, 0.435\*, 0.452\* y 0.490\*) por lo que la selección basada en estas variables puede conducir a la obtención de genotipos tardíos.
4. Se encontró que los genotipos: 11 (Israel CM-1125), 22 (Saffola-208), 21, (Gila), 7 (Siria CM-1093), 8 (Libano CM-1098) y 19 (Kino-76) estuvieron entre los de más alto rendimiento en el análisis combinado presentando, además, los más altos porcentajes de aceite en los ambientes donde se tomó esta variable.

## RESUMEN

Se evaluaron 22 genotipos de cártamo bajo un diseño experimental de bloques completos al azar y a través de nueve ambientes que comprendieron las localidades de: Buenavista, Coah., Venecia, Dgo., Ocampo, Coah. y Múzquiz, Coah., durante los ciclos de 1987, 1988 y 1989. Los objetivos principales fueron: identificar los mejores genotipos en cuanto a su adaptación y estabilidad del rendimiento y peso de semilla, así como estimar la variabilidad genética y heredabilidad de las características agronómicas, las correlaciones fenotípicas entre estas características e identificar los materiales con alto contenido de aceite y rendimiento.

El material genético utilizado estuvo constituido por materiales de la Colección Mundial de Cártamo, así como variedades comerciales nacionales proporcionadas por el Grupo Interdisciplinario de Oleaginosas, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

El análisis de estabilidad identificó a los genotipos: 22 (Saffola-208) y 6 (Jordán CM-1082) para rendimiento y peso de semilla respectivamente, como

estables y consistentes, presentando además los más altos promedios dentro de esta categoría; los genotipos 11 (Israel CM-1125) para rendimiento y 8 (Líbano CM-1098) para peso de semilla, aprovechan mejor los ambientes favorables pero no presentaron consistencia.

Se encontró una amplia variación genética entre los materiales para las características evaluadas. Con respecto a la heredabilidad se presentó un amplio rango de variación entre ambientes, con promedios de 38.96 por ciento para porcentaje de proteína hasta un 80.98 por ciento para semillas por capítulo.

Las correlaciones indican que el rendimiento se correlacionó positivamente con: madurez fisiológica (0.467\*), índice de cosecha (0.656\*\* y 0.769\*\*), semillas por capítulo (0.639\*\* y 0.471\*), capítulos por planta (0.638\*\* y 0.486\*), peso de 250 semillas (0.457\*) y porcentaje de aceite (0.453\*, 0.456\*, y 0.480\*) y negativamente con floración al 50 por ciento (-0.558\*).

Los genotipos: 11 (Israel CM-1125), 22 (Saffola-208), 21 (Gila), 7 (Siria CM-1093), 8 (Líbano CM-1098) y 19 (Kino-76) estuvieron entre los de más alto rendimiento presentando además altos porcentajes de aceite en los ambientes donde se tomó esta variable.

## LITERATURA CITADA

- Abel, G.H. and M.F. Driscoll. 1976. Trait development and breeding for high yields in safflower. *Crop Sci.* 16: 213-216.
- Abel, G.H. 1976. Relationships and uses of yield components in safflower breeding. *Agronomy Journal.* 68: 442-447.
- Aguilera, R. 1990. Indices de selección y coeficientes de sendero en cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) bajo condiciones de riego y temporal. Tesis de Maestría UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 134 p.
- Allard, R.W. and A.D. Bradshaw. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4: 503-507.
- 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: 799-802.
- Racusmo, J.L., W.W. Collins and A. Jones. 1988. Comparison of methods of determining stability and adaptation of sweet potato. *Theor. Appl. Genet.* 75: 492-497.
- Baker, R.J. 1988. Tests for crossover genotype-environmental interactions. *Can. J. Plant Sci.* 68: 405-410.

- Bogyo, T.P. and T.S. Russell. 1972. Some properties of the statistics used in the analysis of genotype-environment interaction. *Biometrics*. 28: 1161-1162.
- Bowen, C.R. and W.T. Schapaugh, Jr. 1989. Relationships among charcoal rot infection, yield, and stability estimates in soybean blends. *Crop Sci.* 29: 42-46.
- Bradshaw, A.D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics*. 13: 115-155.
- Bucio Alanis, L. 1966a. Environmental and genotype-environmental components of variability. I. Inbred lines. *Heredity*. 21: 387-397.
- Carballo, C.A. y F. Márquez. 1970 Comparación de variedades de maíz de el Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia*. 5: 129-146.
- Castillo, A. 1988. Estabilidad de rendimiento e interrelaciones genotípicas entre caracteres en girasol (*Helianthus annuus* L.) Tesis de Maestría UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 97 p.
- Castillo, N. y J. Mario Salazar. 1987. Estabilidad del rendimiento de híbridos y variedades de girasol en diferentes fechas de siembra en el Valle del Mayo, Sonora. *Fitotecnia* 10: 62-71.
- Cramer, M.M. and W.D. Beversdorf. 1984. Effect of genotype x environment interactions on selection for low linolenic acid soybeans. *Crop Sci.* 24 :324-330.

