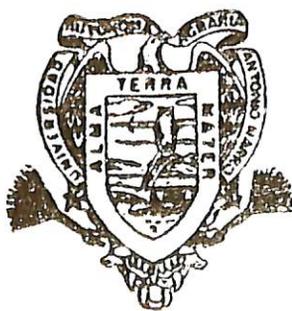


INTERACCION GENOTIPO-AMBIENTE
PARAMETROS FISIOTECNICOS Y CORRELACIONES
ENTRE CARACTERES AGRONOMICOS
MORFOFISIOLOGICOS EN CARTAMO
(Carthamus tinctorius L.)

JOSE SANTIAGO VALENZUELA REY

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.

FEBRERO DE 1990

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

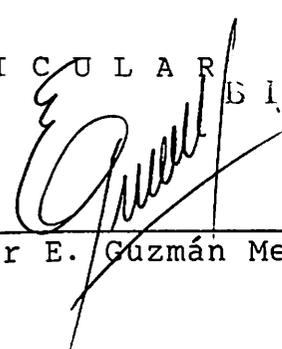
Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO DE SÁNCHEZ"

MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO



COMITE PARTICULAR BIBLIOTECARIO

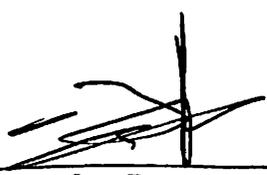
Asesor principal:

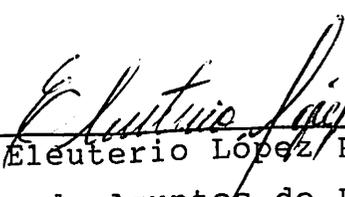

Ing. M.C. Edgar E. Guzmán Medrano

Asesor:


Ph.D. Sathyanarayanaiah Kuruvadi

Asesor:


Ing. M.C. Fernando Borrego Escalante


Ph.D. Eleuterio López Pérez
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Febrero de 1990

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi ALMA MATER, por brindarme la oportunidad de continuar en el sendero de mi superación personal.

Al Ph.D. Eleuterio López Pérez, por su valiosa ayuda y estímulo brindado para culminar el presente trabajo.

De quien heredé parte de sus conocimientos: Ing. M.C. Edgar E. Guzmán M., Ing. M.C. Fernando Borrego E., Ing. M.C. José Luz Chávez Araujo, Ing. Mauro Hernández S., Ph.D. Sathyanarayanaiah K. y Ph.D. Eleuterio López Pérez.

Al Ing. M.C. Armando Espinoza B., Ing. M.C. Heriberto Quirarte R., Ing. Misael López L., Ing. M.C. Manlio Ramírez R., e Ing. M.C. Alejandro Martínez, por brindarme la oportunidad de culminar el presente trabajo, y su amistad inmerecida.

A la Ing. Alma Rosa Peña Contreras y a Lucy Martínez M., por su amistad, apoyo y compañerismo brindado durante la estancia en el postgrado.

A mi esposa Magdalena, por u perseverante apoyo durante el desarrollo de mis estudios de postgrado.

Al Ing. Ricardo Aguilera, por sus valiosos consejos.

A Letty Ayala, por su valiosa participación en el mecanografiado de esta tesis.

Gracias a todos: Dios los bendiga

DEDICATORIA

Con amor

A mis Padres

Santiago Valenzuela Chía

Carmen Rey Torres

Por su Amor Perseverante

A mi Esposa

M^a Magdalena García Escobedo

En Especial

A mis Hijos:

Sinhué

Santiago

Hafid

Con profundo cariño a mis abuelos paternos y maternos

Emeterio Valenzuela (+)

Donaciano Rey (+)

Paula Chía (+)

Celia Torres (+)

A la memoria de mi hijo:

Francisco Manuel

COMPENDIO

Interacción Genotipo-Ambiente, Parámetros Fisiotécnicos
y Correlaciones Entre Caracteres Agronómicos
Morfofisiológicos en Cártamo
(Carthamus tinctorius L.)

Por

JOSE SANTIAGO VALENZUELA REY

MAESTRIA EN
FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. FEBRERO 1990

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

Palabras clave: cártamo, genotipo, ambiente, interacción, parámetros fisiotécnicos, correlaciones.

Veintidos genotipos fueron evaluados en tres ambientes usando un diseño de bloques al azar, con el objetivo de clasificarlos por su estabilidad, estudiar la interacción entre el genotipo y el ambiente, determinar algunos parámetros fisiotécnicos y correlaciones entre caracteres agronómicos - morfofisiológicos.

El análisis de varianza combinado indicó diferencias altamente significativas entre genotipos para: número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo y peso - de 100 semillas. La interacción genotipos por localidades - fue altamente significativa para rendimiento.

La clasificación de genotipos por su grado de estabilidad y consistencia reveló que los genotipos Jordán CM-1082 y Gila respondieron mejor en ambientes favorables; Irán CM-893 y Saffola-208 se comportaron mejor en condiciones desfavorables, mientras que Líbano CM-1098 y Kino-76 mostraron el mismo comportamiento en todos los ambientes.

ABSTRACT

Genotype-Environment Interaction, Physiological
Parameters and Correlations Between Agronomic
Morphological Characters in *Carthamus*
(*Carthamus tinctorius* L.)

By

JOSE SANTIAGO VALENZUELA REY

MASTER OF SCIENCE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. FEBRUARY, 1990

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

Key words: *Carthamus*, genotype, environment,
interaction, physiotechnical parameters,
correlations.

Twenty two genotypes were evaluated in three -
environments, using a random blocks design, with the objective
to classificate it, considering its stability, to study the
interaction between the genotype and the environment, to -
determine some physiotechnical parameters and correlations
between agronomic morphological characters.

The variance combined analysis indicated high -
significant differences between genotypes to: number of -
chapters per plant, number of seed per chapter and weight -

of 100 seeds. The interaction genotype per locations was highly significant to yield. -

The classification of genotypes for its stability and consistence showed that genotypes Jordan CM-1082 and Gila, showed the best response in favorable environments; Irán CM-893 and Saffola-208, showed the best behaviour in unfavorable conditions, while the Líbano CM-1098 and Kino-76 showed the same behaviour in all environments. -

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FIGURAS	xiv
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	2
REVISION DE LITERATURA	4
INTERACCION GENOTIPO AMBIENTE	4
ADAPTACION Y ADAPTABILIDAD.	5
HOMEOSTASIS, ESTABILIDAD Y PLASTICIDAD.	6
USOS DE LA INTERACCION GENOTIPO AMBIENTE	9
ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO	12
PARAMETROS FISIOTECNICOS.	16
INDICE DE COSECHA (IC).	16
TASA DE ASIMILACION NETA (TAN).	18
INDICE DE AREA FOLIAR (IAF)	18
DETERMINACION DEL AREA FOLIAR	18
RELACION DE AREA FOLIAR (RAF)	19
DURACION DEL AREA FOLIAR (DAF).	20
MATERIALES Y METODOS	22
PROCEDIMIENTO DE LOS EXPERIMENTOS	22
VARIABLES CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO.	24
CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE MAYOR IMPORTANCIA	24
ANALISIS ESTADISTICO.	28
ANALISIS DE VARIANZA INDIVIDUAL	29
ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO.	30
ESTIMACION DE LOS PARAMETROS GENETICOS DEL ANVA COMBINADO.	31
MODELO DE ESTABILIDAD	33
CORRELACIONES	36
RESULTADOS Y DISCUSION.	41
CONCLUSIONES	122
RESUMEN	126
LITERATURA CITADA	129
APENDICE	139

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1	Origen y genealogía del material genético evaluado	22
3.2	Datos agrometeorológicos y coordenadas - geográficas de los ambientes de prueba . .	23
3.3	Fechas de siembra de los ensayos de cada - una de las localidades	24
3.4	Forma del análisis de varianza dado a cada carácter con las esperanzas de cuadrados - medios en un ambiente	29
3.5	Análisis de varianza combinado y esperanza de cuadrados medios para un modelo con am- bientes y variedades aleatorias	32
3.6	Análisis de varianza de parámetros de esta- bilidad	34
3.7	Situaciones posibles de los valores que pue- den tomar los parámetros de estabilidad, se- gún Carballo y Márquez (1970).	37
4.1	Cuadrados medios y coeficientes de varia- ción para diferentes características agronó- micas y fisiotécnicas en las localidades de Venecia, Dgo. (L ₁); Ocampo, Coah. (L ₂); y Buenavista, Coah. (L ₃)	39
4.2	Algunas características cualitativas del - material genético	43

Cuadro No.		Página
4.3	Parámetros genéticos de las características evaluadas en genotipos de cártamo para las localidades correspondientes	49
4.4	Valores medios (\bar{x}), error estandar de las medias ($S\bar{x}$) y coeficiente de variación (CV) de las características evaluadas de genotipos de cártamo en las localidades de prueba	54
4.5	Rangos de las diferentes características estudiadas en los tres ambientes	57
4.6	Valores medios de peso de 100 semillas de los mejores 10 genotipos en cada localidad y del análisis combinado	60
4.7	Valores medios del número de capítulos por planta de los mejores 10 genotipos en cada localidad y del análisis combinado	62
4.8	Valores medios de número de semillas por capítulo de los mejores 10 genotipos en cada localidad y del análisis combinado	64
4.9	Valores medios de rendimiento de los mejores 10 genotipos en cada localidad y del análisis combinado	66
4.10	Correlaciones fenotípicas entre las características evaluadas en la localidad de Venecia, Durango (L1)	69
4.11	Correlaciones fenotípicas entre las características evaluadas en la localidad de Ocampo, Coahuila (L2)	72

Cuadro No.		Página
4.12	Correlaciones fenotípicas entre las caracte rísticas evaluadas en la localidad de Buena vista, Coah. (L ₃)	74
4.13	Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza combinado de 22 ge- notipos de cártamo en las tres localidades. .	78
4.14	Parámetros genéticos de las diferentes caracte rísticas evaluadas en las tres localidades del análisis combinado.	82
4.15	Valores medios (\bar{x}), error estandar ($S\bar{x}$), de las medias y coeficientes de variación de los diferentes parámetros en el análisis combina- do	86
4.16	Valores medios para cuatro características de los mejores 10 genotipos del análisis combina do de tres localidades.	88
4.17	Correlaciones fenotípicas entre las caracte - rísticas en el análisis combinado de las lo- calidades de prueba	92
4.18	Genotipos que fueron comunes en todas las lo calidades para estimar parámetros de estabi- lidad	104
4.19	Análisis de varianza para rendimiento de 22 genotipos de cártamo en tres ambientes para estimar parámetros de estabilidad	105
4.20	Clasificación de los 22 genotipos de cártamo según sus componentes de parámetros de esta- bilidad en tres localidades.	106

Cuadro No.		Página
4.21	Valores predichos para los 22 genotipos de cártamo	108
A.1	Producción y consumo de cártamo. 1977-1987	137
A.2	Producción de cártamo por Entidad Federati- va 1986-1987 (ciclo otoño-invierno)	138

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
4.1	Rendimiento medio esperado para seis variedades de cártamo	109
4.2	Rendimiento medio esperado para seis variedades de cártamo	111
4.3	Rendimiento medio esperado para cinco variedades de cártamo	112
4.4	Rendimiento medio esperado para cinco variedades de cártamo	114

INTRODUCCION

El cártamo (Carthamus tinctorius L.) es una oleaginosa de gran importancia a nivel mundial y se considera ubicada entre las tres primeras, solamente atrás de la soya y el girasol. Los países que más siembran este cultivo son: - India, Egipto, China, Rusia, Estados Unidos y México, y en menor escala Austria, España, Portugal y Turquía.

En la actualidad es la planta oleaginosa con mayor superficie de siembra a nivel nacional y por lo mismo aporta un poco más del 30 por ciento del aceite vegetal de alta calidad y de 20 a 25 por ciento de proteínas, de ahí la importancia que tiene este cultivo en el país, para tratar de disminuir la fuga de divisas por compras de semillas oleaginosas en el extranjero. Uno de los principales objetivos - del mejoramiento genético consiste en aumentar los rendimientos por unidad de superficie; sin embargo, el mejorador se enfrenta en principio al problema de la diversidad ambiental y a la respuesta diferencial relativa que muestran las variedades a dichos ambientes. La manifestación fenotípica de las plantas depende en gran parte del genotipo y del medio que las rodea; la presencia de interacciones entre estos dos factores, en general, hacen difícil el logro y la medida de los avances genéticos en la selección y prueba de

materiales.

En el Estado de Coahuila, zona de influencia inmediata de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), a la fecha faltan estudios sobre el comportamiento del cártamo, dentro del conjunto de ambientes conformado por: - precipitación pluvial, temperaturas, tipos de suelo, aguas de riego, plagas, enfermedades y prácticas culturales. Estos factores pueden tener gran variabilidad no sólo con respecto a las localidades sino también de año en año en las mismas, por lo que los estudios tendientes a conocer la respuesta de las variedades de cártamo cultivadas bajo esta situación, son necesarias, ya que la selección de genotipos apropiados en un ambiente específico puede ejecutarse con facilidad, pero cuando se involucran diversos ambientes en un área de influencia bastante amplia, se incrementa en gran medida la variabilidad ambiental, y la estabilidad de los genotipos no es tan fácilmente conservada por la interacción genético-ambiental, lo que causa dificultad en la selección de un genotipo específico con superioridad en todos los ambientes.

Considerando 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, se ejecutó el presente estudio tratando de lograr los siguientes objetivos.

1. Determinar la estabilidad de un conjunto de genotipos de cártamo, a fin de conocer su comportamiento en adaptación y sensibilidad a cambios -

ambientales.

2. Identificar el grado de interacción genético-ambiental en las localidades de evaluación; asimismo, sus implicaciones en el comportamiento agronómico de los genotipos.
3. Estudiar las correlaciones entre los caracteres de mayor importancia agronómica, y sus relaciones morfofisiológicas.

REVISION DE LITERATURA

Interacción Genotipo-Ambiente

Comstock y Moll (1963) mencionan "puesto que los factores genéticos son inferidos por observaciones sobre el fenotipo y porque es una contribución potencial de efectos de la interacción genotipo-ambiente, está cada vez más involucrada en los problemas de genética cuantitativa y muchos problemas de mejoramiento de plantas". La cooperación activa de fisiólogos, biometristas, genetistas, podría abrir nuevos caminos de investigación que podrían guiar la identificación de los factores físicos y fisiológicos responsables de las interacciones genotipo-ambiente y ser usadas para el provecho futuro.

La interacción genotipo-ambiente (GA) puede definirse como la "falla" de los genotipos para comportarse similarmente en diferentes ambientes. La existencia de la GA y sus efectos en los programas de mejoramiento, son ampliamente reconocidos. La GA reduce la correlación entre el fenotipo y el genotipo, con lo que las inferencias se tornan más complicadas. Todo fitomejorador entiende que la expresión del fenotipo es un reflejo de la interacción del genotipo y del ambiente y que, además, estos dos componentes no son independientes entre sí. Dicho en otras palabras, el fenotipo de un individuo (F) está dado por un efecto genético (G), -

un efecto ambiental (A) y un efecto de interacción entre el genotipo y el ambiente (GA)(Hernández, 1987).

Medio Ambiente

Billings (1952) define el ambiente como la suma de todas las sustancias y fuerzas externas que tienen algún efecto sobre la estructura, crecimiento y reproducción de las plantas.

Allard y Bradshaw (1964) señalan que las variaciones del medio ambiente pueden ser divididas en predecibles e impredecibles. Consideran como predecibles las condiciones permanentes del ambiente, tales como las características ambientales que fluctúan de manera sistemática, como la longitud del día; también consideran como predecibles los aspectos del medio ambiente de la planta como es el caso de la fecha de siembra, densidad de la misma, etc. Por último señalan que son impredecibles todas las fluctuaciones de elementos del clima en función del tiempo, como la cantidad de distribución de las lluvias, variaciones de la temperatura, entre otros.

Adaptación y Adaptabilidad

Wilsie (1962), indica que la adaptación puede definirse como el valor de sobrevivencia de un organismo bajo las condiciones que prevalecen en el habitat en el que se desarrolla, Brewbaker (1967), por su parte, considera la adaptación como sinónimo de potencial de reproducción.

En lo que respecta a la adaptabilidad, Allard (1967) la define como el proceso por el cual individuos, o parte de ellos, poblaciones o especies, cambian de forma o función al cambiar de ambientes, de tal forma que sobreviven mejor bajo determinadas condiciones ambientales.

Matsuo (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, Estabilidad y Plasticidad

Homeostasis es el mecanismo de autorregulación del organismo, el cual le permite estabilizarse ante las variaciones ambientales externas e internas (Lerner, 1954).

El mismo autor indica que los genotipos heterocigóticos de especies alógamas, muestran mayor capacidad de amortiguamiento cuando son sometidos a condiciones ambientales diferentes, mientras que los individuos homocigóticos son más susceptibles a las variaciones incontrolables del ambiente.

Allard y Bradshaw (1964) señalan que existe bastante controversia con respecto al significado del término homeostasis, indicando que una variedad "buena amortiguadora" es -

aquella que puede ajustar su condición genotípica y fenotípica en respuesta a condiciones fluctuantes del ambiente, por lo que en este sentido los términos "homeostasis" y "buena amortiguadora" son hasta cierto punto equivalentes.

Los mismos investigadores mencionan que los genotipos pueden lograr la estabilidad mediante dos formas: 1) amortiguamiento individual, el cual sucede cuando cada individuo que constituye una población tiene buena adaptación a un rango de ambientes, y 2) amortiguamiento poblacional, cuando cada miembro de la variedad se adapta a un rango distinto de ambientes, de tal manera que la flexibilidad surge de la coexistencia de los diferentes genotipos. Lo anterior indica que las poblaciones genéticamente homogéneas, como las líneas homocigóticas y las cruas simples, dependen del amortiguamiento individual para conseguir la estabilidad, mientras que las poblaciones genéticamente heterogéneas, como las variedades de polinización libre, el amortiguamiento puede ser individual o poblacional.

Martínez et al. (1970) sugieren el uso de poblaciones heterogéneas y heterocigóticas para reducir la interacción genotipo-ambiente.

Con relación al concepto de estabilidad, Márquez (1974) enfatiza que desde el punto de vista lógico y convencional, algo estable es aquéllo que no cambia a través del tiempo y del espacio, pero que no obstante desde el

punto de vista de Eberhart y Russell (1966), una variedad estable responde exactamente a las fluctuaciones ambientales y no interacciona con el ambiente.

Bradshaw (1965), al estudiar la estabilidad de los caracteres, conjunta información que revela que el grado de estabilidad varía de un genotipo a otro, de donde infiere que está gobernada genéticamente y por lo tanto, puede ser factible aplicar la selección para conseguirla; mientras 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.

Bucio (1966) reporta que la expresión fenotípica (rendimiento) depende principalmente de un factor genético y uno ambiental, por lo que cualquier cambio, cualitativo o cuantitativo de uno o ambos factores producirá un efecto fenotípico diferente; por tal motivo se les ha denominado factores de variabilidad; en otros casos, algunos genotipos que sobresalen en un ambiente específico y que no sufren cambios por efectos ambientales, se les considera como factores de producción.

Por otro lado, ha sido demostrado que las propiedades homeostáticas o la estabilidad que muestran los diferentes genotipos está bajo control genético, el cual depende directamente de la arquitectura o balance interno del material genético del individuo (Scott, 1967).

Allard (1967), está comprobado que los caracteres cuantitativos se heredan de acuerdo a las leyes de Mendel y que la variación proviene de la acción conjunta del genotipo y del medio.

Russell y Eberhart (1968), consideran que los genotipos son significativamente diferentes en sus interacciones, por lo cual es necesario probarlos en más de una localidad y más de un año, a fin de identificar los genotipos con mayor estabilidad o bien, que muestren la menor interacción.

La importancia de la interacción genético-ambiental será la que el fitomejorador determine de acuerdo a sus intereses; por ejemplo, si requiere de genotipos de buen comportamiento en un amplio rango de ambientes, requerirá de materiales que interaccionen poco; y cuando desea genotipos con buena adaptación sobre ambientes específicos, los materiales presentarán grandes interacciones (Moll y Stuber, 1974).