- Cross, H.Z. 1977. Interrelationships among yield stability and yield components in early maize. *Crop Sci.* 17: 741-745.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- Ehdaie, B. and A. Ghaderi. 1978. Inheritance of some agronomic characters in a cross of safflower. *Crop Sci.* 18: 544-547.
- Fernandez, A.C. 1990. Estimación de la estabilidad del rendimiento utilizando una simplificación del modelo de Everhart y Russell en híbridos trilineales de maíz. (*Zea mays* L.). Tesis profesional UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. 90 p.
- Finlay, K.W. and Wilkinson, G.N. 1963. The analysis of adaptation a plant-breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14: 742-754.
- Fisher, R.A. and Mackenzie, W.A. 1923. Studies in crop variation. II. The manurial response of different potato varieties. *J. Agric. Sci. Camb.* 13: 311-320.
- Freeman, G.H. 1973. Statistical methods for the analysis of genotype-environment interactions. *Heredity* 31: 339-354.
- Fripp, Y.J. and C.E. Caten. 1973. Genotype-environmental interactions in *Schizophyllum commune*. *Heredity.* 30: 341-349.
- Goldsworthy, R.L. 1974. Adaptación del maíz. En el mejoramiento del maíz a nivel mundial en la década del 60 y el papel del CIMMYT. Memoria 6:1-50. México.

- Grafius, J.E. 1964. A geometry of plant breeding. *Crop Sci.* 4: 241-246.
- Guzmán, M.E.E. 1984. Selección recurrente a través de líneas S<sub>1</sub> en girasol (*Helianthus annuus* L.). Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila 78 p.
- Hamblin, J.H.M. Fisher and H.I. Ridings. 1980. The choice of locality for plant breeding when selecting for high yield and general adaptation. *Euphytica.* 29: 161-168.
- Hernández, S.A. 1987. Introducción al mejoramiento genético de cereales de grano pequeño. SARH-INIFAP. México, D.F. Tema didáctico No. 3 pp. 73-80.
- Jiménez, A.A., L. E. Mendoza y Aquiles C. 1983. Estabilidad de características agronómicas y fisiotécnicas de líneas e híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.). *Agrociencia.* 51: 155-162.
- Joppa, L.R., Lebsoch, K.L. and Busch, R.H. 1971. Yield stability of selected spring wheat cultivars (*Triticum aestivum* L. en Thell) in the uniform regional nurseries, 1959 to 1968. *Crop Sci.* 11. 238-241.
- Jowett, D. 1972. Yield stability parameters for sorghum in East Africa. *Crop Sci.* 12: 314-317.
- Kotecha, A. 1979. Inheritance and association of six traits in safflower. *Crop Sci.* 19: 523-527.
- \_\_\_\_\_ 1981. Inheritance of seed yield and its components in safflower. *Can. J. Genet. Cytol.* 23: 111-117.



- Langer, I., K.J. Frey and T. Bailey. 1979. Associations among productivity, production response and stability indexes in oat varieties. *Euphytica*. 28: 17-24.
- Lin, C.S., M.R. Binns, and L.P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: Where do we stand?. *Crop Sci.* 16: 849-900
- López, A. y A. Carballo. 1984. Selección y evaluación de genotipos de maíz en condiciones limitantes, para aumentar producción y adaptabilidad. *Agrociencia* 58: 73-86.
- Mahal, G.S., K.S. Gill and G.S. Bhullar. 1988. Stability parameters and performance of interregional crosses in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Theor. Appl. Genet.* 76: 438-442.
- Makne, V., Borikar, S., Patil, V. 1987. Estimates of genetic variability and interrelationship of yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Plant Breeding Abstracts*. V. 57 pag. 149.
- Márquez-Sánchez, F. 1973. Relationship between genotype-environmental interaction and stability parameters. *Crop Sci.* 13: 577-579.
- Martínez, F., J. Domínguez, J. Jiménez, A. Hernández. 1987. Use of the single seed descent method in breeding safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Plant Breeding Abstracts* V. 57 pag. 562.
- Matsuo, T. 1975. Adaptability, stability and productivity of varieties in crop plants. In *adaptability in plants*. T. Matsuo (Ed.) IBF Synthesis 6: 173-177.