Usos de la Interacción Genotipo-Ambiente

- A) En la determinación del número óptimo de repeticiones, localidades y años que deberían ser

usados para pruebas de rendimiento.

Hernández (1987) indica que dos repeticiones por localidad debería ser el mínimo por las siguientes razones:

1) permite calcular análisis de varianza dentro de localidades, lo cual puede ayudar en la decisión para recomendaciones locales; 2) permite calcular la varianza del error y coeficiente de variación de cada localidad y además, reduce la DMS haciendo que la presión de selección sea más rigurosa; y 3) permite obtener información valiosa, si parte del experimento se perdiera accidentalmente.

B) Otro uso de la interacción genotipo-ambiente es en la decisión sobre el número de pruebas en programas de mejoramiento.

Con el conocimiento de la GA se puede definir la o las localidades necesarias representativas de la región, para la cual se va a hacer mejoramiento genético. Por ejemplo, si dentro de una región se compara un juego de genotipos en varias localidades y al correr el análisis de varianza con los datos del comportamiento de rendimiento de esos genotipos en esas localidades se encuentra que no hay interacción genotipo por localidades, quiere decir que la región en cuestión es muy similar y que cualquiera de esas localidades es suficiente para evaluar genotipos propios para esa región (Hernández ,1987).

C) La interacción GA en la elección de ambientes óptimos.

Comstock y Moll (1963) indican como la magnitud de la heredabilidad mide la confiabilidad del fenotipo como índice del genotipo, el macro-ambiente en el que un juego de variedades manifieste la heredabilidad más alta, será el mejor sitio para hacer selección.

Así, por ejemplo, Johnson y Frey (1967) emplearon - estimaciones de heredabilidad como un criterio en la selección del sitio de prueba, mientras que Vela y Frey (1972) - utilizaron la heredabilidad y la respuesta esperada a la selección. Ninguno de estos estudios tomó en cuenta el papel que la GA juega en la selección de variedades para un conjunto de ambientes o región en la cual serán usadas. Por - ello Allen et al. (1978) al referirse a la selección del sitio apropiado de prueba, enfáticamente señalan que ambas, - heredabilidad y GA, deben ser consideradas. Lo que estos investigadores sugieren es usar como criterio la heredabilidad y la correlación entre el rendimiento de las variedades en los sitios de prueba y en la región usada bajo escala comercial.

Por su parte, en una forma más explícita, Hamblin - et al. (1980) señalan cuatro importantes criterios en la selección de sitios de prueba, ellos son:

1. El comportamiento de los genotipos seleccionados en las localidades de prueba, corresponda

consistentemente al del área para la cual fueron mejorados.

2. Las diferencias entre genotipos en el sitio de prueba, permitan una fácil discriminación de los mejores.
3. La media de rendimiento de la localidad de prueba sea lo suficientemente alta, para asegurar una adecuada cantidad de semilla para pruebas futuras.
4. La media de rendimiento de la localidad de prueba sea consistente, de tal forma que la semilla sea adecuada cada año.

Hernández (1987) indica que de los cuatro criterios señalados, el primero es el más importante. La selección de localidades de prueba para fines de predicción, ofrecería 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.

Estabilidad del Rendimiento

Los análisis de varianza de ensayos repetidos en tiempo, en espacio o en ambos, en general indican cómo es la GA de una población en estudio. Sin embargo, dicho

análisis de varianza no dice nada acerca del comportamiento de un genotipo en particular. Dado que el fitomejorador tiene que seleccionar de entre una población de líneas o variedades, aquéllas que sean más estables, es necesario un modelo para hacer esa selección. De acuerdo con Finlay y Wilkinson (1963), el comportamiento de una línea o variedad puede ser estable o inestable. Un genotipo estable es aquél cuyo comportamiento promedio no cambia o cambia muy poco, al cambiar el ambiente; esto es, un genotipo estable con respecto a rendimiento, es aquél que rinde prácticamente lo mismo en todos los ambientes a que se somete.

Para Finlay y Wilkinson, una variedad ideal es aquella que rinde bien en ambientes desfavorables y tienen un coeficiente de regresión $b = 1.0$. Estos investigadores consideran que la estabilidad absoluta debería expresarse como $b = 0$, indicando así que los individuos con estas características tienen un comportamiento similar en cualquier ambiente. En su trabajo, estos mismos autores definen las variedades con $b = 1.0$, como de estabilidad promedio y aquellas con $b > 1.0$, como de estabilidad abajo de la promedio.

La técnica de la regresión que mide la respuesta de los individuos en diferentes ambientes, es una forma efectiva de medir y determinar la estabilidad del rendimiento de un genotipo. Sin embargo, Eberhart y Russell (1966) señalan que el coeficiente de regresión no explica toda la varianza, por lo que la estabilidad no debe ser medida sólo con base en la regresión sino que también se deben tomar en

consideración las desviaciones de la regresión. Estos investigadores definen como estables aquellas variedades con coeficientes de regresión $b = 1.0$ y desviaciones de regresión $S_b = 0$. A diferencia de Finlay y Wilkinson, la estabilidad, según Eberhart y Russell, además de que está dada por $b = 1.0$, involucra un segundo parámetro que es S_b . Señalan, además, que si esta característica está bajo control genético, se pueden planear evaluaciones preliminares para identificar los genotipos estables.

Palomo y Molina (1975), estimando parámetros de estabilidad para rendimiento en seis grupos de variedades de algodónero en la Comarca Lagunera, encontraron las mejores variedades con adaptación a ambientes ricos y pobres, así como mejores con resistencia a Verticillium spp.

Castellón (1976) menciona que los parámetros de estabilidad permiten predecir tendencias de respuesta con mayor seguridad que la media varietal por sí sola. También indica que dichos parámetros pueden auxiliar al investigador en la decisión de modificar o abandonar determinados sistemas de selección, y concluye que uno o dos años de evaluación bastan si se aumentan los sitios de observación para definir con mayor precisión las variedades específicas para determinados ambientes.

Oyervides (1980), estudiando el comportamiento de 11 variedades tropicales de maíz y sus cruzas posibles en tres localidades, en función de sus efectos de aptitud combinatoria general y específica y sus parámetros de

estabilidad fenotípica; no encontrando asociación alguna entre los coeficientes de regresión y el rendimiento, ni entre dichos coeficientes y los efectos de aptitud combinatoria general y específica, concluye que los dos principales componentes de la adaptabilidad en maíz, estabilidad y potencial de rendimiento, son características independientes uno de otro y están determinadas por genes diferentes.

Lin et al (1986) mencionan que un genotipo puede ser considerado estable si:

- a) El genotipo se encuentra en un medio ambiente donde la variación es muy pequeña.
- b) Si la respuesta del genotipo al medio ambiente es paralela a la respuesta de todos los genotipos en estudio.
- c) Si el residual medio de un modelo de regresión en el índice ambiental es pequeño.

Medina (1987) indica que la amplia adaptabilidad en los cultivos es deseable siempre y cuando ésta vaya acompañada de la capacidad genética necesaria para producir rendimientos altos y estables durante un cierto período de años y en condiciones ambientales diversas.

Mejía (1987) detectó marcadas diferencias en cuanto al grado de estabilidad y nivel de rendimiento en variedades de sorgo, indicando que la adaptabilidad de cada variedad puede estar determinada por la combinación de ambos

caracteres con lo cual se pueden desarrollar materiales con alta estabilidad y alto potencial de rendimiento.

Parámetros Fisiotécnicos

El rendimiento no es el mejor criterio de selección, puesto que es necesario considerar la eficiencia de la planta, independientemente del intervalo de tiempo utilizado y de la manera en que se decida tomar la muestra; el análisis de crecimiento usualmente se refiere a un análisis matemático de la variación en peso seco y área foliar de los organismos en función del tiempo (Went, 1957) que permiten estimar el flujo de energía interceptada y elaborada, los cuales se relacionan con los siguientes parámetros que según Brinkman y Frey (1977) son los que constituyen un análisis de crecimiento: tasa de asimilación neta (TAN); tasa de crecimiento del cultivo (TCC); tasa relativa de crecimiento (TRC); índice de área foliar (IAF); relación de área foliar (RAF); duración de área foliar (DAF).

Índice de Cosecha (IC)

El índice de cosecha, aunque no forma parte esencial de un análisis de crecimiento, puede ser utilizado para medir la eficiencia de un individuo para desarrollar cierta actividad (Prieto, 1988).

Donald (1962) definió el IC como la relación del peso del grano sobre el total del peso de la planta a la madurez del cultivo ($IC = \text{rendimiento económico} / \text{rendimiento}$

biológico). Sin embargo, Donald y Hamblin (1976) señalan - que este índice ya había sido definido hace 60 años por Beaven, como "coeficiente de migración", que viene siendo la can - tidad de materia seca producida que es acumulada en el gra - no.

Este índice es de reciente uso como criterio de selección en los programas de mejoramiento. Así, Wallace et al. (1972), señalan que el mejoramiento del IC presenta incrementos en la capacidad fisiológica para movilizar fotosintatos a los órganos que tienen importancia económica.

Fischer y Kertesz (1976) concluyeron que la densidad de población afectó menos al IC que al rendimiento de grano, en un trabajo con plantas de trigo espaciadas, y en microparcels para ver las características del rendimiento de grano e IC, siendo éste el objetivo principal.

Ellos mismos mencionan al IC como un mejor indicador del rendimiento de grano en parcelas grandes.

Bhatt (1977) demostró la eficiencia del IC como criterio de selección, pues encontró que la selección para alto y bajo IC fué eficiente para separar progenies de rendimiento alto y bajo respectivamente; al mismo tiempo encontró que la selección individual de plantas F_2 con un IC alto, mantuvo suficiente variabilidad para selecciones futuras de IC altos en generaciones F_3 , no así las selecciones F_2 para IC bajo.

Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Williams (1946) la define como la tasa de incremento en el peso seco de una planta por unidad de material creciente activo; además señala que es lógico basarlo sobre un atributo de la planta que se relacione con la asimilación del carbono y por lo tanto, en la producción de materia seca.

Buttery y Buzzell (1972) señalan que la TAN es una medición aproximada de la fotosíntesis neta y que tiene la ventaja de poder ser estimada en plantas creciendo en el campo.

Índice de Área Foliar (IAF)

Watson (1952) fue el primero en expresar a la cubierta fotosintética en una comunidad, como una relación de área foliar con el área de terreno en donde crece esa área foliar; lo llamó Índice de Área Foliar y es especialmente importante en el estudio del crecimiento de comunidades de plantas o para el estudio de la intercepción de luz por el dosel vegetal. Este índice también se utiliza como una medida de frondosidad de la planta (Crofts et al., 1971).

Determinación del Área Foliar

Sepaskha (1977) menciona que la medición correcta del área foliar para estudios fisiológicos y agronómicos del cártamo (C. tinctorius L.) es importante. Usando el análisis de regresión de las mediciones de hojas (largo y ancho) para el desarrollo de predicción de las ecuaciones, involucró

tres variables independientes para la estimación individual y total del área foliar. El área foliar de plantas creciendo en condiciones de invernadero fue medida por un planímetro óptico. Las ecuaciones de predicción derivadas para variables independientes incluyeron largo x ancho (LW), largo al cuadrado (L^2), o ancho al cuadrado (W^2) fueron satisfactorias para la estimación del área de cultivares.

Mehrotra et al. (1978) determinaron el área foliar en cártamo usando la ecuación $AF = 0.87 \times L \times B$, donde L = longitud de la hoja y B = anchura media a 25, 50 y 75 por ciento de la longitud de la hoja, reportando que esa ecuación dió valores similares del área de la hoja a aquéllos obtenidos por el planímetro.

Relación de Area Foliar (RAF)

La RAF describe el tamaño relativo del aparato asimilatorio por lo que Radford (1967) señala que puede considerarse constituida por dos componentes:

- 1) La relación de peso foliar y el peso total de la planta (distribución diferencial de productos fotosintéticos entre el crecimiento foliar y el crecimiento de otros órganos de la planta).
- 2) La relación del área foliar y el peso foliar (diferencias de grosor de las hojas).

Brinkman y Frey (1977) la utilizan como una medida del tamaño del área fotosintética.

Duración del Area Foliar (DAF)

Watson (1958) llamó a la integral de la curva del TAF contra el tiempo, para un período determinado como duración del área foliar y la consideró como la "oportunidad completa para la asimilación" que el cultivo tiene durante el período en cuestión.

Si se llegara a conocer la DAF que generalmente se mide en semanas, y la TAN media en ese período, la producción final puede predecirse por medio de la siguiente fórmula (Hunt, 1978):

$$\text{Rendimiento} = \text{DAF} \times \text{TAN}$$

MATERIALES Y METODOS

Los materiales empleados en el presente estudio constituyeron 22 variedades de la Colección Mundial de Cártamo (Cuadro 3.1), facilitados por el Grupo Interdisciplinario de Investigación en Oleaginosas, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), consistiendo en materiales introducidos en su mayoría, así como comerciales nacionales.

Los experimentos fueron tres ensayos sembrados cada uno en una localidad diferente, constituyendo, por lo tanto, tres ambientes de prueba con características climáticas diferentes, pero dentro de una región amplia y mediata a la UAAAN, con influencia directa de la institución en cuanto a investigación y desarrollo. Las localidades fueron nominadas por su fácil manejo con literales de L_1 a L_3 quedando en el siguiente orden: Venecia, Durango (L_1), Ocampo, Coahuila (L_2) y Buenavista, Coahuila (L_3).

Las características agrometeorológicas y la ubicación geográfica dentro del país, se encuentran en el Cuadro 3.2.

Procedimiento de los Experimentos

El diseño experimental consistió de bloques al azar con tres repeticiones para cada ambiente de prueba.

Cuadro 3.1. Origen y genealogía del material genético evaluado.

No. de genotipo	Origen	Genealogía
1	India	CM-73
2	Paquistán	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	Noroeste
21	Nacional	Gila
22	Nacional	Sáffola-208

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

No	Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Precipitación pluvial (mm)	Temperatura media (°C)
1	Venecia, Dgo.	24°28'N	104°18'W	1110	45.0	22.8
2	Ocampo, Coah.	27°27'N	101°23'W	1200	35.85	15.86
3	Buenavista, Coah.	25°22'N	101°02'W	1743	54.04	17.84

Nota: Los datos de temperatura y precipitación pluvial corresponden al período que duró el cultivo establecido.

La unidad experimental fue uniforme en los ambientes de L₂ y L₃ y constituida por cuatro surcos de tres metros de longitud con 0.75 m y 0.10 m de distancia entre surcos y plantas respectivamente, con una superficie de 9.0 m². Como parcela útil se consideraron los dos surcos centrales y en los mismos surcos se eliminaron 0.5 m en cada extremo para eliminar el efecto de orilla, obteniéndose una superficie neta de 3.0 m² con 40 plantas en competencia completa.

Para el ambiente uno correspondiente a la localidad de Venecia, Durango, la siembra se efectuó en cama melonera siendo la distancia entre camas de 0.8 m, variando así la densidad de plantas por hectárea de 125,000 para esta localidad y de 133,333 para los demás ambientes de prueba.

Las condiciones de manejo de cultivo fueron similares en todos los ambientes, difiriendo solamente con respecto a la fecha de siembra, como puede observarse en el Cuadro 3.3, tales fechas se determinaron tomando en consideración las establecidas para los cultivos de otoño-invierno en cada una de las localidades. En cada localidad se siguió

Cuadro 3.3. Fechas de siembra de los ensayos de cada una de las localidades.

No.	Localidad	Fecha de siembra
1	Venecia, Dgo.	28 de enero de 1987
2	Ocampo, Coahuila	20 de febrero de 1987
3	Buenavista, Coahuila	2 de marzo de 1987

el mismo criterio en cuanto a las demás labores, así como los criterios de riego, siendo uno de presiembra y tres de auxilio a intervalos de 35 días aproximadamente. Solamente con respecto a fertilización se aplicó un solo tratamiento en las tres localidades, consistente en la fórmula 80-60-00 en la cual la fuente de nitrógeno fue la urea al 46 por ciento, y la del fósforo el superfosfato simple al 20.5 por ciento.

VARIABLES CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO

En el presente trabajo se tomaron en consideración siete características agronómicas, cuatro componentes de rendimiento y dos parámetros fisiotécnicos, estos últimos tomados sólo en Buenavista, Coahuila.

Características Agronómicas de Mayor Importancia

Altura de Planta

Se tomó en cuenta la distancia en centímetros desde la superficie del suelo hasta la parte en que se une el tallo al capítulo del eje central, se tomaron medidas en un promedio de cinco plantas al azar de cada parcela, cuando

las plantas se encontraban en la etapa de madurez fisiológica.

Inicio de Floración

Este carácter se tomó al momento en que aparecieron las primeras flores en cada parcela, que generalmente fueron las del capítulo del eje central.

Días a Floración al 50 Por Ciento

Se consideró el período en días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que un 50 por ciento de las plantas de cada parcela estuvo en antesis.

Días a Madurez Fisiológica

Por este carácter se obtuvo el valor medio del período vegetativo de cada material. Constituido por los días transcurridos de la siembra hasta el llenado total de grano, tomando en cuenta que una planta tenía madurez fisiológica cuando las brácteas de las cabezuelas se tornan de una coloración café, signo inequívoco de que ya no se transportan nutrientes a las semillas, se consideró fecha de madurez fisiológica de una parcela cuando el total de las plantas que la constituían presentaban la coloración característica.

Período de Llenado de Grano

Se obtuvo restando a los días a madurez fisiológica los días a floración, obteniéndose el valor promedio para cada material.

Rendimiento Biológico

Se llevaron a peso seco constante 10 plantas cosechadas al azar de cada parcela y en gramos se obtuvo el rendimiento biológico por planta.

Indice de Cosecha

Se utilizó la relación rendimiento económico/rendimiento biológico determinándose los valores promedio de cada tratamiento (Donald y Hamblin, 1976).

El carácter período de llenado de grano, consecuencia de los días a floración y madurez, no pudo ser tomado en la localidad de Ocampo Coahuila (L₂), así como también el carácter inicio de floración en la L₁, localidad correspondiente a Venecia, Durango. Esto por circunstancias fuera del control voluntario para hacer visitas a los sitios de evaluación de los materiales.

Componentes de Rendimiento

Al momento de la cosecha se determinaron en cada parcela de las tres repeticiones en cada localidad, los siguientes caracteres asociados con rendimiento:

Número de Capítulos por Planta

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 de cada parcela útil.

Número de Semillas por Capítulo

Se consideró como el promedio de las semillas de 50 capítulos tomados al azar de las cinco plantas a las que se les contó su número de capítulos.

Peso de 100 Semillas

Se contaron 100 semillas de cada genotipo y se pesaron en la balanza analítica, tomando en cuenta tres decimales. Se obtuvieron valores promedio.

Rendimiento Económico

Se determinó utilizando la balanza analítica, pesando las semillas de las 10 plantas cosechadas de cada parcela, obteniéndose posteriormente el rendimiento económico - por planta en gramos.

Parámetros Fisiotécnicos

Area Foliar en Floración (AF)

Se identificaron dos plantas en competencia en los dos surcos centrales de cada parcela y se determinó el área foliar (cm^2) promedio por planta, mediante la suma de las áreas foliares de cada una de las hojas por el método de la cuadrícula, en el cual una hoja de plástico transparente - con una rejilla de puntos equidistantes se colocó sobre las hojas, una vez que el número de puntos se relacionó con el área, se contaron los puntos dentro de cada contorno de hoja y se determinó el área foliar (Burd y Lomas, 1976).

Indice de Area Foliar (IAF)

Se determinó por la fórmula, según Watson (1952)

$$\text{IAF} = \frac{\text{Area foliar de la planta}}{\text{Area de terreno que ocupa esa área}}$$

Una aplicación de insecticida sistémico fue requerida en la localidad de Buenavista, Coahuila (L₃), para controlar una infestación de mosquita blanca (Acanthiophilus spp), que se presentó cuando el cultivo empezaba a formar capítulos, no presentando mayor problema.

Durante el desarrollo del cultivo para las demás localidades (L₁ y L₂), no se tuvo problema en cuanto a plagas, por lo cual no se efectuó ninguna aplicación de insecticidas.

Respecto a enfermedades, no se presentó ningún tipo de ataque en las localidades.

La cosecha se ejecutó manualmente una vez que las plantas presentaron madurez fisiológica.

Análisis Estadístico

Se ejecutó un análisis de varianza de cada experimento individualmente para bloques al azar y el análisis combinado de los diferentes ambientes de prueba; además, se efectuaron los análisis de la interacción genético-ambiental, por el modelo II de Eberhart y Russell (1966).

Análisis de Varianza Individual

Modelo lineal usado para el análisis de varianza para cada ambiente, (Cuadro 3.4) bajo el diseño de bloques al azar.

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

$$i = 1, 2, \dots, t \text{ (tratamientos)}$$

$$j = 1, 2, \dots, r \text{ (repeticiones)}$$

donde: Y_{ij} = observación el i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición

μ = media general del carácter en estudio

α_i = efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = efecto de la j -ésima repetición

ϵ_{ij} = efecto del error experimental.

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

$$\alpha_i \sim \text{NDI} (0, \sigma^2_i)$$

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

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

Cuadro 3.4. Forma del análisis de varianza dado a cada carácter con las esperanzas de cuadrados medios en un ambiente.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Esperanza de Cuadrados Medios
Repeticiones	$(r - 1)$	M_3	$\sigma_e^2 + t \sigma_r^2$
Tratamientos	$(t - 1)$	M_2	$\sigma_e^2 + r \sigma_t^2$
Error	$(r-1)(t-1)$	M_1	σ_e^2
Total	$tr - 1$		

Las pruebas de significancia de F para las fuentes de variación del Cuadro 3.4 se realizaron de la siguiente forma:

M_1 fue el cuadrado medio del error para probar M_2

La estimación del valor de la varianza genética para cada carácter se obtuvo por el siguiente procedimiento:

$$\sigma^2_g = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

donde: M_2 = cuadrado medio del carácter en cuestión

M_1 = cuadrado medio del error

r = número de repeticiones

El valor de la varianza fenotípica se obtuvo por la siguiente ecuación:

$$\sigma^2_{ph} = \frac{\sigma^2_e}{r} + \sigma^2_g$$

Los valores de heredabilidad en sentido amplio se calcularon en porcentaje:

$$\text{Porcentaje de heredabilidad} = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_{ph}} \times 100$$

Análisis de Varianza Combinado

El presente análisis se llevó a efecto a partir de los análisis individuales por cada ambiente, a fin de determinar la utilidad de los genotipos en los ambientes de prueba donde se establecieron los ensayos, estimar diferencia de ambientes entre localidades y la interacción de la

variable de interés con estos ambientes.

Modelo Lineal Empleado en el Análisis Combinado

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

$i = 1, 2, \dots$, genotipos

$j = 1, 2, \dots$, repeticiones

$k = 1, 2, \dots$, ambientes

donde: Y_{ijk} = observación del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición en el k -ésimo ambiente

μ = media general

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento, donde

$$T_i \sim \text{DNI}(0, \sigma^2_t)$$

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

L_k = efecto del k -ésimo ambiente, donde $L_k \sim \text{DNI}(0, \sigma^2_{Lk})$

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

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

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

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

$k = 1, 2, \dots, a$ (ambientes)

La estimación de los parámetros genéticos del análisis combinado (Cuadro 3.5) se ejecutó de la siguiente forma:

$$\hat{\sigma}^2_g = \frac{M_3 - M_2}{ra}$$

$$\hat{\sigma}^2_{ge} = \frac{M^2 - M_1}{r}$$

$$\hat{\sigma}_{ph} = \sigma^2g + \frac{\sigma^2e}{r} + \frac{\sigma^2ge}{ra}$$

$$\% \hat{H} = \frac{\sigma^2g}{\sigma^2_{ph}} \times 100$$

donde: $\sigma^2 e$ = varianza del error = M_1 del cuadro 3.5.

r = número de repeticiones

a = número de ambientes.

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

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Esperanza de cuadrados medicos
Ambiente	(a-1)	M_5	$\sigma^2e + r\sigma^2_{TA} + t\sigma^2_{R/A} + r t\sigma^2_A$
Rep./amb.	(r-1)a	M_4	$\sigma^2e + t\sigma^2_{R/A}$
Tratamientos	(t-1)	M_3	$\sigma^2e + r\sigma^2_{TA} + ra\sigma^2_T$
Trat. x amb.	(t-1)(a-1)	M_2	$\sigma^2e + r\sigma^2_{TA}$
Error	(t-1)(r-1)a	M_1	σ^2e
Total			

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

$$\chi^2 c = \frac{M}{C} \quad (\text{Little y Hills, 1985})$$

donde: $M = 2.3026 (\sum g.1. \times \log \bar{S}_i^2) - (g.1. \times \text{ambiente} \times \sum \log S_i^2)$

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 varianza individuales

$\sum \log S_i^2$ = Sumatoria de los logaritmos de los cuadrados medios

codificados del error en los análisis de varianza individuales

$$C = 1 + \frac{1}{3(n-1)} \frac{n}{gl \text{ por ambiente}} - \frac{1}{\sum gl}$$

donde: 3 = constante

n = número de ambientes

La estabilidad se determinó utilizando el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966)

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

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

μ_i = media de la i-ésima variedad en todos los ambientes

β_i = coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i-ésima variedad sobre 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

δ_{ij} = desviación de regresión de la i-ésima variedad en el j-ésimo ambiente

El primer parámetro de estabilidad es un coeficiente de regresión estimado

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

Cuadro 3.6. Análisis de varianza de parámetros de estabilidad

Fuente de variación	Grados de libertad		Cuadrados medios
Variedades	(v - 1)		M ₁
Ambientes	(a - 1)	v(a - 1)	
Var. x amb.	(v-1)(a-1)		
Ambientes (lineal)	1		
Var. x amb. (lineal)	v - 1		M ₃
Desviación conjunta	v(a - 2)		M ₂
Variedad 1	a - 2		
⋮	⋮		
Variedad v	a - 2		
Error conjunto	a(r-1)(v-1)		M ₁
Total	av - 1		

El comportamiento de cada variedad (Cuadro 3.6) 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 varietal μ_i

Se elevaron al cuadrado las desviaciones $S_{ij} = (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})$ y se sumaron para obtener un estimador del parámetro de estabilidad S^2_{di} que fue

$$S^2_{di} = \sum_j \hat{S}^2_{ij} / (n-2) - S^2_e / r$$

donde: S^2 = estimador del error conjunto (varianza de la media de una variedad en el ambiente j)

r = número de repeticiones en cada ambiente j

$$\sum_j S_{ij}^2 = \left(\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{Y_i^2}{n} \right) - \left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2 / \sum_j I_j$$

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

- 1º Variación debida a la respuesta (lineal) que tendrá una variedad en índices ambientales variados (suma de cuadrados debidas a regresión).
- 2º Desviaciones inexplicables de la regresión sobre el índice ambiental

Pruebas de Hipótesis

Igualdad de Medias

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

Se efectuó mediante la prueba de F

$$F = M_4 / M_2$$

Igualdad de Coeficientes de Regresión

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

La F que se usó fue:

$$F = M_3 / M_2$$

Desviaciones de Regresión Igual a Cero Para Cada Variedad

Se obtuvieron de la siguiente forma:

$$F = (\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2 / n - 2) / \text{error ponderado}$$

Coeficiente de Regresión

El coeficiente de regresión para cada variedad no es diferente de la unidad: $B = 1.0$, para $i = 1, 2, \dots, v$; esta

hipótesis se probó con:

$$t = \frac{b_i - 1}{S_{b_i}} ; \text{ donde } S_{b_i} = \frac{S^2 d_i}{\sum_j I_j}$$

Consistencia de los Materiales

La consistencia de los materiales se determinó a través de la tabla propuesta por Carballo y Márquez (1970) que conjunta los parámetros de estabilidad (Cuadro 3.7).

Correlaciones

Además de los análisis estadísticos mencionados, se obtuvieron los coeficientes de correlación entre los parámetros calculados, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\Sigma XY}{(\Sigma X^2)(\Sigma Y^2)}$$

donde: r = coeficiente de correlación que mide el grado de asociación entre las variables X e Y

$$\Sigma XY = \Sigma (X - \bar{X})(Y - \bar{Y}) = \Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)/n$$

$$\Sigma X = \Sigma (X - \bar{X})^2 = \Sigma X = (\Sigma X)^2/n$$

$$\Sigma Y = \Sigma (Y - \bar{Y})^2 = \Sigma Y = (\Sigma Y)^2/n$$

donde: X = observación individual de la variable X

Y = observación individual de la variable Y

\bar{X} = media de la variable X

\bar{Y} = media de la variable Y

n = número de observaciones

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 e inconsistente
c	$B_i < 1$	$S^2 d_i = 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente
d	$B_i < 1$	$S^2 d_i > 0$	Responde mejor en ambientes desfavorables e inconsistente
e	$B_i > 1$	$S^2 d_i = 0$	Responde mejor en buenos ambientes y consistente
f	$B_i > 1$	$S^2 d_i > 0$	Responde mejor en buenos ambientes e inconsistente

RESULTADOS Y DISCUSION

Los componentes de rendimiento en cártamo son número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo y peso de 1000 semillas. Grafius (1965) sugirió que los componentes de rendimiento pueden ser de gran valor en la información para mejorar el rendimiento de los cultivos. Woodworth (1931) indicó que los rendimientos de granos pequeños pueden aumentarse por selección de los componentes de rendimiento y que los progenitores deben seleccionarse en base a los mejores atributos de los componentes de rendimiento. Rassmusson y Cannel (1970) mencionan que los componentes de rendimiento son influenciados por el medio ambiente y las correlaciones negativas son muy comunes entre ellos, por lo tanto, la selección de un solo componente de rendimiento puede fracasar para obtener selección de plantas superiores.

Joshi et al. (1985) involucran caracteres atribuidos al rendimiento; capítulos por planta, número de semillas por capítulo y rendimiento por planta, y mencionan que los caracteres capítulos por planta, fueron los más efectivos para practicar el mejoramiento en cártamo.

Los análisis de varianza individuales para cada localidad (Cuadro 4.1) demuestran que existen, entre tratamientos, situaciones bastante diferentes respecto a sus valores

Cuadro 4.1. Cuadros medios y coeficientes de variación para diferentes características agronómicas y fisiotécnicas en las localidades de Venecia, Dgo (L₁); Ocampo, Coah. - (L₂); y Buenavista, Coah. (L₃)

Carácter	Tratamiento	Repeticiones	Error	C.V.
Inicio de floración				
L ₃	22.764**	9.531 NS	3.570	1.772
Días a floración al 50%				
L ₁	45.443**	216.844**	14.198	3.211
L ₂	37.530**	0.781 NS	5.546	2.099
Días a madurez fisiológica				
L ₁	28.815 NS	122.75*	24.25	3.71
L ₃	25.326**	6.187 NS	8.282	2.070
Período de llenado de grano				
L ₁	32.620*	40.469 NS	15.263	10.049
L ₃	30.200**	6.056 NS	13.026	13.354
Area foliar en floración (cm²)				
L ₃	922977.4 NS	185760.0 NS	717835.8	41.128
Índice de área foliar				
L ₃	1.443 NS	0.258 NS	1.122	41.129
Altura de planta (cm)				
L ₁	251.030**	134.625*	33.462	8.96
L ₂	255.622**	1054.188**	69.872	14.147
L ₃	452.048**	339.451**	51.835	8.852

Cuadro 4.1.continuación

Carácter	Tratamientos	Repeticiones	Error	C.V.
No. de capítulos por planta				
L ₁	101.942*	203.879*	48.752	33.934
L ₂	62.908**	1.720 NS	26.873	39.035
L ₃	146.209**	676.658**	35.944	20.201
No. de semillas por capítulo				
L ₁	156.345**	7.799 NS	32.590	19.335
L ₂	142.389**	61.720*	18.067	15.860
L ₃	179.851**	484.074**	70.717	38.256
Peso de 100 semillas (gr)				
L ₁	1.020**	0.338 NS	0.154	10.865
L ₂	0.487**	0.709*	0.152	12.109
L ₃	0.3511**	0.0560 NS	0.1109	11.478
Rendimiento biológico (gr)				
L ₁	993.5714**	3141.485**	391.9018	30.396
L ₂	946.851 **	97.434 NS	237.293	39.984
L ₃	1825.988 NS	38615.24**	1559.248	59.461
Rendimiento económico (ton/ha)				
L ₁	0.427**	0.349 NS	0.142	22.529
L ₂	0.806**	0.586*	0.178	37.349
L ₃	0.209*	1.654**	0.102	31.501

Cuadro 4.1.continuación

Carácter	Tratamientos	Repeticiones	Error	C.V.
Índice de cosecha	0.0063 NS	0.0179 NS	0.0047	30.584
L 1	0.0101 NS	0.0440 NS	0.0156	48.702
L 2	0.002304NS	0.016027**	0.002299	33.032
L 3	-			

* Significativo para un nivel de probabilidad del 5%

** Significativo para un nivel de probabilidad del 1%

NS No significativo

CV Coeficiente de variación

U.A.A.A.N.

00338

de alta significancia y no significancia en relación a todas las características evaluadas en cada una de las localidades, esto era de esperarse debido a la amplia gama de variabilidad existente entre los genotipos evaluados (Cuadro 4.2), observándose que los materiales varían desde muy espinosos a glabros de capítulos chicos o grandes, con diferentes alturas de planta y con un color de follaje que oscilaba desde un verde intenso a un verde pálido, tales características son importantes de tomarse en cuenta, sobre todo su índice de espinosidad que además de proveer resistencia al ataque de pájaros, existe evidencia de heterosis significativa para este carácter.

Ramachandram y Goud (1981) estudiaron el índice de espinosidad y sus componentes (número de espinas y largo sobre las brácteas del involucre externo de capítulos primarios y secundarios) en un dialélico de 11 padres en Carthamus tinctorius incluyendo sus recíprocos, encontrando heterosis significativa para número de espinas, longitud e índice, la acción génica aditiva fue importante, reflejando alta heredabilidad de índice de espinosidad y sus componentes; la varianza de la Aptitud Combinatoria General (ACG) fue más grande que la Aptitud Combinatoria Específica (ACE).

El análisis de varianza de la localidad uno correspondiente a Venecia, Durango (Cuadro 4.1), entre tratamientos se encontró diferencia altamente significativa en los componentes de rendimiento, número de semillas por capítulo, peso de 100 semillas y rendimiento económico, así como los

Cuadro 4.2. Algunas características cualitativas del material genético

No. de genotipo	Grado de espinosidad	Color de follaje	Tamaño de capítulo
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

caracteres rendimiento biológico, días a floración al 50 - por ciento y altura de planta. Se expresó diferencia significativa para el período de llenado de grano y número de capítulos por planta y no se encontró ninguna significancia estadística en la característica de días a madurez fisiológica e índice de cosecha. Esto facilita la selección entre genotipos por la respuesta diferencial entre ellos, por lo que la probabilidad de estar dentro de lo acertado en la selección es bastante grande y especialmente para las características que mostraron diferencias altamente significativas y en menor grado, pero con grandes posibilidades, se facilita también la selección para rendimiento, ya que los genotipos superiores se significaron ostensiblemente con resultados significativos. Para las características días a floración al 50 por ciento y rendimiento biológico, se encontró en esta localidad diferencias altamente significativas y significativas para altura de planta y número de capítulos por planta, con respecto a bloques o repeticiones, lo que demuestra que el diseño experimental utilizado fue el adecuado.

En la localidad dos, ubicada en Ocampo Coahuila, se encontraron diferencias altamente significativas entre genotipos en la mayoría de las características evaluadas en esta localidad, tales como: altura de planta, número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo, peso de 100 semillas, rendimiento biológico y rendimiento económico, y ningún tipo de significancia para el índice de cosecha. Se observa también que el efecto ambiental expresado como -

diferencia sólo significativa para las características - número de semillas por capítulo, peso de 100 semillas y rendimiento económico, son de gran importancia, ya que la variabilidad de alta significancia mostrada entre repeticiones - para altura de planta, pudo afectar la expresión genotípica de características tan importantes como lo es el índice de cosecha, que en esta localidad no mostró ningún tipo de significancia. Sin embargo, es uno de los mejores indicadores del rendimiento de grano. Fischer y Kertesz (1976).

La presencia de una gran variabilidad considerable del índice de cosecha y su correlación positiva con el rendimiento de grano fue observada por Singh y Stoskopf (1971) - y sugieren la posibilidad de mejoramiento genético de este índice por lo cual Bhatt (1977) demuestra la eficiencia de éste como criterio de selección al encontrar que la selección para alto y bajo TC fue eficiente para separar progenies de rendimiento alto y bajo, respectivamente.

En la localidad tres, situada en Buenavista, Coahuila, los tratamientos mostraron diferencias altamente significativas en ocho características: inicio de floración, días a floración al 50 por ciento, días a madurez fisiológica, período de llenado de grano, altura de planta, número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo y peso de 100 semillas; estos tres últimos caracteres correspondientes a los componentes más importantes del rendimiento. Se encontró diferencia significativa sólo en el carácter rendimiento económico. Esta localidad mostró influencia ambiental por su

variabilidad entre repeticiones en seis características: altura de planta, número de capítulos por planta, número de -semillas por capítulo, rendimiento biológico, económico e -índice de cosecha, mismas que se reflejaron optimizando así la expresión genotípica para estos caracteres, no sucediendo así con el rendimiento biológico e índice de cosecha, pero su evidencia puede resultar ventajoso. Se observa en esta -localidad no significancia entre tratamientos ni repeticio-nes para los caracteres relacionados con la eficiencia fotoosintética, es decir, con el área foliar e índice de área fooliar, posiblemente no significancia puede ser atribuida a -que se tomó un solo muestreo que se realizó en la etapa de floración y cuyo tamaño de muestra no fue lo suficientemente grande ni representativa de la población para haber obtenido tal resultado.

Hunt (1978) menciona que la eficiencia fotosintética puede calcularse de las relaciones existentes entre la fotoosíntesis neta y el tamaño del aparato fotosintético, lo -cual para su estimación es la medición del área. La fotosínotesis neta mediante estimaciones indirectas por mediciones en los cambios en la producción de materia seca, puede ser conocida.

Al respecto, el mismo autor indica que la obtención de datos de área foliar y peso seco, puede hacerse de dos -formas:

- 1) El método clásico en el cual los muestreos se realizan en intervalos grandes de tiempo y con tamaño de muestra grande.
- 2) El método funcional con intervalos más cortos y tamaño de muestra más pequeño.

De acuerdo a los resultados mostrados en el Cuadro 4.1 se concluye que con respecto al rendimiento económico, se observaron diferencias altamente significativas y significativas para dos y una localidad, respectivamente. Para el índice de cosecha no se detectó significancia en ninguna de las tres localidades para la fuente de variación tratamientos.

La altura de planta, número de semillas por capítulo y peso de 100 semillas, fueron las características que mostraron consistencia con respecto a sus diferencias altamente significativas, ya que en las tres localidades bajo evaluación obtuvieron ese tipo de significancia.

De acuerdo a estos resultados parciales por localidad, la selección en cada uno de los ambientes debe limitarse al aprovechamiento de la significancia mostrada para cada característica en cada localidad, según sea el caso, por lo que cuando se trata de varios ambientes y se busca seleccionar genotipos con amplio rango de adaptación, es necesario discriminar en una forma global lo indeseable, lo cual solamente es posible a través de la ejecución de un análisis combinado.

Los parámetros genéticos (Cuadro 4.3) calculados para la L_1 , se observa que la varianza genotípica varía de 0.000537 para índice de cosecha a 200.557 para rendimiento biológico. Cabe aclarar que la varianza genética para días a floración al 50 por ciento, altura de planta, número de semillas por capítulo, peso de 100 semillas, rendimiento biológico y económico, es relativamente alta con respecto a la varianza fenotípica para estas características como consecuencia, tenemos que los valores de heredabilidad en sentido amplio son altos para los mismos caracteres, ya que estos valores varían desde 60.6 por ciento para rendimiento biológico, a 86.7 por ciento para altura de planta.

Channeshapa (1980) menciona que en cuatro cruzas estudiadas en F_1 y F_2 y sus retrocruzas para 11 caracteres de cártamo, se observó heterosis para todos los caracteres y ésta fue altamente significativa para rendimiento de semilla por planta.