- Nassar, R. and M. Hühn. 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. *Biometrics*. 43: 45-53.
- Pajarito, A. y F.J. Ibarra. 1988. Estudio de genotipos de frijol en dos condiciones de humedad en la zona semiárida de México. Trabajo presentado en la XXXIV Reunión Anual de FCCMCA. San José, Costa Rica. Marzo 21-25.
- Perkins, Jean M. and Jinks, J.L. 1968a. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. *Heredity*. 23: 339-356.
- Pfahler, P.L. and H.F. Linskens. 1979. Yield stability and population diversity in oats (*Avena sp.*). *Theor. Appl. Genet.* 54: 1-5.
- Pinthus, M.J. 1973. Estimate of genotypic value: a proposed method. *Euphytica*. 22: 121-123.
- Poehlman, J.M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Primera edición. Ed. Limusa Wiley, S.A. México p. 72.
- Puente, M.J.L. 1983. Evaluación de líneas *pro-se* y su estabilidad para rendimiento de sorgo para grano en tres ambientes de temporal. Tesis de Maestría UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. 57 p.
- Quilantán, L. y R. Pérez. 1979. Correlaciones entre caracteres agronómicos del cártamo *Carthamus tinctorius* L. Bajo régimen de humedad residual en la costa de Nayarit. *Agric. Tec. Méx.* 5: 105-116.

- Ranga Rao, 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.
- Rowe, P.R. and R.H. Andrew. 1964. Phenotypic stability for a systematic series of corn genotypes. Crop Sci. 4: 563-567.
- Saeed, M., C.A. Francis and J.F. Rajewski. 1984. Maturity effects on genotype x environment interactions in grain sorghum. Agronomy Journal. 76: 55-58.
- 
- \_\_\_\_\_ and J.W. Mananvi  
Ile. 1987. Genotype x environment interaction and stability analysis of protein and oil in grain sorghum. Crop Sci. 27: 169-171.
- Scott, G.E. 1967. Selecting for stability of yield in maize. Crop Sci. 7: 549-551.
- Sharma, R.C., E.L. Smith and R.W. Mc New. 1987. Stability of harvest index and grain yield in winter wheat. Crop Sci. 27: 104-108.
- Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity. 29: 237-245.
- Sprague, G.F. and W.T. Federer. 1951. A comparison of variance components in corn yield trials: II. Error, year x variety, location x variety, and variety components. Agronomy Journal. 43: 535-541.

- Sukarso, G. and Engle L.M. 1983. A maximum performance model for cultivar evaluation. Philipp Agric. 66: 160-167.
- Tai, G.C.C. 1971. Genotypic stability analysis and its implication to potato regional trials. Crop Sci. 11: 184-190.
- Valenzuela, S.J. 1990. Interacción genotipo-ambiente, parámetros fisiotécnicos y correlaciones entre caracteres agronómicos morfofisiológicos en cártamo (*Barthamus tinctorius* L.). Tesis de Maestría. UAAAN Benavista, Saltillo, Coah. 130 p.
- Wricke G. 1962. Über eine methode zur erfassung der ökologischen streubreite in feldversuchen. Z. Pflanzenzücht. 47: 92-96.
- Yates, F. and Cochran, W.G. 1938. The analysis of groups of experiments. J. Agric. Sci. Camb. 28: 556-580.

A P E N D I C E

Cuadro A.1 Valores medios para floración al 50 por ciento (F 50 %), madurez fisiológica (M. F.) y llenado de grano (Ll. G.) en los ambientes de prueba.