La heredabilidad calculada para alto porcentaje de capítulos combinó con el alto avance genético esperado.

Contenido de aceite, altura, peso de 100 semillas y capítulos, tuvieron alta heredabilidad, pero el avance genético esperado fue bajo. Esto sugirió que el mejor método de mejoramiento para el cultivo es la hibridación y selección masal.

Ashok (1970) estimó en un estudio de heredabilidad, acción genética y herencia de diferentes características -

Cuadro 4.3. Parámetros genéticos de las características evaluadas en genotipos de cártamo para las localidades correspondientes.

Características	σ^2_e	σ^2_g	σ^2_{ph}	H^2 (%)
No. de capítulos por planta				
L ₁	48.752	17.730	33.981	52.20
L ₂	26.873	12.345	21.303	57.9
L ₃	35.944	36.755	48.736	75.4
No. de semillas por capítulo				
L ₁	32.590	41.252	52.115	79.2
L ₂	18.067	41.441	47.463	87.3
L ₃	70.717	36.378	59.950	60.7
Peso de 100 semillas (g)				
L ₁	0.154	0.289	0.340	85.0
L ₂	0.152	0.112	0.162	69.1
L ₃	0.1109	0.080	0.117	68.4
Rendimiento biológico (g)				
L ₁	391.9018	200.557	331.190	60.6
L ₂	237.293	236.519	315.617	74.9
L ₃	1559.248	88.913	608.663	14.6
Rendimiento económico (ton/ha)				
L ₁	0.142	0.095	0.143	66.4
L ₂	0.178	0.209	0.269	77.7
L ₃	0.102	0.036	0.070	51.4

Cuadro 4.3.continuación

Características	σ^2_e	σ^2_g	σ^2_{ph}	H ² (%)
Indice de cosecha				
L ₁	0.0047	0.000537	0.0020996	25.6
L ₂	0.0156	0.00183	0.00337	54.3
L ₃	0.002299	0.0000017	0.0007681	0.22
Inicio de floración				
L ₃	3.570	6.398	7.588	84.3
Días a floración al 50%				
L ₁	14.198	10.415	15.148	68.8
L ₃	5.546	10.661	12.510	85.2
Días a madurez fisiológica				
L ₁	24.25	1.522	9.605	15.8
L ₃	8.282	5.681	8.442	67.3
Período de llenado de grano				
L ₁	15.263	5.786	10.874	53.2
L ₃	13.026	5.725	10.067	56.9
Area foliar en floración (cm ²)				
L ₃	717835.8	68380.533	307659.13	22.2
Índice de Area Foliar				
L ₃	1.122	0.107	0.481	22.2
Altura de planta (cm)				
L ₁	33.462	72.523	83.677	86.6
L ₂	69.872	61.917	85.207	72.7
L ₃	51.835	133.404	150.683	88.5

utilizando F_1 , F_2 y sus progenies en cártamo. En todas las cruzas F_2 mostró una gama de variabilidad genética para todas las características estudiadas. La varianza aditiva está controlando altura de planta y longitud de hoja, mientras que los genes no aditivos están controlando fecha de floración, fecha de madurez fisiológica y tiempo de floración a madurez. La acción de genes fue aditiva en tres cruzas, pero no aditiva en una cruz para diámetro de tallo. La heredabilidad en sentido amplio registró valores altos para todas las características estudiadas. En todas las cruzas se encontraron una distribución continua para las características fecha de floración, fecha de madurez fisiológica y tiempo de floración a madurez fisiológica, longitud de hoja y diámetro de tallo.

En el mismo Cuadro 4.3 se concentraron los valores de los parámetros genéticos de la L_2 en donde se observa que la varianza genética presenta un rango de 0.00183 para índice de cosecha, hasta 236.519 para rendimiento biológico; las características altura de planta, número de capítulos por planta, peso de 100 semillas, rendimiento biológico y rendimiento económico, mostraron también varianzas genéticas altas de 61.917, 12.345, 0.112, 236.519 y 0.209 respectivamente, estos valores en relación a las varianzas fenotípicas para los mismos caracteres fueron también altos, por lo que los valores expresados fueron: 72.7 por ciento, 57.9 por ciento, 69.1 por ciento, 74.9 por ciento y 77.7 por ciento, para los caracteres antes mencionados; sin embargo,

los rangos de los valores de heredabilidad observados en esta localidad van desde 54.3 por ciento para índice de cosecha, hasta 87.3 por ciento para número de semillas por capítulo.

Kotecha (1981) menciona que en sentido amplio, la heredabilidad calculada para número de capítulos, rendimiento y peso de semilla, el rango fue de 4.4 a 16.7 por ciento, 21.7 - 81.8 por ciento y 66 - 85.5 por ciento, respectivamente. Número de capítulos fue positivamente correlacionado con rendimiento de semilla, pero la heredabilidad calculada indicó que efectos no genéticos predominan para número de capítulos y por eso la selección para este carácter puede no ser efectiva.

Para la localidad tres, correspondiente a Buenavista, Coahuila (Cuadro 4.3), se observa que la varianza genotípica varía de 1.7×10^{-6} para índice de cosecha, a 68380.533 para área foliar en floración, pero es importante hacer notar que la varianza genética para inicio de floración, días a floración al 50 por ciento y altura de planta, fue relativamente alta con respecto a la varianza fenotípica para estas características, en consecuencia, la heredabilidad para las mismas es alta; sin embargo, para la característica índice de cosecha fue de 0.22 por ciento debido a un valor fenotípico relativamente alto con respecto a la varianza genotípica, en general, la heredabilidad para las características fue de 14.6 por ciento a 88.5 por ciento.

Falconer (1984) menciona que la heredabilidad no es una propiedad del carácter únicamente, sino que también lo es de la población y de los aspectos ambientales a que están sometidos los individuos.

Fick (1978) considera que mucha variabilidad ocurre en las oleaginosas. El rendimiento, sin embargo, es como en todos los cultivos, depende de muchos factores y varía grandemente con el ambiente. A causa de los efectos ambientales la heredabilidad del rendimiento de semilla, es relativamente baja con otros factores agronómicos.

La presencia de una variabilidad considerable y su correlación positiva con el rendimiento de grano, sugieren la posibilidad del mejoramiento genético del índice de cosecha (Sing y Stoskopf, 1971) para lo cual se han realizado estudios para calcular la heredabilidad del carácter, obteniéndose un valor del 69 por ciento en un trabajo desarrollado por Rosielle y Frey (1977), utilizando el método progenie-progenitor y de 27.2 y 11.4 por ciento (en sentido estrecho) en dos poblaciones, R y B respectivamente, de sorgo para grano (Romero, 1981).

El rendimiento para cada una de las localidades de prueba presentó una media de 1.673, 1.130 y 1.014 ton/ha para las localidades de Venecia, Dgo. (L_1), Ocampo, Coah. (L_2) y Buenavista, Coah. (L_3) respectivamente. La localidad uno produjo 32.46 por ciento más rendimiento de semilla que la localidad dos (Cuadro 4.4), considerándose a la primera como

Cuadro 4.4. Valores medios (\bar{x}), error estandar de las medias ($S\bar{x}$) y coeficiente de variación (CV) de las características evaluadas de genotipos de cártamo en las localidades de prueba.

Características	\bar{x}	$S\bar{x}$	CV
No. de capítulos por planta			
L ₁	21.0	1.215	33.943
L ₂	13.0	0.847	39.035
L ₃	30.0	0.999	20.201
No. de semillas por capítulo			
L ₁	30.0	0.994	19.335
L ₂	27.0	0.694	15.860
L ₃	22.0	1.402	38.256
Peso de 100 semillas (g)			
L ₁	3.612	0.068	10.865
L ₂	3.220	0.064	12.109
L ₃	2.901	0.056	11.478
Rendimiento biológico (g)			
L ₁	65.129	3.446	30.396
L ₂	38.526	2.516	39.984
L ₃	66.409	6.581	59.461
Rendimiento económico (ton/ha)			
L ₁	1.673	0.066	22.529
L ₂	1.130	0.069	37.349
L ₃	1.014	0.053	31.501

Cuadro 4.4.continuación

Características	\bar{x}	\bar{Sx}	CV
Índice de cosecha			
L ₁	0.2242	0.0119	30.584
L ₂	0.256	0.020	48.702
L ₃	0.145	0.008	33.032
Inicio de floración (días)			
L ₃	107.0	0.315	1.772
Días a floración al 50%			
L ₁	117.0	0.656	3.211
L ₃	112.0	0.392	2.099
Días a madurez fisiológica			
L ₁	155.0	0.857	3.171
L ₃	139.0	0.480	2.070
Período de llenado de grano			
L ₁	39.0	0.680	10.049
L ₃	27.0	0.602	13.354
Área foliar en floración (cm ²)			
L ₃	2060.037	141.209	41.128
Índice de área foliar			
L ₃	2.575	0.177	41.129
Altura de planta (cm)			
L ₁	64.561	1.007	8.96
L ₂	59.086	1.365	14.147
L ₃	81.334	1.200	8.852

la mejor localidad en la cual el ambiente influyó favorablemente para que los genotipos pudieran expresar su potencial genético; es importante hacer notar que en esta localidad se presentó un mayor período de llenado de grano respecto a la localidad tres, con 12 días más, los cuales tuvieron un impacto positivo en los caracteres: número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo y peso de 100 semillas con 3.612 gramos, cuyo error estandar para este carácter se considera bajo con un valor de $S\bar{x} = 0.068$; el cual nos indica la confiabilidad de sus valores. Es importante observar que aunque no se muestran diferencias significativas con respecto al índice de cosecha (Cuadro 4.1) sí se detectó variabilidad genética en los genotipos y eso precisamente se debió en cierto modo al efecto del período de llenado de grano, cuyo rango en la localidad uno (Cuadro 4.5) fue de 35 a 47 días y para la localidad de Buenavista, Coah., de 21 a 32 días, y también al efecto del peso de 100 semillas ya que los rangos para todas las localidades (Cuadro 4.5) fueron en L_1 de 2.8 a 4.67, en L_2 de 2.5 a 4.17 y en L_3 de 2.5 a 3.60 gramos, y ésto es independientemente del rendimiento económico que pudo tener efectos de condiciones adversas tales como ataque de plagas, por lo que el factor peso de las semillas también se debe considerar determinadamente en la selección de genotipos de cártamo con mayores posibilidades de rendimiento, tomando, por supuesto, en consideración, las correlaciones positivas que el mismo tenga con respecto a los demás caracteres agronómicos importantes. Podemos inferir que el reflejo del alto rendimiento para la localidad -

Cuadro 4.5. Rangos de las diferentes características estudiadas en los tres ambientes.

Características	(L ₁) Venecia, Dgo.	(L ₂) Ocampo, Coah.	(L ₃) Buenavista, Coah.
Inicio de floración	-	-	104-116
Días a floración al 50%	109-125		105-123
Días a madurez fisiológica	147 - 159		135-147
Período de llenado de grano	35 - 47		21- 32
Area foliar en floración	-	-	1334.2-3394.5
Indice de área foliar			1.668-4.243
Altura de planta	45.0-84.3	41.40-84.07	53.73-113.46
No. capítulos/planta	10-33	7-22	12-43
No. semillas/capítulo	18-48	13-37	13-32
Peso de 100 semillas	2.8-4.67	2.5-4.17	2.5-3.60
Rendimiento biológico	23-110	14.92-54.05	38.66-135.33
Rendimiento económico	0.926-2.583	0.602-1.662	0.532-1.769
Indice de cosecha	0.188-0.286	0.159-0.391	0.098-0.229

de Venecia, Durango (L₁) respecto a las demás localidades - se debió al efecto del período de llenado de grano, cuyo intervalo en días (Cuadro 4.5) fue de 12 días y mayor en 14 - días promedio a L₃, que nos indica en cierto modo variabilidad presente en los genotipos y que algunos de ellos posean factores que requieran de un mayor espacio tanto en floración como en madurez para que de esta manera pueda expresar su potencial genético.

Tanaka y Yamaguchi (1972) en su trabajo en maíz, encontraron que cerca del 90 por ciento de los carbohidratos al momento de la cosecha, provienen de los productos fotosintéticos elaborados durante el llenado de grano.

Fakorede y Mock (1980) utilizando el análisis de crecimiento para examinar la producción de materia seca de variedades e híbridos mejorados y no mejorados, encontrando que área, duración e índice de área foliar fueron significativamente mayores en los híbridos mejorados que en los no mejorados. Esto ocurrió principalmente durante el llenado de grano, por lo que el rendimiento aumentó a consecuencia de prolongar la actividad fotosintética, incrementar la producción de fotosintatos durante el llenado de grano y aumento de translocación de los mismos de las hojas al grano.

En el presente estudio los valores tan bajos del índice de cosecha nos indica que el cártamo tiene una estructura vegetativa voluminosa para sustentar pocos elementos fructíferos, lo que representa una amplia posibilidad de selección para genotipos con gran cantidad de capítulos y alto número de semillas por capítulo.

Narkhade et al. (1985) estudiaron 55 variedades de cártamo locales y extranjeras en la India y señalan que la ganancia genética y la heredabilidad en sentido amplio fueron relativamente altos para rendimiento por planta, semillas por capítulo, capítulos por planta y número de ramas primarias. En otro estudio con 13 variedades de cártamo, Ramírez (1988) reportó diferencias altamente significativas entre tratamientos, para 15 de los parámetros bajo estudio. También indica que los valores de heredabilidad en sentido amplio para el contenido de aceite y rendimientos en cártamo fueron altos.

Hayashi y Hanada (1986) al trabajar con cártamo, encontraron que con la remoción de hojas o de brácteas en la primera fase de floración de los capítulos del tallo principal, decreció el peso seco de los capítulos. Menciona además que todas las hojas y brácteas contribuyen al rendimiento de semilla de las plantas por cerca del 70 por ciento. Las hojas del tallo principal contribuyeron al rendimiento de semilla por cerca del 40 por ciento, en el número de semillas y peso de 100 semillas las hojas contribuyeron con 31 por ciento y 28 por ciento respectivamente, cuando las brácteas estuvieron presentes.

Durante la selección artificial para identificar plantas con características superiores es más recomendable seleccionar simultáneamente sobre varias características a la vez, que con sólo una característica. Normalmente en el mejoramiento genético de los cultivos los fitomejoradores deben construir un índice de selección utilizando simultáneamente diferentes variables que contribuyan al rendimiento.

En el Cuadro 4.6 se muestran las medias de los 10 mejores genotipos en base a peso de 100 semillas, tanto para las localidades de prueba como para el análisis combinado. Se observa en la localidad de Venecia, Durango, que los materiales que más destacan son el 12, 6 y 17, materiales introducidos con origen de Jerusalem CM-1136, Jordán CM-1082 y Kenia CM-1388, quedando en primer, segundo y tercer lugar para esta localidad, con medias de peso de 100 semillas, que van desde 4.67, 4.40 a 4.33 gramos respectivamente.

Cuadro 4.6. Valores medios de peso de 100 semillas de los mejores 10 genotipos en cada localidad y del análisis combinado.

No. de genotipo	Venecia, Dgo. (L ₁)		Ocampo, Coah. (L ₂)		Buenavista, Coah. (L ₃)		Análisis Combinado	
	Peso de 100 semillas (g)	No. de genotipo	Peso de 100 semillas (g)	No. de genotipo	Peso de 100 semillas (g)	No. de genotipo	Peso de 100 semillas (g)	No. de genotipo
12	4.67	6	4.17	12	3.60	6	4.0	6
6	4.40	12	3.87	17	3.40	12	4.0	12
17	4.33	17	3.63	6	3.37	17	3.8	17
8	4.23	21	3.47	16	3.25	16	3.5	16
16	4.10	4	3.37	8	3.10	22	3.5	22
22	3.97	5	3.37	22	3.10	8	3.3	8
2	3.90	3	3.30	9	3.03	21	3.3	21
11	3.90	22	3.30	1	3.00	1	3.2	1
20	3.90	10	3.27	13	2.87	4	3.2	4
21	3.77	1	3.20	5	2.77	9	3.2	9

Se aprecia, de la misma manera, que en las localidades dos y tres, tales genotipos vuelven a destacar manteniéndose el genotipo 17 en el tercer lugar en la localidad dos y en el primer lugar el genotipo 12 para la localidad tres, nótese también que el genotipo seis (Jordán CM-1082) se ubicó en el primer lugar en la L₂ y en tercero para la L₃. Por otro lado los genotipos 12 y 17, aunque en potencial de rendimiento, por poseer un buen peso de grano, no sea consecuencia de un mayor tamaño de capítulo (Cuadro 4.2), traen beneficio en cuanto a una buena germinación y capítulos compactos, por lo que los materiales antes citados y los demás descritos (Cuadro 4.6) pueden seleccionarse en base a este criterio, ya que sus coeficientes de variación para este carácter estuvieron por debajo de lo normal, lo cual hace que los resultados obtenidos sean confiables.

Se muestra en el Cuadro 4.7 que los genotipos cuatro (Turquía CM-1000), uno (India CM-73) y dos (Paquistán CM-799) ocuparon el primer lugar en el orden de L₁, L₂ y L₃, con medias respectivas de 33, 22 y 43 capítulos por planta. Por otro lado, el genotipo cuatro se ubicó en segundo lugar en las dos últimas localidades, con 19 capítulos por planta, en Ocampo, Coah. (L₂) y 42 para Buenavista, Coah. (L₃) donde el genotipo uno (India CM-73) a pesar de ubicarse en un tercer lugar con 40 capítulos por planta en esta última localidad, es superior respecto a los valores mostrados en las localidades de L₁ y L₂. Se observa para L₃ que el ambiente influyó favorablemente en este componente del rendimiento, ya que

Cuadro 4.7. Valores medios de número de capítulos por planta de los mejores 10 genotipos en cada localidad y del análisis combinado.

No. de genotipo	Venecia, Dgo. (L ₁)		Ocampo, Coah. (L ₂)		Buenavista, Coah. (L ₃)		Análisis combinado	
	No. de capítulos por planta	No. de genotipo	No. de capítulos por planta	No. de genotipo	No. de capítulos por planta	No. de genotipo	No. de capítulos por planta	No. de capítulos por planta
4	33	1	22	2	43	4	31	
20	31	4	19	4	42	2	29	
2	28	19	18	1	40	1	28	
17	28	2	16	6	38	20	26	
6	25	12	16	5	36	17	24	
21	23	22	15	21	36	6	23	
3	22	3	14	20	34	21	23	
8	22	8	14	10	33	19	22	
14	22	7	13	17	31	3	21	
1	21	13	12	13	30	18	21	

todos los materiales presentaron valores elevados respecto a este carácter, facilitando en forma indirecta la selección para las otras características que contribuyen como componentes de rendimiento.

Los genotipos 20 (Noroeste), dos (Paquistán CM - 799), en la localidad de Venecia, Dgo. (L₁), participaron con 31 y 28 capítulos por planta para un segundo y tercer lugar respectivo, y el genotipo 19 (Kino-76) se ubicó en el tercer lugar con 18 capítulos por planta en la localidad de Ocampo, Coah. (L₂).

En el Cuadro 4.8 para el carácter número de semillas por capítulo, el genotipo 19 (Kino-76) siempre se mantuvo en un segundo lugar en todos los ambientes de prueba, L₁, L₂ y L₃ con medias respectivas de 39, 36 y 29 semillas por capítulo. Nótese que los materiales en la localidad de Venecia, Durango (L₁), presentaron valores altos para este carácter, siguiéndole en segundo orden Ocampo, Coahuila (L₂) y por último Buenavista, Coahuila (L₃). Por otro lado, si observamos el cuadro anterior (Cuadro 4.7), materiales con alto número de capítulos por planta para un ambiente determinado, no expresaron valores altos de semillas por capítulo o viceversa, por lo que podemos inferir que estos caracteres están controlados por genes independientes y que además de ser susceptibles al cambio del medio ambiente, son de gran importancia en los programas de mejoramiento ya que se pueden combinar ambos en un genotipo mediante cruzamiento, esto, aunado a un buen peso de semilla para generar cultivares

Cuadro 4.8. Valores medios de número de semillas por capítulo de los mejores 10 genotipos en cada localidad y del análisis combinado

Venecia, Dgo. (L ₁) No. de genotipo	Ocampo, Coah. (L ₂)		Buenavista, Coah. (L ₃)		Análisis combinado	
	No. de genotipo	No. de semillas/capítulo	No. de genotipo	No. de semillas/capítulo	No. de genotipo	No. de semillas/capítulo
13	3	37	3	32	13	37
19	19	36	19	29	19	35
21	7	35	13	28	3	34
9	8	35	14	28	21	32
3	13	35	10	25	10	29
16	21	31	21	25	14	29
10	10	29	18	24	16	29
18	14	29	22	24	8	28
8	15	29	16	23	9	27
11	16	29	9	22	15	27

de cártamo más productivos.

En el Cuadro 4.9 que presenta las medias de rendimiento en ton/ha de los 10 mejores genotipos para las localidades de prueba y el análisis combinado, los genotipos que ocuparon el primer, segundo y tercer lugar en la localidad de Venecia, Durango, fueron el 21 (Gila), seis (Jordán CM-1082) y el ocho (Líbano CM-1098) con medias respectivas de 2.583, 2.416 y 2.125 ton/ha, mientras que para la localidad de Ocampo, Coah. (L_2) fueron los genotipos 12 (Jerusalén CM-1136) para el primer lugar, con un rendimiento promedio de 1.662 ton/ha, donde el segundo lo ocupó el genotipo 22 (Saffola-208) material con 1.421 ton/ha, manteniéndose en el tercer lugar el genotipo ocho (Líbano CM-1098) con 1.329 ton/ha. Los genotipos que figuraron como los tres mejores en la localidad de Buenavista, Coahuila (L_3), fueron diferentes a los anteriormente mencionados, tales son: el 14 (Egipto CM-1276), 19 (Kino-76) y tres (Irán CM-893), con medias respectivas de 1.769, 1.352 y 1.232 ton/ha respectivamente.

Para la localidad de Venecia, Durango (L_1) podemos inferir que el alto rendimiento para los materiales en estudio se debió en gran parte al peso de las semillas, puesto que el genotipo 21 (Gila), se ubicó dentro de los 10 mejores para este carácter (Cuadro 4.6), con 3.77 gramos para peso de 100 semillas, y aunque en esta localidad los materiales no presentaron un alto número de capítulos por planta (Cuadro 4.7), la respuesta en el carácter de semillas -

Cuadro 4.9. Valores medios de rendimiento de los mejores 10 genotipos en cada localidad y del análisis combinado

No. de genotipo	Venecia, Dgo. (L ₁)		Ocampo, Coah. (L ₂)		Buenavista, Coah. (L ₃)		Análisis combinado	
	Rendimiento medio (ton/ha)	No. de genotipo	Rendimiento medio (ton/ha)	No. de genotipo	Rendimiento medio (ton/ha)	No. de genotipo	Rendimiento medio (ton/ha)	No. de genotipo
21	2.583	12	1.662	14	1.769	21	1.659	
6	2.416	22	1.421	19	1.352	8	1.456	
8	2.125	8	1.329	3	1.232	19	1.452	
20	1.958	19	1.297	2	1.190	14	1.424	
2	1.875	3	1.257	21	1.186	6	1.387	
9	1.875	21	1.208	18	1.105	22	1.381	
1	1.791	4	1.151	16	1.072	3	1.357	
19	1.708	11	1.128	5	1.042	2	1.346	
10	1.666	7	1.080	10	1.022	12	1.318	
11	1.666	1	1.037	9	1.011	9	1.274	

por capítulo (Cuadro 4.8) fue favorable para todos los genotipos, donde se presentaron valores hasta de 48 semillas - por capítulo para el genotipo 13, correspondiendo un valor para el genotipo 21 (Gila), de 39 semillas por capítulo. - Los altos rendimientos para los genotipos seis (Jordán CM-1082) y ocho (Líbano CM-1098), también se debieron en gran parte a la manifestación de los caracteres antes mencionados.

Los genotipos 12 (Jerusalén CM-1136), 22 (Saffola - 208), y ocho (Líbano CM-1098), que resultaron como los más rendidores en la localidad de Ocampo, Coahuila (L_2) en el orden dado, el alto rendimiento del genotipo 12 fue consecuencia principalmente del peso de la semilla con 3.87 para 100 aquenios (Cuadro 4.6), con 16 capítulos por planta (Cuadro 4.7) y número de semillas por capítulo igual a 31 (Cuadro 4.8).

Para la localidad de Buenavista, Coahuila (L_3), los tres materiales más rendidores corresponden a los genotipos 14 (Egipto CM-1276), 19 (Kino-76) y tres (Irán CM-893), con medias respectivas de rendimiento para cada uno de ellos de 1.769, 1.352 y 1.232 ton/ha, es importante observar que ninguno de los genotipos antes mencionados se ubicó dentro de los 10 mejores para los caracteres peso de 100 semillas - (Cuadro 4.6) y número de capítulos por planta (Cuadro 4.7), sin embargo, están dentro de los primeros lugares para el carácter semillas por capítulo (Cuadro 4.8) que en gran medida influyó en la expresión del alto rendimiento en los

materiales para este ambiente.

Lo anterior corrobora los resultados mostrados en el Cuadro 4.4 y de acuerdo a lo encontrado en los componentes de rendimiento, se concluye que:

El alto rendimiento ($\bar{x} = 1.673$ ton/ha) expresado en la localidad de Venecia, Durango (L_1) se debió al alto peso para 100 semillas ($\bar{x} = 3.612$ gr), pocos capítulos por planta ($\bar{x} = 21$) y mucha semilla por capítulo ($\bar{x} = 30$)

El peso de la semilla ($\bar{x} = 3.220$ gr para 100), pocos capítulos por planta ($\bar{x} = 13$) y buena cantidad de semilla por capítulo ($\bar{x} = 27$) determinaron el buen rendimiento ($\bar{x} = 1.130$ ton/ha) en el ambiente de Ocampo, Coahuila (L_2).

Para Buenavista, Coahuila (L_3), el rendimiento ($\bar{x} = 1.014$ ton/ha) fue resultado del gran número de capítulos por planta ($\bar{x} = 30$), poco peso de semilla ($\bar{x} = 2.901$ gr) y no gran cantidad de la misma en los capítulos ($\bar{x} = 22$).

En las correlaciones fenotípicas para la L_1 (Cuadro 4.10) se encontró que el carácter floración al 50 por ciento correlacionó significativa y positivamente con días a madurez fisiológica ($r = 0.725$), y una tendencia negativa y significativa con dos caracteres período de llenado de grano ($r = -0.639$) e índice de cosecha ($r = -0.545$), lo que indica que las plantas que florecieron primero llegaron más pronto a madurez fisiológica, reduciendo así su período de llenado de grano, el tiempo para traslocar más cantidad de fotosintetizados hacia las partes económicas y en consecuencia

Cuadro 4.10. Correlaciones fenotípicas entre las características evaluadas en la localidad - de Venecia, Durango (L₁)

	Días a madurez fisiológica	Período de llenado de grano	Altura de planta (cm)	No. de capítulos por planta	No. de semillas/ 100 semillas (g)	Peso de 100 semillas (g)	Rend. biológico (gr)	Rend. económico (ton/ha)	I.C.
Floración al 50 %	0.725**	-0.639**	0.387	-0.072	0.251	-0.057	0.320	0.035	-0.545**
Madurez fisiológica		-0.078	0.569**	-0.274	0.410*	0.264	0.504*	0.267	-0.602*
Período de llenado de grano			-0.128	0.075	-0.031	0.418*	0.224	0.322	-0.020
Altura de planta (cm)				-0.014	0.228	-0.077	0.258	0.067	-0.313
No. de capítulos/planta					-0.490*	0.280	0.278	0.408*	-0.112
No. de semillas/capítulo						-0.286	0.229	0.185	-0.229
Peso de 100 semillas (g)							0.415*	0.461*	-0.316
Rendimiento biológico (gr)								0.853**	-0.659**
Rendimiento económico (ton/ha)									-0.282

* Para un nivel de probabilidad del 5%

** Para un nivel de probabilidad del 1%

se reduce su índice de cosecha.

Los días a madurez fisiológica mostraron estar correlacionados positiva y altamente significativa con la altura de planta ($r = 0.569$), significativamente con el número de semillas por capítulo ($r = 0.410$) y rendimiento biológico ($r = 0.504$), presentando tendencia negativa con el índice de cosecha ($r = -0.602$), por lo que las plantas con más días a madurez fisiológica fueron las más altas, con mayor cantidad de biomasa, y que en gran medida esto afectó negativamente a los factores que forman parte del rendimiento de grano, contribuyendo así a un bajo índice de cosecha.

El período de llenado de grano correlacionó positiva y significativamente con el peso de 100 semillas ($r = 0.418$), pudiéndose utilizar este carácter como un índice de selección indirecta para seleccionar genotipos altamente rendidores y con más peso de grano, debido a una mayor eficiencia fisiológica, lo cual corrobora algunas afirmaciones hechas por Rassmusson et al (1979), entre otros, donde señalan que el rendimiento se incrementa conforme se tiene un período de llenado de grano más grande.

El carácter número de capítulos por planta mostró correlación positiva y significativa con el rendimiento económico ($r = 0.408$) y tendencia negativa con el número de semillas por capítulo ($r = -0.490$), tales correlaciones parecen ser lógicas ya que plantas con demasiados capítulos aumentan el contenido de semilla vana, reduciendo de esta

manera el número efectivo de aquenios por capítulo. Por otro lado, el rendimiento biológico correlacionó positiva y altamente significativa con el rendimiento económico ($r = 0.853$), negativa y altamente significativa con el índice de cosecha ($r = -0.659$) indicando que los factores que contribuyeron a un bajo índice de cosecha son: a) los que formaron las partes vegetativas y que debieron tener una expresión relativamente baja, y b) los factores que formaron las partes fructíferas y que debieron tener una expresión relativamente alta. (Donald y Hamblin, 1976).

En la L_2 según los datos concentrados en el Cuadro 4.11 se encontró correlación positiva y significativa entre la altura de planta y número de semillas por capítulo ($r = 0.447$), siguiendo este último la tendencia con el rendimiento económico ($r = 0.410$), por lo que el número de semillas por capítulo se puede usar como un índice de selección indirecta, para obtener genotipos con alto rendimiento; el inconveniente en este caso, sería que los capítulos con demasiadas semillas abaten el peso de las mismas, ya que estos caracteres mostraron una correlación negativa y altamente significativa ($r = -0.516$). Este ambiente demostró que existe una correlación positiva y altamente significativa entre ambos caracteres, rendimiento biológico y económico, con un valor de $r = 0.923$, lo cual demuestra que el rendimiento económico alto, sólo es posible obtenerlo con plantas vigorosas, pesadas, de alta biomasa, lo que abate el índice de cosecha.

Cuadro 4.11. Correlaciones fenotípicas entre las características evaluadas en la localidad - de Ocampo, Coah. (L₂).

	No. de capítulos/ planta	No. de semillas/ capítulo	Peso de 100 semillas (g)	Rendimiento biológico (g)	Rendimiento económico (ton/ha)	Índice de Cosecha
Altura de planta (cm)	-0.246	0.447*	-0.096	-0.185	-0.081	0.167
Capítulos/planta		-0.337	-0.187	0.056	0.207	0.322
No. de semillas/ capítulo			-0.516**	0.366	0.410*	-0.102
Peso de 100 semillas (g)				-0.041	-0.039	0.088
Rendimiento biológico (g)					0.923**	-0.364
Rendimiento económico (ton/ha)						-0.027

* Para un nivel de probabilidad del 5%

** Para un nivel de probabilidad del 1%

En el Cuadro 4.12, para la L_3 , se observa correlación positiva y altamente significativa entre los caracteres inicio de floración y floración al 50 por ciento ($r = 0.831$) a su vez, este último con días a madurez fisiológica ($r = 0.572$) y estos mismos con altura de planta con $r = 0.553$, $r = 0.629$ y $r = 0.821$ respectivamente. Es importante hacer notar que los caracteres inicio de floración y floración al 50 por ciento mostraron una correlación negativa y altamente significativa con el período de llenado de grano ($r = -0.553$) y ($r = -0.605$), reduciendo así esta etapa y en consecuencia, el rendimiento económico. Sin embargo, se corrobora en cierta medida la hipótesis de que la precocidad a floración puede usarse como un índice de selección indirecta para obtener genotipos con una menor duración en días a madurez fisiológica, lo cual puede, asimismo, usarse para hacer más efectivo el escape a condiciones adversas. Se va a tener menor rendimiento, pero cuando menos se asegura algo de producción.

Guzmán (1984), usando líneas S_1 de girasol en las localidades de Agua Nueva, Coahuila, y la UAAAN, encontró correlación positiva y altamente significativa entre los días a floración y días a madurez fisiológica ($r = 0.890$) y menciona que las plantas más precoces en floración llegan más pronto a la etapa de cosecha, tomando como deseable la correlación para seleccionar individuos que sea necesario tengan la capacidad de escape a efectos ambientales o plagas.

Cuadro 4.12. Correlaciones fenotípicas entre las características evaluadas en la localidad de Buenavista, Coah. (L₃)

	Floración al 50%	Madurez fisiológica	Llenado de grano	A.F.	IAF	Altura de planta (cm)	No. de capítulos/ planta	No. de semillas/ capítulo	Peso de 100 semillas	Rend. biológico	Rend. económico	I.C.
Inicio de floración	** 0.831	* 0.466	** -0.533	** -0.115	-0.083	0.553	0.054	0.154	0.040	-0.063	-0.063	-0.269
Floración al 50%	** 0.572	** 0.605	** -0.605	** 0.038	0.065	0.629	-0.072	0.267	0.079	-0.176	0.123	-0.308
Madurez fisiológica	** 0.288	** 0.049	** 0.046	** 0.821	-0.049	0.821	-0.049	*	0.034	0.419	-0.005	0.076
Período de llenado de grano		0.017	-0.020	0.044	-0.128	0.044	-0.128	0.169	-0.111	0.264	0.376	* 0.418
AF en flora ción (cm ²)		** 0.964	-0.016	0.251	0.251	-0.016	0.251	-0.245	-0.107	** 0.493	0.257	-0.221
Índice de área foliar		0.003	0.215	0.215	0.215	0.003	0.215	0.196	-0.072	** 0.456	0.230	-0.220
Altura de planta (cm)			-0.078	-0.078	-0.078		-0.078	** 0.554	-0.062	0.322	0.345	-0.189
No. capítulos/ planta			-0.261	-0.261	-0.261		-0.261		-0.275	0.253	-0.020	-0.302
No. de semillas por capítulo			** -0.487	** 0.388	** 0.388		** 0.388	** 0.388	** -0.487	*	** 0.571	0.047
Peso de 100 semillas (g)			-0.236	-0.236	-0.236		-0.236		-0.275	0.253	-0.020	-0.302
Rend. biológico			0.471*	0.471*	0.471*		0.471*		-0.487	0.388	0.571	0.047
Rend. económico			-0.117	-0.117	-0.117		-0.117		-0.236	0.253	-0.020	-0.302

* Para un nivel de probabilidad del 5%; ** Para un nivel de probabilidad del 1%

La altura de planta mostró estar correlacionada positiva y altamente significativa con número de semillas por capítulo ($r = 0.554$) y éste, a su vez, mostró una correlación negativa y altamente significativa con el peso de 100 semillas ($r = -0.487$), indicando que los genotipos con menor altura son los que poseen menor número de capítulos por planta, pero los más rendidores, con mayor peso de semillas, lo que puede utilizarse para ejecutar selección visual en función de estas correlaciones, ya que también el peso de 100 semillas mostró correlación positiva y significativa con los rendimientos biológico ($r = 0.415$) y económico ($r = 0.461$).

Abel (1976a), en un estudio con tres cruzas de cártamo (Carthamus tinctorius L.) encontró que las correlaciones para rendimiento, la disminución del largo de los entrenudos y el mayor número de nudos en el tallo, fue frecuentemente significativo, que aquéllos con entrenudos largos y con menor número de nudos en el tallo fueron generalmente poco o sin significancia.

Se observa que el período de llenado de grano correlaciona positiva y significativamente con el índice de cosecha ($r = 0.418$), lo cual parece lógico, ya que mientras más grande sea este período, existirá una mayor cantidad de fotosintetizados que contribuirán al crecimiento del rendimiento económico y en consecuencia, a un alto índice de cosecha.

Donald y Hamblin (1976) señalan que el rendimiento biológico aumenta hasta llegar a un tope máximo, este

depende de la tasa de asimilación de fotosíntesis y la tasa de asimilación del cultivo que van a reflejarse en los incrementos diarios de materia seca, expresándose en el índice de cosecha.

El área foliar en floración tuvo una correlación positiva y altamente significativa con el índice de área foliar ($r = 0.964$) y el rendimiento biológico ($r = 0.493$), y el índice de área foliar, correlacionó en forma positiva y significativa con el rendimiento biológico ($r = 0.456$). Sin embargo, ninguno de los parámetros relacionados con el aparato fotosintético, correlacionó en forma significativa con el rendimiento económico, situación que podría indicar que la limitante al rendimiento es la demanda y no la fuente, al menos para los materiales bajo estudio.

Zavala (1982) menciona que si se desea aumentar el rendimiento económico, debe considerarse básicamente el área foliar durante el ciclo, por su importancia que tiene en la producción de fotosintetizados y un índice de cosecha alto, lo que permite que exista una alta eficiencia en la movilización de esos fotosintetizados de los lugares de almacenaje al grano.

El rendimiento biológico correlacionó positiva y significativamente con el rendimiento económico ($r = 0.471$) y éste, a su vez, con el índice de cosecha ($r = 0.401$), por lo que este índice puede utilizarse como criterio de selección indirecta para rendimiento, debido a que a través de -

él se pueden retener genotipos con combinaciones de características más favorables que otros medios directos.

Singh y Stoskopf (1971) encontraron una correlación entre el IC y la altura de planta y una correlación positiva entre el IC y el rendimiento. Sin embargo, Takeda y Frey (1976), encontraron una correlación positiva entre el rendimiento de grano y rendimiento biológico y una correlación - baja para el rendimiento de grano y el IC. Por lo tanto, es estos autores, junto con Yoshida (1972), señalan que un incremento biológico o en la producción de materia seca total, puede ser un camino más eficiente para aumentar el rendimiento de grano que incrementando el IC. Sin embargo, este incremento debe ser con respecto al rendimiento individual, lo - cual al querer llevarlo a rendimiento unitario se va a ver afectado por un menor número de plantas al ser éstas más - grandes, por lo tanto, el criterio de eficiencia debe ser - considerado.

Gibson y Shertz (1977) señalan que para incrementar los rendimientos es necesario un índice de cosecha alto.

Análisis Combinado

En el Cuadro 4.13 se muestra que existen diferencias altamente significativas y significativas para todas las características entre localidades, excepto el rendimiento biológico que no presentó diferencias significativas, lo cual se puede atribuir a la respuesta diferencial de los genoti-pos, o a las amplias diferencias climatológicas entre las -

Cuadro 4.13. Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza combinado de 22 genotipos de cártamo en las tres localidades.

Fuente de variación	g.1	Altura de Planta (cm)	No. de capítulos/planta	No. de semillas/capítulo	Peso de 100 semillas	Rend. biológico (g)	Rend. económico (ton/ha)	Índice de cosecha
Localidades	2	8363.521**	4936.38**	1153.78**	9.22**	21195.38NS	9.25**	0.244*
Rep./loc	6	457.412 **	311.69**	75.06**	0.34*	13678.44**	0.67**	0.025**
Genotipos	21	711.385**	187.52**	293.55**	1.2**	1201.32NS	0.31NS	0.007NS
Genot. x Loc	42	79.938*	61.87**	80.13**	0.29**	993.62NS	0.25**	0.006NS
Error exp.	126	50.453	33.04	10.20	0.14	763.94	0.13	0.008
C.V.		10.11	27.37	12.29	11.87	49.56	29.37	42.78

* Significancia al nivel 5% de probabilidad

** Significancia al nivel 1% de probabilidad

NS No significativo

CV Coeficiente de variación

tres localidades, lo que auxilia para observar el comportamiento de los materiales en distintos ambientes. Hay diferencia altamente significativa para genotipos en altura de planta, número de capítulos por planta, número de semillas - por capítulo y peso de 100 semillas, no presentándose ninguna significancia entre genotipos para las variables restantes, tales como: rendimiento biológico, rendimiento económico e índice de cosecha. Respecto a lo anterior se asume que los genotipos poseen un alto grado de variabilidad entre ellos, por lo que su expresión fenotípica a través de los distintos ambientes facilita la selección especialmente en las características donde se muestra alta significancia; en las tres localidades en este análisis combinado se observa que la interacción genotipo ambiente, representada por la variable genotipos por localidades, del mismo modo que la fuente de variación genotipos, reveló diferencias significativas y altamente significativas en la mayoría de las características antes citadas, no sucediendo así para los caracteres rendimiento biológico e índice de cosecha, lo que en gran medida debe tomarse en consideración, ya que en el caso del rendimiento económico, podemos asumir que existen genotipos con mejor comportamiento en algunas localidades y hay localidades donde no se comportan bien quedando demostrado para este carácter que los genotipos muestran comportamientos diferentes al cambiarlos de ambiente.