No. G.	BV-87		BV-88		BV-89		BV-89		BV-87		BV-89	
	F 50 %	F 50 %	F 50 %	F 50 %	F 50 %	M. F.	M. F.	M. F.	Ll. G.	Ll. G.	M. F.	Ll. G.
1	113.00	124.33	111.67	135.00	156.67	21.00	45.00					
2	111.00	124.33	112.00	140.33	155.00	31.00	43.00					
3	123.00	129.00	119.00	147.00	155.00	24.00	36.00					
4	114.00	127.33	114.67	138.33	154.00	24.33	39.33					
5	111.67	124.00	119.33	143.67	155.00	32.00	35.67					
6	112.67	121.33	109.00	142.00	151.67	29.33	42.67					
7	107.67	121.00	114.00	135.00	156.00	27.33	42.00					
8	114.00	125.67	114.67	139.00	156.33	25.00	41.67					
9	111.67	125.67	115.00	138.33	159.00	26.67	44.00					
10	112.67	124.33	114.33	137.67	155.33	25.00	41.00					
11	110.00	121.00	113.33	136.67	159.00	26.67	45.67					
12	118.33	130.33	115.67	140.00	156.33	21.67	40.67					
13	112.33	123.67	115.33	138.33	155.00	26.00	39.67					
14	110.67	119.67	110.33	139.33	154.67	28.67	44.33					
15	110.67	122.67	110.33	137.33	156.33	26.67	46.00					
16	109.00	119.67	105.67	141.00	156.33	32.00	50.67					
17	113.33	125.00	109.67	138.33	159.00	25.00	49.33					
18	116.67	123.33	111.00	139.00	159.00	22.33	48.00					
19	111.00	119.00	115.67	142.00	159.00	31.00	43.33					
20	105.33	118.67	100.00	136.00	154.00	30.67	54.00					
21	110.33	122.00	109.33	137.33	157.67	27.00	48.33					
22	111.33	119.33	113.00	139.33	157.67	28.00	44.67					

Cuadro A.2 Valores medios para el índice de cosecha en seis ambientes.

NO. G.	BV-87	BV-89	BV-89	VN-87	VN-89	OC-87
1	0.16	0.26	0.29	0.21	0.24	0.25
2	0.15	0.21	0.31	0.20	0.22	0.23
3	0.16	0.16	0.29	0.19	0.22	0.32
4	0.10	0.11	0.24	0.22	0.20	0.28
5	0.13	0.24	0.28	0.19	0.27	0.30
6	0.14	0.21	0.28	0.22	0.24	0.25
7	0.11	0.19	0.28	0.26	0.25	0.28
8	0.14	0.18	0.24	0.21	0.23	0.21
9	0.13	0.19	0.23	0.22	0.19	0.27
10	0.13	0.14	0.26	0.19	0.30	0.22
11	0.15	0.16	0.34	0.23	0.27	0.17
12	0.11	0.13	0.28	0.16	0.21	0.27
13	0.13	0.15	0.26	0.21	0.26	0.25
14	0.18	0.15	0.29	0.23	0.29	0.21
15	0.14	0.20	0.26	0.27	0.30	0.22
16	0.23	0.20	0.26	0.25	0.21	0.25
17	0.15	0.10	0.22	0.19	0.20	0.39
18	0.12	0.16	0.27	0.21	0.28	0.16
19	0.12	0.25	0.26	0.19	0.22	0.32
20	0.17	0.33	0.22	0.29	0.38	0.39
21	0.16	0.20	0.26	0.19	0.29	0.26
22	0.16	0.19	0.27	0.20	0.28	0.28

Cuadro A.3 Valores medios para altura de planta en siete ambientes.

No. S.	BV-87	BV-89	BV-89	VN-89	DC-87	DC-89	MZ-89
1	64.80	55.47	50.67	42.00	50.53	61.67	55.10
2	69.47	64.27	59.33	60.17	55.73	67.67	62.97
3	113.47	91.60	87.07	89.00	84.07	107.97	87.20
4	86.00	80.80	73.80	61.53	64.33	79.77	74.50
5	99.20	76.70	70.33	56.33	59.87	73.17	77.20
6	93.67	82.40	74.20	69.33	67.40	92.73	80.30
7	81.53	75.77	66.73	64.67	63.73	79.30	66.67
8	85.00	85.93	80.27	67.67	63.73	87.53	73.30
9	75.80	62.83	64.93	54.77	64.93	74.40	61.63
10	78.53	70.60	63.13	49.00	59.07	89.40	69.77
11	67.47	63.13	56.93	67.00	59.47	66.30	56.97
12	84.20	69.73	61.33	57.20	48.67	64.27	68.53
13	82.87	78.67	72.57	61.93	63.27	86.53	77.87
14	90.53	74.13	71.47	63.50	61.53	79.53	70.97
15	77.60	70.20	63.00	61.83	54.80	66.63	67.63
16	79.07	82.83	71.20	65.83	66.27	86.30	70.63
17	74.73	75.70	66.87	54.00	62.47	74.97	57.40
18	81.40	76.83	63.07	64.50	48.67	75.50	62.30
19	82.53	66.10	68.60	47.67	55.60	76.63	66.20
20	63.13	44.73	44.27	37.00	41.40	57.30	41.73
21	73.80	74.33	54.33	51.00	53.53	60.27	58.10
22	82.60	82.47	60.60	59.33	66.80	75.83	69.53