Abel (1976b), llevó a cabo la evaluación de cinco caracteres de la planta y cuatro caracteres de la semilla como

unidad de selección, para determinar la combinación óptima de años, localidades y fechas de siembra, para desarrollar variedades; encontró que la combinación de dos años, dos localidades, dos fechas de siembra y cuatro repeticiones, fueron suficientes en este estudio efectuado en cártamo.

Los coeficientes de variación (Cuadro 4.13) de las características que fueron comunes en todas las localidades en el análisis de varianza combinado, mostraron valores entre 10.11 por ciento para altura de planta, hasta 12.29 por ciento para número de semillas por capítulo, los cuales se pueden considerar aceptables exceptuando los rendimientos biológico y económico, cuyos coeficientes de variación fueron de 49.56 por ciento y 29.37 por ciento respectivamente, además del índice de cosecha que mostró un coeficiente de variación de 42.78 por ciento; estos valores están muy por arriba del máximo aceptable (20 por ciento), por lo que los resultados obtenidos se hacen poco confiables, esto puede deberse a que el tamaño de la muestra no haya sido lo suficientemente grande, por lo que los resultados obtenidos se hacen no muy confiables, y en el caso sería mejor realizar la selección de los mejores genotipos en base a los resultados obtenidos para peso de 100 semillas, pues los valores para los rendimientos biológico y económico e índice de cosecha no reflejaron fenotípicamente el valor del genotipo. Es muy importante aclarar que aunque no se muestran diferencias significativas con respecto a los tres caracteres antes citados, sí se obtuvo significancia en los análisis de

varianza individual en ambos rendimientos biológico y económico, excepto el índice de cosecha que reportó no significancia en todas las localidades de prueba (Cuadro 4.1).

En el Cuadro 4.14 los parámetros genéticos del análisis combinado indicaron que la varianza genotípica oscila de 0.0001 para el índice de cosecha hasta 23.08 para rendimiento biológico. Por lo que corresponde a la varianza fenotípica, ésta expresó datos de 0.0027 a 286.23 para los caracteres antes mencionados, estos valores fueron relativamente más altos contra los mostrados por la varianza genética, como consecuencia, se registró una disminución en los valores de heredabilidad comparándolos con los valores observados -- en los análisis de varianza individuales por localidad; es importante hacer notar que esto posiblemente se debe a que se tomó en cuenta la varianza genético-ambiental (σ^2_{ge}) y esto hace más confiables estos resultados de la heredabilidad, los cuales en sentido amplio fluctuaron entre 66.67 por ciento para peso de 100 semillas (g), indicando el efecto de los genotipos sobre los fenotipos correspondientes, en un grado bastante aceptable, ya que éstos se pueden considerar como altos, los cuales pueden ser utilizados en los procesos de selección en los programas de mejoramiento, tomando en cuenta que cada carácter tiene aspectos especiales de heredabilidad.

Según Singh y Stoskopf (1971) y Donald y Hamblin (1976), mencionan que los valores de heredabilidad y el conocimiento de las relaciones entre el IC y el rendimiento

Cuadro 4.14. Parámetros genéticos de las diferentes características evaluadas en las tres localidades del análisis combinado.

Parámetros genéticos	Altura de planta (cm)	No. de capítulos/planta	No. de semillas/capítulo	Peso de 100 semillas (g)	Rendimiento biológico (g)	Rendimiento económico (ton/ha)	Índice de cosecha
σ^2_e	50.45	33.04	10.20	0.14	763.94	0.13	0.008
σ^2_g	70.16	13.96	23.71	0.10	23.08	0.01	0.0001
σ^2_{ge}	9.83	9.61	23.31	0.05	76.56	0.04	0.00000
σ^2_{ph}	88.07	26.04	29.70	0.15	286.23	0.058	0.0027
H^2 (%)	79.66	53.61	79.83	66.67	8.06	17.24	3.70

biológico son útiles a los mejoradores de plantas en: a) Selección de progenies de alto TC o alto rendimiento biológico; b) la predicción de posibles méritos para combinaciones genéticas; y c) una formulación ideal de los tipos de plantas para selección de progenies segregantes.

Ranga (1983) encontró que en sentido estrecho, la heredabilidad estimada en cártamo fue alta en el contenido de aceite y tamaño de semilla, moderadamente alta para diámetro de capítulo, pero baja para rendimiento por planta, número y peso de capítulos, en seis caracteres cuantitativos analizados en padres e híbridos de ocho líneas y un dialélico de 11 líneas.

Hernández (1987) apunta que la heredabilidad (H) es un parámetro genético que determina hasta que grado las diferencias entre individuos son atribuidas a causas genéticas, es también una propiedad de un carácter métrico que expresa la porción de la varianza total que puede atribuirse a los efectos promedio de los genes y es la que determina el parecido entre parientes, indica, además, que la H depende tanto de la población como del ambiente en que los individuos se desarrollan; condiciones más variables la reducen y más uniformes la aumentan; por lo tanto, cuando se haga referencia a heredabilidad de un carácter, debe mencionarse la población y el ambiente en estudio.

Los valores de heredabilidad para los rendimientos biológico y económico fueron de 8.06 por ciento y 17.24 por

ciento respectivamente, los cuales ocupan un lugar importante en los programas de mejoramiento de cártamo. En el análisis combinado los valores de heredabilidad para los rendimientos fueron menores que en los análisis individuales por localidad. Los valores obtenidos del análisis combinado son más confiables, ya que además de la varianza genética y de la varianza fenotípica, se consideró la varianza genético-ambiental, lo que hace que la expresión en el fenotipo se ajuste a valores más reales.

Makne y Chaudhari (1980) encontraron que en cinco líneas F_1 y sus 10 recíprocos, al analizarse, revelaron relativamente alta Aptitud Combinatoria General (ACG) para altura y peso de 100 semillas, indicando efectos de aditividad y relativamente alta Aptitud Combinatoria Específica (ACE) - para número de días a floración al 50 por ciento, número de capítulos por planta, peso de semillas por capítulo y rendimiento de semilla por planta, indicando no aditividad de efectos de genes.

Ranga (1983) menciona que la varianza aditiva en cártamo predominó para altura de planta, días a floración al 50 por ciento, ramificaciones por planta; en porcentaje de aceite la varianza fue no aditiva y fue más grande para rendimiento, diámetro de primeros capítulos, rendimiento por capítulo y peso de 1000 aquenios en un dialélico con ocho padres, en 1978, y otro de 11 padres, en 1979. Cruzas entre padres genéticamente distintos dieron híbridos heteróticos y mostraron una larga y positiva ACE en efectos para

rendimiento y sus componentes.

En el Cuadro 4.15 puede observarse que los valores - del error estandar son pequeños para la mayoría de las características, por lo que se puede decir que las medias son sumamente confiables, ya que los valores fluctúan desde 0.714 para altura de planta hasta 0.04 para peso de 100 semillas; sin embargo, no se presenta la misma condición para los caracteres rendimiento biológico, económico e índice de cosecha, cuyos errores estandar son de 2.78, 0.04 y 0.009 respectivamente, nótese que estos últimos dos valores son bajos, sin embargo, no pueden considerarse muy confiables, ya que sus coeficientes de variación son bastante altos en comparación con el aceptable, tal vez esto pueda deberse al reducido tamaño de la muestra, por lo que es necesario considerar en trabajos posteriores, aumentar el tamaño de la misma e inferir con más certeza sobre la variabilidad conformada - por los genotipos de cártamo y así obtener resultados más - confiables sobre todo con aquellos parámetros estrechamente relacionados con el aparato fotosintético.

Crofts et al. (1971) señalan que en la velocidad de la fotosíntesis, algunos factores, como la disponibilidad de nutrientes; los niveles de CO₂, temperatura, humedad, la superficie foliar, la disposición de las hojas, la proporción existente de hojas y las partes no verdes de la planta, el grado de desarrollo de la planta, la duración del día, la - intensidad de luz, pueden llegar a limitar el porcentaje de energía fijada en los cultivos.

Cuadro 4.15. Valores medios (\bar{x}), error estandar ($S\bar{x}$), de las medias y coeficientes de variación de los diferentes parámetros en el análisis combinado

Altura de planta (cm)	No. de capítulos/planta	No. de semillas/capítulo	Peso de 100 semillas (g)	Rendimiento biológico (g)	Rendimiento económico (ton/ha)	Índice de Cosecha
\bar{x} 70.2	21	26	3.2	55.7	1.242	0.210
$S\bar{x}$ 0.714	0.58	0.32	0.04	2.78	0.04	0.009
CV 10.118	27.37	12.29	11.87	49.56	29.37	42.78

Con respecto a las medias de los 10 mejores genotipos para el carácter peso de 100 semillas (Cuadro 4.16) en este análisis combinado, el genotipo seis (Jordán CM-1082) llegó a ser superior estadísticamente a todos los materiales en estudio para este carácter, con un peso promedio para peso de 100 semillas de 4.0 gr, siguiéndole en el segundo orden el genotipo 12 (Jerusalén CM-1136) para el mismo valor, además de haber ocupado el primer lugar en dos localidades de prueba con valores de 4.67 gr para la L_1 y 3.60 gr para la L_3 . Por otro lado, el genotipo 17 (Kenia CM-1388) con 3.8 gr, se ubicó en el tercer lugar. Es importante hacer ver que los genotipos antes citados fueron los tres mejores en todas las localidades de prueba para este carácter.

Se muestra en el Cuadro 4.16 que los genotipos cuatro (Turquía CM-1000), dos (Paquistán CM-799) y uno (India CM-73), en el mismo orden, ocupan el primer, segundo y tercer lugar con medias de 31, 29 y 28 capítulos por planta en el análisis combinado, pero ninguno de los tres genotipos antes citados aparecen dentro de los 10 mejores en el carácter número de semillas por capítulo (Cuadro 4.8), tanto en este análisis como en los individuales por localidad, podemos asumir que plantas con mayor número de capítulos, poseen menor cantidad de semillas por capítulo. Sin embargo, existen reportes que uno de los componentes de rendimiento más importantes en el cártamo, es el carácter número de capítulos por planta.

Cuadro 4.16. Valores medios para cuatro características de los mejores 10 genotipos del análisis combinado de tres localidades

No. de genotipo	Peso de 100 semillas (g)	No. de genotipo	No. de capítulos/planta	No. de genotipo	No. de semillas/capítulo	No. de genotipo	Rendimiento medio (ton/ha)
6	4.0	4	31	13	37	21	1.659
12	4.0	2	29	19	35	8	1.456
17	3.8	1	28	3	34	19	1.452
16	3.5	20	26	21	32	14	1.424
22	3.5	17	24	10	29	6	1.387
8	3.3	6	23	14	29	22	1.381
21	3.3	21	23	16	29	3	1.357
1	3.2	19	22	8	28	2	1.346
4	3.2	3	21	9	27	12	1.318
9	3.2	18	21	15	27	9	1.274

Ashri et al. (1974) estudiaron 903 variedades de cártamo (Carthamus tinctorius L.), los tres mejores componentes de rendimiento fueron: número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo y peso de 1000 semillas. Su estudio apoya lo citado por Abel (1976^b) de que el más importante componente de rendimiento fue el número de capítulos por planta.

Es importante hacer notar en el Cuadro 4.16 que los genotipos 13 (Egipto CM-1239), 19 (Kino-76) y tres (Irán CM-893) fueron los que presentaron un mayor número de semillas por capítulo con medias respectivas de 37, 35 y 34, manteniéndose siempre en un segundo lugar para este carácter, el genotipo 19 (Kino-76) en todos los ambientes de prueba y análisis combinado. Aunque este genotipo no se encuentra entre los 10 mejores para peso de 100 semillas, ni posea gran cantidad de capítulos por planta, figura entre los más rendidores (Cuadro 4.16) con un rendimiento promedio de 1.452 ton/ha, como resultado de un mayor número de semillas por capítulo, por lo que se puede utilizar este carácter como un índice de selección indirecta para obtener plantas con mayor rendimiento.

Básicamente el índice de selección involucra la selección indirecta de un carácter no observable (rendimiento) a través de la selección conjunta de varias características observables (características agronómicas), las cuales están conjuntamente distribuidas en el carácter no observable (Dewey y Harris, 1964).

El material comercial Gila, genotipo 21, se ubicó - como el más rendidor con un rendimiento promedio de 1.659 - ton/ha para el análisis combinado, presentando hasta 2.583 ton/ha para la localidad de Venecia, Durango (L_1), tal genotipo, a pesar de ocupar un séptimo lugar en los caracteres peso de 100 semillas, con 3.3 gramos y 23 capítulos por planta, en el carácter semillas por capítulo, asciende hasta un cuarto lugar con 32 semillas por capítulo, corroborando en cierta medida que el alto rendimiento en las plantas de cártamo se debió principalmente a un mayor número de semillas por capítulo.

Los genotipos que ocuparon el segundo y tercer lugar corresponden a los genotipos ocho (Líbano CM-1098), y al 19 (Kino-76) con medias de rendimiento de 1.456 y 1.452 ton/ha respectivamente, con peso de 100 semillas de 3.3 gr para Libano CM-1098, y 35 semillas por capítulo para Kino-76. Esto nos indica que los componentes del rendimiento son útiles como un criterio de selección en el mejoramiento para un alto rendimiento en cártamo. Los componentes que son: número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo y peso de 100 semillas, pueden mostrar un efecto negativo pero compensativo entre las correlaciones de los componentes de rendimiento, por lo tanto, es difícil establecer un programa potencial de mejoramiento a través de un solo componente individual.

Las correlaciones fenotípicas entre las diferentes características del análisis combinado concentradas en el -

Cuadro 4.17, mostraron correlaciones negativas y significativas entre número de capítulos por planta y número de semillas por capítulo ($r = -0.479$), a su vez, este último con el carácter peso de 100 semillas ($r = -0.480$). Lo que demuestra en estos materiales, los de mayor número de capítulos por planta presentaron menor número de semillas por capítulo, así como también menor peso; esto atribuido principalmente a la cantidad de semilla vana generada por una mayor demanda de fotosintatos y poca fuente de los mismos.

Anónimo (1979) indicó que el rendimiento de la semilla de cártamo fue incrementado por la aparición de las primeras ramas a todo lo largo del tallo, la angulación amplia de las ramas, su tamaño largo y sus capítulos esféricos. El capítulo en el cual las brácteas lanceoladas estaban limitadas hasta la base del capítulo, contribuyeron al aumento de la producción.

En este estudio, aunque se presentó una correlación negativa y significativa en los caracteres rendimiento biológico e índice de cosecha ($r = -0.476$), índices más altamente asociados con un alto rendimiento, sólo el rendimiento biológico correlacionó en forma altamente significativa con el rendimiento económico ($r = 0.674$), esta última situación era de esperarse puesto que la materia seca proviene de la fuente fotosintética. Por otro lado, ésto nos indica que entre los genotipos de mayor rendimiento biológico fueron los más rendidores, por lo que puede utilizarse en los criterios de selección en función de estas correlaciones.

Cuadro 4.17. Correlaciones fenotípicas entre las características en el análisis combinado de las localidades de prueba

	No. de capítulos/planta	No. de semillas/capítulo	Peso de 100 semillas (g)	Rendimiento biológico (g)	Rendimiento económico (ton/ha)	Índice de Cosecha
Altura de planta (cm)	-0.137	0.213	-0.004	0.271	0.212	-0.195
Nc. de capítulos por planta		-0.479*	0.041	0.079	0.165	-0.004
No. de semillas por capítulo			-0.480*	0.285	0.328	-0.187
Peso de 100 semillas (g)				0.077	0.295	0.027
Rendimiento biológico (g)					0.674**	-0.476*
Rendimiento económico						-0.154

* Para un nivel de probabilidad del 5%

** Para un nivel de probabilidad del 1%

Es necesario recalcar que altos rendimientos dará plantas - más altas y pesadas, lo que la densidad de plantas por hectárea se reduce, reduciendo el rendimiento por unidad de superficie.

Zavala (1982), en base a su estudio de interrelación de caracteres fisiotécnicos y estimación de parámetros genéticos en sorgo, concluyó que los índices de eficiencia más - altamente correlacionados con un alto rendimiento, fueron: el índice de cosecha (IC), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), duración de área foliar (DAF) e índice de área foliar (IAF), asimismo, éstos mostraron valores de regresión altamente significativos, y apunta que para la obtención de altos rendimientos es importante considerar a la tasa de asimilación neta (TAN), el índice de área foliar (IAF) y la duración de área foliar (DAF). Otras características importantes son el índice de cosecha (IC), la relación grano/paja, ya que éstos mostraron valores de correlación altos y significativos con rendimiento.

No se presentó ningún tipo de correlación respecto a las variables altura de planta, y las demás variables consideradas, así como también no significancia entre el número de capítulos por planta con peso de 100 semillas, y este último con los caracteres rendimiento biológico, económico e índice de cosecha; sin embargo, algunos investigadores han encontrado correlaciones contradictorias al respecto. Norris y Tucker (1967) encontraron que el rendimiento en cártamo - fue correlacionado fuertemente con el número de capítulos -

por planta y las semillas por capítulo fueron afectadas en menor grado, pero no ocurrieron diferencias significativas en el peso de la semilla.

Mathur et al (1976) estudiando la variabilidad genética y componentes de rendimiento en cártamo en 15 cultivares, se correlacionó positivamente rendimiento de semillas por planta con: altura de plantas, diámetro de capítulo y semillas por capítulo, y fue correlacionado negativamente con el número de ramificaciones primarias.

No se encontraron correlaciones significativas entre el rendimiento e índice de cosecha ($r = -0.154$) para este análisis combinado, lo que indica que no existen materiales rendidores que posean capacidad de conversión biológica a conversión económica, por lo que este efecto pudo ser enmascarado por la diferencia de ambientes de prueba; ya que el índice de cosecha es un carácter que está estrechamente relacionado con el potencial genético de cualquier cultivar, puesto que Syme (1970) encontró en trigo, que el rendimiento de grano, correlaciona positivamente con índice de cosecha, número de granos por espiga y peso de panoja; encontró correlación entre peso de 1000 granos y longitud de tallo con rendimiento.

Parameswarappa (1983) estudió heterosis, habilidad combinatoria, acción génica y correlaciones para 14 caracteres en un dialélico de 11 variedades de cártamo, lo que concluyó que en orden para mejorar rendimiento y contenido de

aceite, la selección pudo ser llevada a cabo para muchas ramas secundarias, muchos capítulos por planta, tamaño medio de capítulos y tallo delgado.

De acuerdo con lo expresado anteriormente, es necesario considerar la posibilidad de encontrar genotipos con - gran número de capítulos por planta, semillas por capítulo y peso de semillas. Las correlaciones altas y negativas encontradas en este estudio, hacen muy difícil encontrar tal situación, sin embargo, es necesario considerar la posibilidad de efectuar evaluaciones más amplias, identificar genotipos con esas características, y realizar cruzamientos dirigidos para incorporar tales características. Las correlaciones altas y negativas pueden indicarnos posibles liga-mientos genéticos, por lo que es necesario establecer esquemas de selección que rompan tales ligamientos (Selección recurrente).

Guzmán (1984) apunta 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 reconocido como selección recurrente y su efectividad depende de la variabilidad genética, de las frecuen-cias génicas de la población original y de la heredabilidad de las características bajo selección.

El mejoramiento genético vegetal ha sido una de las estrategias más comunes empleadas para incrementar la producción agrícola, conjugando el recurso genético (variedades mejoradas con recursos energéticos (fertilización, riego, herbicidas)). La difusión y adopción de este avance tecnológico permite confiar en ello como una solución a las necesidades alimentarias de nuestra población. Ultimamente, sin embargo, y a medida que se acentúan los contrastes sociales en el país y ante la dificultad cada vez mayor para obtener genocultivares más productivos, se hace necesario volver a analizar el proceso productivo para entender y precisar sus limitaciones, lo que permitirá definir nuevas estrategias para afrontar el reto que representan los déficits actuales en la producción de alimentos básicos.

En el fitomejoramiento genético tradicional se ha puesto énfasis en el empleo del rendimiento económico (aquel que tiene importancia económica para el productor) como criterio principal de selección y evaluación de genotipos. Esto ha ocasionado en parte que las ganancias en el rendimiento económico de los nuevos genocultivares* vayan aunadas a un mayor tiempo en su obtención o que los individuos más rendidores tiendan a ser más vigorosos o con mayor ciclo biológico.

La eficiencia en la producción de un cultivo depende de cuánta energía química se elabora a través de la

* Término propuesto para definir cultivares mejorados; a diferencia de indocultivar que comprende a cultivares "criollos" "naturales" o "indígenas".

fotosíntesis y qué proporción de esa energía se transforma - en productos de importancia económica; lo cual a su vez, es función del genotipo y de la disponibilidad de los factores ambientales en cuanto a cantidad, calidad y oportunidad. En consecuencia, en los esquemas de mejoramiento genético hay que considerar otros criterios y ambientes para la selección y evaluación de genocultivares, donde se defina con claridad y en forma racional, el papel del rendimiento económico en - la toma de decisiones que el fitomejorador practica rutina - riamente.

La base teórica sobre la que se sustenta la fisiotecnia en la formación de ideotipos vegetales, radica en el conocimiento actual de que, durante el desarrollo de una planta, existe un sinnúmero de pasos bioquímicos que se integran a través de esquemas complejos que originan procesos fisiológicos. Todos ellos convergen en dos que son fundamentales en la determinación de la porción que del rendimiento total - (rendimiento biológico) es de interés para el productor - (rendimiento biológico): 1) la acumulación neta de fotosintetizados, y 2) la repartición de los fotosintetizados hacia - los órganos de importancia económica y aquéllos de importancia no económica.

La obtención de altos rendimientos económicos requiere, por lo tanto, de la integración precisa y balanceada de los procesos mencionados, cuya expresión es determinada genéticamente y modificada por los factores ambientales, los que a su vez son manipulados por el hombre a través de las -

prácticas culturales. Finalmente, la complejidad de estas relaciones se acrecenta al considerar que la proporción entre los órganos fotosintéticos y los no fotosintéticos varía durante el ciclo biológico de la planta, por lo que la relación "fuente demanda" es dinámica y determinante del rendimiento económico final.

En la actualidad, por el limitado conocimiento que se tiene de la fisiología del rendimiento, así como de la genética de los procesos fisiológicos, el fitomejorador depende casi totalmente de la recombinación aleatoria de los genes responsables de los procesos bioquímicos y fisiológicos involucrados. La eficiencia en el fitomejoramiento para obtener cultivares más rendidores sería mayor si se tuviera un mejor entendimiento de las interacciones y las formas en las cuales se integran los numerosos componentes biológicos y fisiológicos que originan la expresión del rendimiento económico. Si a lo anterior se añade que las variaciones morfológicas y anatómicas también influyen en la expresión del rendimiento económico, queda claro que es necesario realizar investigaciones secuenciadas y detalladas, pero fundamentalmente integrales y multidisciplinarias, que permitan el estudio de los aspectos mencionados, lo que sólo pueden llevar a cabo grupos interdisciplinarios. La investigación que se haga de ese modo, debe perseguir los siguientes objetivos:

- 1) La definición, el conocimiento y el entendimiento del ambiente para la producción de un cultivo dado, para lo cual se habría de considerar el

ambiente ecológico, el económico, el social y el cultural.

- 2) El conocimiento de la importancia de las estructuras, órganos y niveles de los procesos fisiológicos de la planta, en relación con el proceso productivo en el ambiente de producción definido.
- 3) La definición de ideotipos (plantas que reúnen características anatómicas, morfológicas y fisiológicas, de importancia desde el punto de vista productivo en un ambiente determinado.

Un cultivo el cual puede dar ejemplos sobre la importancia que tiene el conocimiento de las estructuras y órganos vegetales, así como el de los niveles de los procesos fisiológicos, como medios para acelerar la obtención de ideotipos con características adecuadas para el proceso productivo de un agroecosistema definido, lo constituye el cártamo, mediante la conjunción en forma práctica de varios caracteres tales como: 1) buen desempeño individual. La insolación tenga poco efecto en el desempeño de la planta; 2) de altura no muy alta que resista el acame y facilite la cosecha; 3) capacidad competitiva, por ejemplo: baja competencia intragenotípica y eficiente uso de los recursos ambientales disponibles; tanto arriba del suelo como abajo del mismo; 4) cuando sean sembrados en comunidades, un pequeño aumento en la competencia mutua entre plantas como respuesta a la fertilización; 5) capacidad ilimitada para aceptar

fotosintatos en las partes económicas, por ejemplo: muchos capítulos con muchas semillas, potencialmente grandes y pesadas; 6) período de floración corto; 7) un período de llenado de grano tan grande como sea prácticamente posible; - 8) conversión eficiente de fotosintatos a granos; 9) baja senescencia foliar; 10) estructura de la planta sana en - cualquier nivel de floración o cuando esté en período de - llenado de grano, de tal manera que el ideotipo de planta - del futuro sería: eficiente, de porte intermedio, precoz y rendidora. Respondería bien a las densidades altas y a las aplicaciones fuertes de nitrógeno. Así, a los fitomejoradores les corresponderá identificar las líneas y plantas individuales que contengan dichos caracteres.

Donald (1962) establece que a pesar de que se han - desarrollado numerosas técnicas de mejoramiento para aumentar la producción y calidad de cosecha, todas se pueden clasificar dentro de dos grupos generales según su objetivo: a) eliminación de defectos, incorporando a las variedades - resistencia a plagas, enfermedades, acame y mejorando su calidad; b) selección para rendimiento. Durante la aplicación de esta última práctica, se ha contemplado sólo la ganancia en rendimiento, sin asociarlo con algún(os) caracter(es) morfológico(s); es decir, se puede obtener una variedad de alto rendimiento, sin saber a que se debe ese aumento en rendimiento en relación a la población original. Considerando lo antes expuesto, propone una tercer filosofía basada en - el mejoramiento por ideotipos o plantas modelo, o sea, la -

obtención de plantas con características tales que influyan favorablemente en la fotosíntesis, crecimiento y producción de grano, en el caso de los cereales.

Castro (1973) y Castro (1978) reportan la conjunción en forma práctica de varios caracteres en un ideotipo para explotarse en el área del Bajío Mexicano, tales caracteres son: planta enana de madurez intermedia, con hojas cortas y erectas y espiga chica, con capacidad de producir una mazorca de regular tamaño por planta, en altas densidades.

De acuerdo a las correlaciones encontradas en el presente estudio y a la formación de ideotipos vegetales, se concluye que los componentes de rendimiento en cártamo son altamente influenciados por el medio ambiente, por lo cual pueden mostrar un efecto negativo pero compensativo entre sus correlaciones, por lo tanto, es difícil establecer un programa potencial a través de un solo componente individual. Las correlaciones altas y negativas pueden indicarnos posibles ligamientos genéticos, de ahí la importancia del fitomejoramiento a través del método sistemático reconocido como Selección Recurrente y su efectividad en el incremento gradual de la frecuencia de alelos favorables para sus objetivos primarios. La correlación positiva y altamente significativa entre ambos caracteres, rendimiento biológico y económico, demuestra que el rendimiento económico alto, sólo es posible obtenerlo con plantas vigorosas, pesadas, de alta biomasa, lo que abate el índice de cosecha que en consecuencia prácticamente imposibilita la respuesta a prácticas de

cultivo tales como la densidad de siembra, que en algunos agroecosistemas permitiría aumentar la productividad de los nuevos genocultivares. De lo anterior se desprende la importancia que tienen los estudios encaminados a la formación de ideotipos de cártamo, lo que indica la necesidad de revisar el proceso de la producción de este cultivo, para lo cual se requiere regresar a los fundamentos de dicho proceso. Si se considera que la producción económica es un proceso antropocéntrico, parece evidente que es necesario conocer y entender, inicialmente, la forma en que se relacionan los procesos fisiológicos y los factores ambientales involucrados con la producción de un cultivo, con el fin de poder manejarlos posteriormente.

En virtud de lo anterior, la morfología y fisiología relacionada con el rendimiento, debería estudiarse más profundamente para mejorar los métodos de selección y las variedades de cártamo, ya que presenta la posibilidad de que se le incluya en los agroecosistemas existentes del país, el cual sirve también para apreciar la dinámica en que se ve envuelto el fitomejorador y la necesidad de realizar trabajos interdisciplinarios.

Parámetros de Estabilidad (Interacción Genotipo-Ambiente)

Análisis de varianza para estimar parámetros de estabilidad para rendimiento, según la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966).

En el Cuadro 4.19 se encuentra el análisis para estabilidad de rendimiento, observándose la ausencia de diferencias significativas entre genotipos, lo cual indica que no existen diferencias en su potencial genético de rendimiento; sin embargo, en los análisis de varianzas individuales, en las localidades uno y dos (Cuadro 4.1) se encontraron diferencias altamente significativas, a la vez, que en la localidad tres diferencias significativas aún cuando en el análisis combinado (Cuadro 4.13) se observa alta significancia para la fuente de variación tratamiento por localidad. No se obtuvo significancia para la interacción genotipo por ambiente (lineal) indicando similitud en los coeficientes de regresión. En el mismo cuadro se aprecia que las varianzas de las desviaciones de regresión de los genotipos son estadísticamente iguales a cero, con excepción de los genotipos 12 (Jerusalén CM-1136) y 14 (Egipto CM-1276), con alta significancia y significancia respectivamente, lo que se confirma en el Cuadro 4.20 al observar que estos genotipos son los que poseen las desviaciones de regresión más altas de todos los materiales en estudio.

Considerando los parámetros de estabilidad (b_i y S^2_{di}) se observa que los valores de los coeficientes de regresión que difieren de la unidad, corresponden a los genotipos seis (Jordan CM-1082) y 21 (Gila); con respecto a las desviaciones de regresión, los tratamientos que mostraron significancia por ser diferentes de cero, fueron el cuatro (Turquía CM-1000), siete (Siria CM-1093), 12 (Jerusalén

Cuadro 4.18. Genotipos que fueron comunes en todas las localidades para estimar parámetros de estabilidad

No. de genotipo	Origen	Genealogía
1	India	CM-73
2	Paquistán	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	Noroeste
21	Nacional	Gila
22	Nacional	Saffola-208

De acuerdo a Palomo y Molina (1975), el primer paso en la estimación de los parámetros de estabilidad solamente se incluyen las variedades que estén repetidas en todos los ambientes; para el presente trabajo, tales variedades se encuentran concentradas en el Cuadro 4.18.

Cuadro 4.19. Análisis de varianza para rendimiento de 22 genotipos de cártamo en tres ambientes para estimar parámetros de estabilidad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	65	0.1825
Variedades	21	0.1035
Ambiente (residual)	44	0.2203**
Ambiente (lineal)	1	6.1548**
Var. x Amb. (lineal)	21	0.1038
Desviaciones ponderadas	22	0.0616
Variedad 1	1	0.010
2	1	0.039
3	1	0.000
4	1	0.123
5	1	0.024
6	1	0.027
7	1	0.144
8	1	0.057
9	1	0.011
10	1	0.014
11	1	0.046
12	1	0.329**
13	1	0.003
14	1	0.289*
15	1	0.009
16	1	0.003
17	1	0.005
18	1	0.110
19	1	0.004
20	1	0.063
21	1	0.004
22	1	0.043
Error ponderado	126	0.0443

Cuadro 4.20. Clasificación de los 22 genotipos de cártamo según sus componentes de parámetros de estabilidad en tres localidades

Variedad	Rendimiento medio (ton/ha)	Coefficientes de regresión (bi)	Desviaciones de regresión (S^2di)	Tipo de material (1)
1	1.219	1.33939	-0.0343	a
2	1.346	1.20252	-0.0053	a
3	1.357	0.52361	0.0000	a
4	1.098	1.07390	0.0787*	b
5	1.156	0.91300	-0.0203	a
6	1.387	2.36771**	-0.0173	e
7	0.846	0.23433	0.0997*	b
8	1.456	1.58391	0.0127	a
9	1.274	1.38168	-0.0333	a
10	1.199	1.06800	-0.0303	a
11	1.187	1.13922	0.0017	a
12	1.318	0.39910	0.2847*	b
13	1.162	1.06725	-0.0413	a
14	1.424	0.08197	0.2447*	b
15	1.095	0.75686	-0.0353	a
16	1.157	0.49930	-0.0413	a
17	1.061	0.91270	-0.0393	a
18	0.946	0.27472	0.0657*	b
19	1.452	0.58569	-0.0403	a
20	1.140	1.86561	0.0187	a
21	1.659	2.13665*	-0.0403	e
22	1.381	0.59297	-0.0013	a

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

CM-1136), 14 (Egipto CM-1276) y 18 (Kenia CM-1391).

Los valores predichos (Cuadro 4.21) estuvieron determinados por las condiciones ambientales más desfavorables, donde el índice ambiental $T_j = -0.241$, que corresponde a la localidad de Buenavista, Coahuila, y por las condiciones ambientales más favorables, con un índice ambiental $T_j = 0.431$ que pertenece a la localidad de Venecia, Durango.

Las Figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 ilustran las diferencias en cuanto a estabilidad se refiere, de los tratamientos, los cuales para una mejor interpretación, se distribuyeron en cuanto a grupos (dos de seis y dos de cinco), cada uno con su respectiva línea de regresión, en función de los índices ambientales (I_j) máximo y mínimo y de la línea de regresión promedio del experimento.

Como puede apreciarse en la Figura 4.1, los tratamientos uno, dos y seis, con valores de b_i de 1.33939, 1.20252 y 2.36771 y S^2_{di} de =0.0346, -0.0056 y -0.0170 respectivamente, pueden ser recomendados sólo en ambientes favorables. También se observa que bajo condiciones desfavorables el genotipo dos (Paquistán CM-799) es superior al seis (Jordán CM-1082); sin embargo, conforme mejoran las condiciones el genotipo seis incrementa su rendimiento, pero es importante hacer notar que el genotipo dos responde bien tanto en ambientes desfavorables como favorables. Por otro lado, el tratamiento tres (Irán CM-893) con valor de b_i de 0.52361 y con valor de S^2_{di} de -0.0444 pudiera recomendarse para una

Cuadro 4.21. Valores predichos para los 22 genotipos de cártamo.

Genotipo	Observado	Predicho	Observado	Predicho	Observado	Predicho
	Venecia (L_1)		Ocampo (L_2)		Buenavista (L_3)	
1	1.791	2.368	1.037	0.783	0.830	0.507
2	1.875	2.393	0.973	0.745	1.190	0.900
3	1.583	1.809	1.257	1.158	1.232	1.106
4	1.541	2.004	1.151	0.947	0.601	0.342
5	1.558	1.952	0.868	0.695	1.042	0.822
6	2.416	3.436	0.815	0.365	0.929	0.358
7	0.926	1.027	1.080	1.035	0.532	0.476
8	2.125	2.808	1.329	1.028	0.913	0.531
9	1.875	2.471	0.936	0.673	1.011	0.678
10	1.666	2.126	0.910	0.707	1.022	0.765
11	1.666	2.157	1.128	0.912	0.767	0.492
12	1.458	1.630	1.662	1.586	0.833	0.737
13	1.625	2.085	0.922	0.719	0.940	0.683
14	1.489	1.524	1.014	0.998	1.769	1.749
15	1.416	1.742	1.019	0.875	0.850	0.668
16	1.375	1.590	1.024	0.929	1.072	0.952
17	1.458	1.851	0.833	0.660	0.891	0.671
18	1.083	1.201	0.651	0.599	1.105	1.039
19	1.708	1.960	1.297	1.186	1.352	1.211
20	1.958	2.762	0.602	0.248	0.861	0.411
21	2.583	3.504	1.208	0.802	1.186	0.671
22	1.625	1.881	1.421	1.308	1.097	0.954
Ij	0.431		-0.190		-0.241	

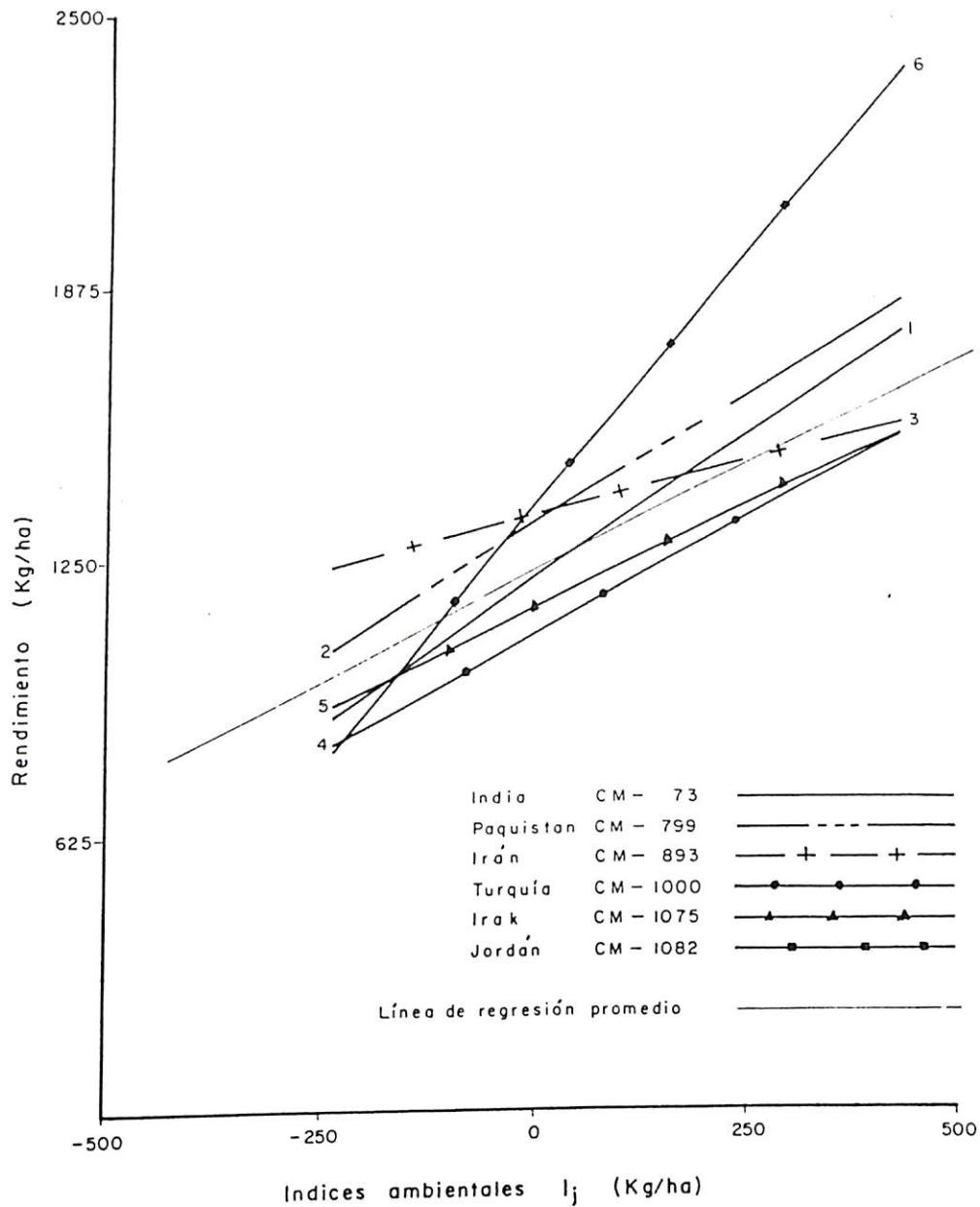


Figura 4.1 Rendimiento medio esperado para seis variedades de cártamo

amplia gama de ambientes, en virtud de que presenta adaptabilidad general; el tratamiento cuatro (Turquía CM-1000) presenta una respuesta muy similar a la línea de regresión promedio, pero muy inferior a ésta.

En la Figura 4.2 se aprecia como los tratamientos nueve (Kuwait CM-1107) y 10 (Kuwait CM-1112) en condiciones desfavorables tienen rendimientos muy similares, pero un poco cercanos al promedio del experimento. Los tratamientos siete (Siria CM-1093) y 11 (Israel CM-1125) poseen rendimientos, ambos inferiores al promedio bajo condiciones desfavorables; sin embargo, al mejorar las condiciones ambientales, el tratamiento 11 llega a superar al promedio en pequeña escala, mientras que el siete permanece por debajo del mismo; respecto al tratamiento ocho (Líbano CM-1098) responde bien tanto en ambientes desfavorables como favorables.

La Figura 4.3 describe el comportamiento de los tratamientos comprendidos del 13 (Egipto CM-1239) al 17 (Kenia CM-1388). En lo que se refiere al tratamiento 13 con valores de b_i y S^2_{di} de 1.06725 y -0.0418 respectivamente, se muestra inferior en condiciones ambientales desfavorables a los tratamientos 14 (Egipto CM-1276) y 16 (Sudán CM-1376) incluso al promedio, pero al cambiar a condiciones favorables los supera a todos en buena proporción, mientras que los tratamientos mencionados que rebasan el promedio en gran escala bajo condiciones favorables, el genotipo 14 supera en gran proporción al promedio. Por otro lado, los genotipos 15 (Sudán CM-1359) y 17 (Kenia CM-1388) muestran rendimientos muy

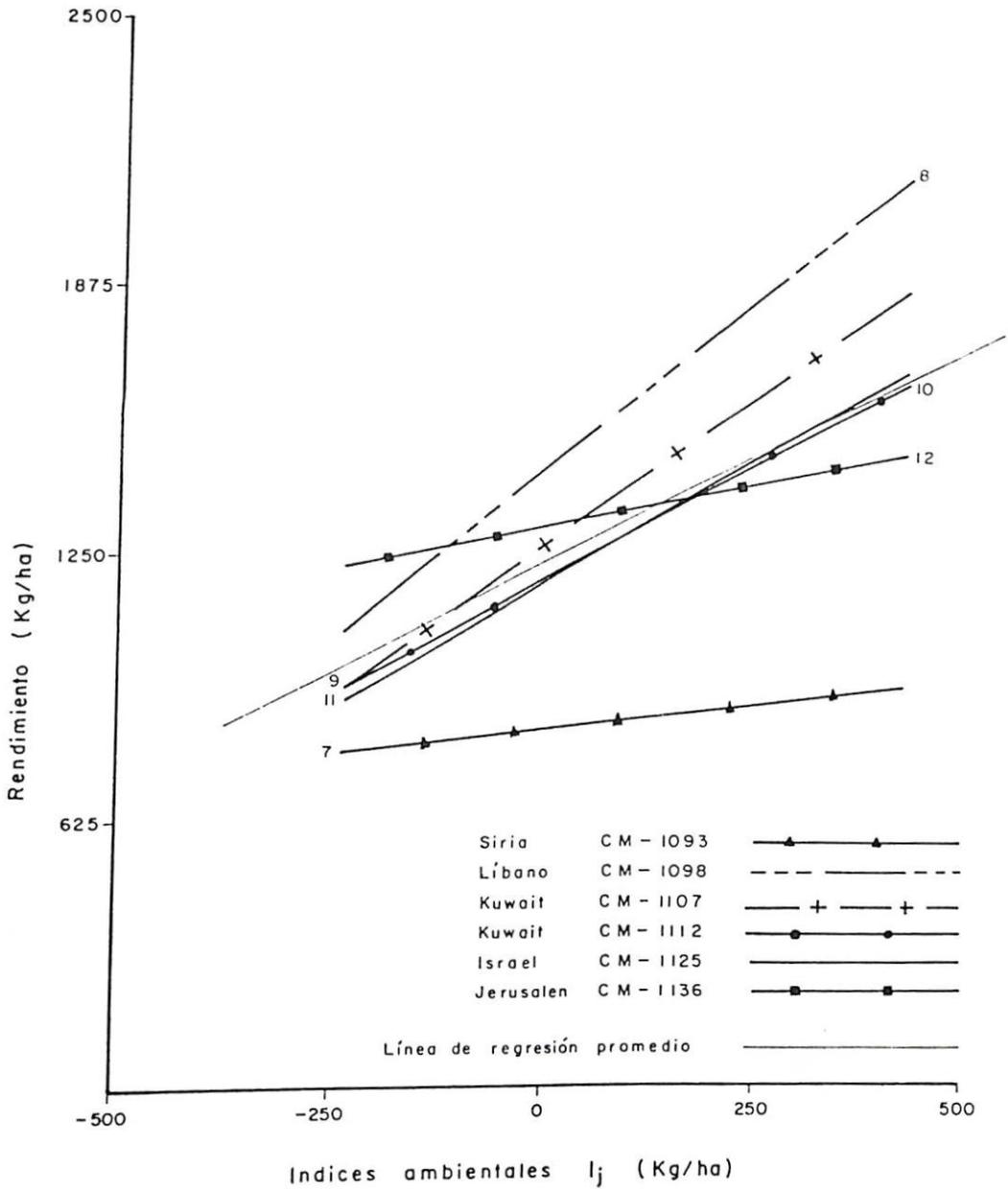


Figura 4.2 Rendimiento medio esperado para seis variedades de cártamo

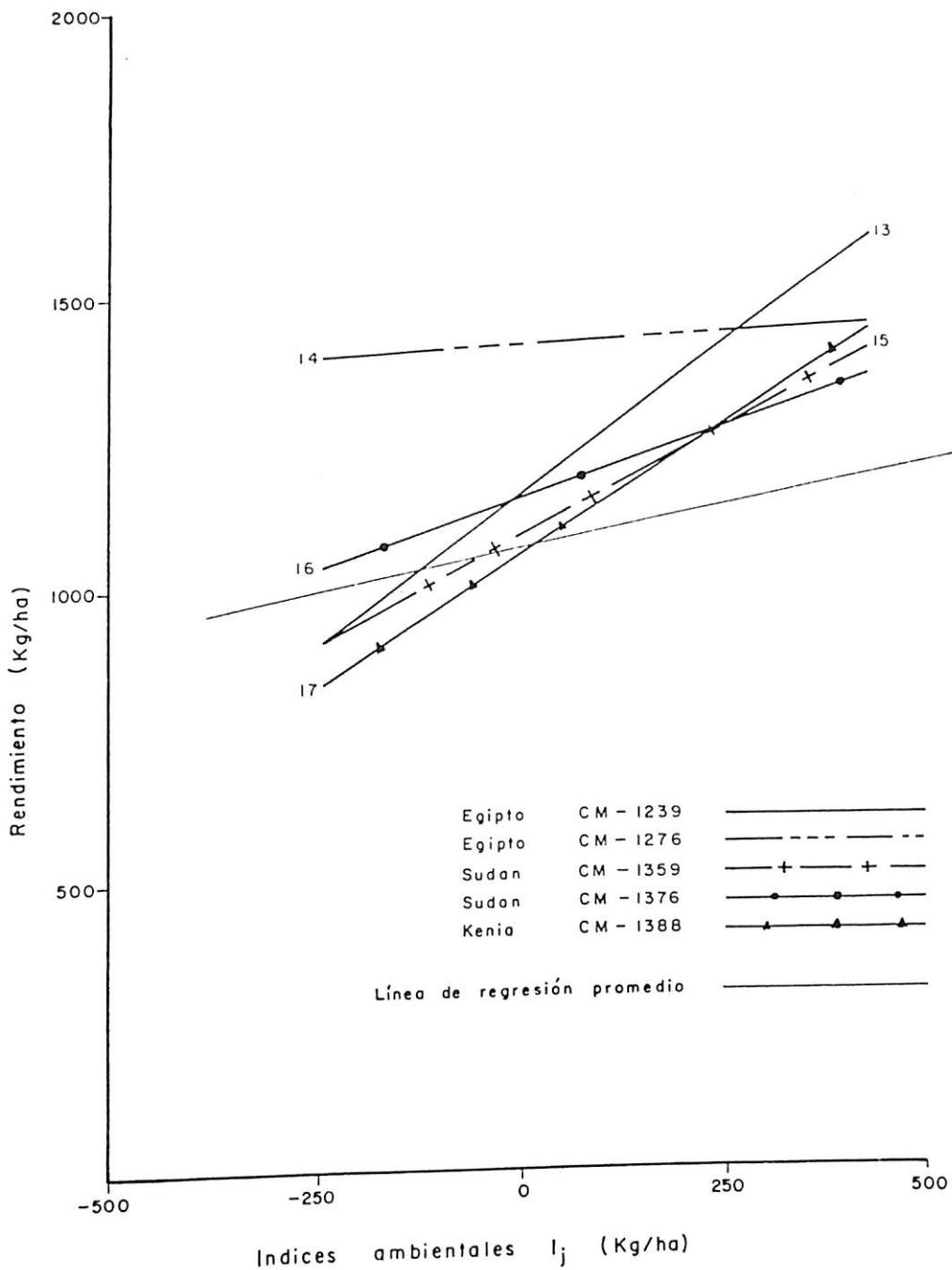


Figura 4.3 Rendimiento medio esperado para cinco variedades de algodón

por debajo del promedio, pero al mejorar las condiciones ambientales, figuran también entre los genotipos con buena respuesta.

En la Figura 4.4 se observa cómo los tratamientos 19 (Kino-76) y 22 (Saffola-208) en ambientes desfavorables tienen rendimientos muy cercanos entre sí, siendo un poco superior el 19, también superior al promedio del experimento bajo esta condición, y a la media de rendimiento del genotipo 21 (Gila); sin embargo, a medida que mejoran las condiciones ambientales el tratamiento 22 no llega a superar al promedio del experimento, en cambio el genotipo 19 sí lo supera en pequeña escala, pudiéndose recomendar éste tanto en ambientes ricos como en pobres. Es importante hacer notar que el genotipo 21 obtuvo un rendimiento inferior al genotipo 19, pero también por encima del promedio del experimento bajo ambientes desfavorables, pero conforme mejora la condición del ambiente, éste llegó a obtener la media de rendimiento superior de los genotipos en estudio, con 1.659 ton/ha. Por otro lado, el tratamiento 20 (Noroeste) con valores de h^2 de 1.86561 y de S^2_{di} de 0.0183, puede recomendarse para ambientes favorables, ya que su rendimiento supera en gran proporción al promedio del experimento, no sucediendo así para el genotipo 18 (Kenia CM-1391) que no puede recomendarse para una amplia gama de ambientes, en virtud de que presenta rendimientos por debajo del promedio tanto en ambientes favorables como desfavorables.

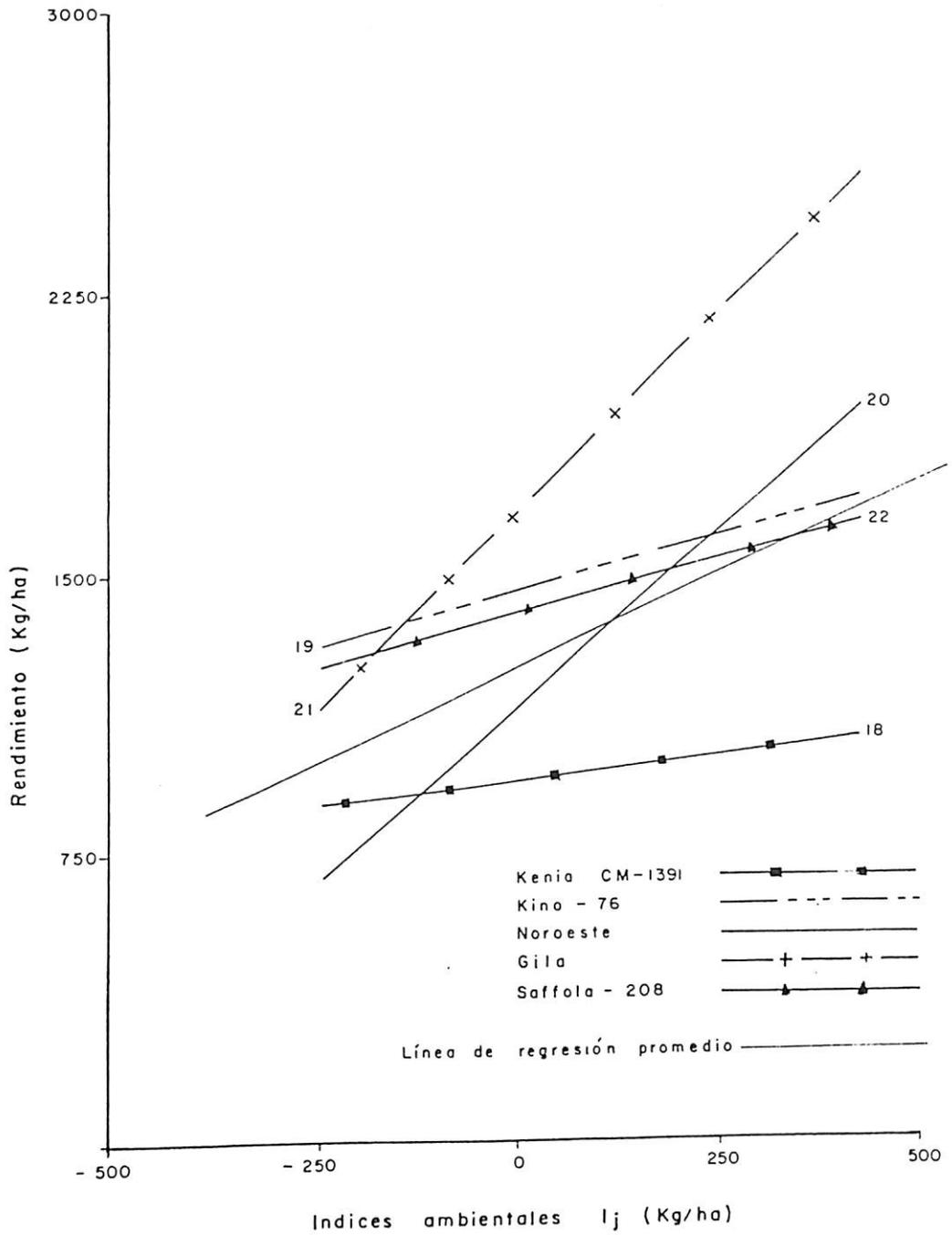


Figura 4.4 Rendimiento medio esperado para cinco variedades de cártamo

En función de los valores de los parámetros de estabilidad (b_i y S^2d_i), las medias de rendimiento y la clasificación de los genotipos, según lo propuesto por Carballo y Márquez (1970), los materiales se clasificaron en tres de las seis situaciones posibles (Cuadro 3.7) lo cual era factible en virtud de la variabilidad genética de los materiales.

En la situación (a) quedaron incluidos el 68 por ciento de los genotipos en un total de 15, que comprenden el 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 20 y 22, lo cual indica que poseen estabilidad en rendimiento y son consistentes en todo tipo de ambientes, con medias de rendimiento que oscilan de 1.061 a 1.456 ton/ha.

Según Carballo y Márquez (1970), denominan a estos genotipos como deseables, en virtud de su estabilidad y consistencia con respecto al rendimiento, ya que algunos de éstos están muy cerca de la media general y otros la superan ligeramente.

En la segunda situación (b), quedaron ubicados cinco genotipos: 4, 7, 12, 14 y 18, con valores de $b_i = 1$ y $S^2d_i > 0$, con medias de 1.098, 0.846, 1.318, 1.424 y 0.946 ton/ha respectivamente. Estos materiales presentan una buena respuesta en todos los ambientes; sin embargo, son inconsistentes, siendo impredecibles sus rendimientos.

En la quinta opción (e) sólo se ubicaron los genotipos 6 y 21, con valores de $b_i > 1$ y $S^2d_i = 0$, que se refieren

a materiales que presentan buena respuesta en ambientes favorables, siendo consistentes pudiéndose usar para programas de mejoramiento bajo condiciones favorables en las cuales el potencial de rendimiento de los genotipos se manifiesta marcadamente y con media de rendimiento por encima del promedio

Los genotipos con mejores rendimientos en ambientes favorables fueron el seis, ocho, 20 y 21, con rendimientos de 3.436, 2.808, 2.762 y 3.504 ton/ha respectivamente, presentando los genotipos seis (Jordán CM-1082) y 21 (Gila) este último material comercial, al igual que el genotipo 20 correspondiente a la variedad Noroeste, valores de bi por encima de la unidad, siendo el de mayor magnitud el correspondiente al genotipo seis, el cual, conforme se incrementa la bondad en condiciones ambientales, redundará en un aumento de rendimiento y considerando que su valor de S^2_{di} no es diferente de cero, su rendimiento es altamente consistente, siendo la condición del mismo modo para la variedad comercial Gila (genotipo 21), cayendo en la quinta clasificación (e) (Carballo y Márquez, 1970). En virtud de lo anterior, sería factible usar los genotipos citados en programas de mejoramiento con el fin de heredar sus características de altos rendimientos, de su estabilidad y factibilidad de predicción de éstas, considerando que Rowe y Andrew (1964), encontraron que los genotipos presentan diferencias en cuanto a su mayor o menor habilidad para explotar ambientes favorables, y que es posible que esta habilidad se herede; evidencias al respecto fueron también mostradas por Eberhart y Russell

(1966) en lo referente a las desviaciones de regresión, considerando de mayor importancia este parámetro que al valor de b_1 . Por otro lado, trabajando en trigo, Joppa et al. (1971) encontraron que las desviaciones de regresión son altamente heredables. Considerando lo anteriormente comentado, el genotipo 21, que corresponde a la variedad comercial Gila, pudiera tal vez cruzarse con algunos de los materiales utilizados con el fin de transferirles tanto estabilidad como alto rendimiento.

Puente (1983) trabajando en sorgo para grano en una evaluación de líneas per se y su estabilidad para rendimiento, identificó genotipos con altos rendimientos y baja estabilidad, mientras que otras líneas mostraron bajos rendimientos y estabilidad alta; con esto indica que los caracteres como rendimiento y estabilidad están controlados por genes independientes, por lo cual considera que se pueden combinar ambas características en un genotipo mediante cruzamiento. Además que las generaciones segregantes deben evaluarse en varias localidades y años, para generar variedades que aprovechen un alto rango de ambientes.

En los genotipos ocho (Líbano CM-1098) y 20 (Noroste), este último material comercial, su estabilidad era de esperarse, quizá el genotipo ocho sea una mezcla de genotipos o poblaciones que amortiguen los efectos del medio ambiente confiriéndole estabilidad.

En cuanto a los materiales que rindieron bien en ambientes pobres, resultaron los genotipos tres y 22 con rendimientos de 1.357 y 1.381 ton/ha, con coeficientes de regresión de 0.52361 y 0.59297, y desviaciones de regresión de 0.0 y -0.0013 respectivamente, los cuales no difieren significativamente de cero, de lo cual se infiere que sus rendimientos en ambientes pobres será bueno, y tanto éste como su comportamiento serán predecibles; en síntesis, estos genotipos presentan adaptación general.

Entre los genotipos que se comportan bien a través de todos los ambientes, los mejores rendimientos fueron obtenidos por los genotipos dos, ocho, 14, 16 y 19, con rendimientos de 1.346, 1.456, 1.424, 1.157 y 1.452 ton/ha respectivamente, todos por encima del promedio y con valores de b_i de 1.20252, 1.58391, 0.08197, 0.49930 y 0.58569 respectivamente; es importante observar que sus medias de rendimiento y valores de b_i son deseables y sus desviaciones de regresión no difieren significativamente de cero, no siendo así para el genotipo 14, que su desviación de regresión difiere significativamente de cero, siendo su comportamiento impredecible; pero en virtud de lo mencionado pudiera cruzarse a través de un programa de mejoramiento con los genotipos adecuados, de los aquí mencionados u otros, para transferirle consistencia y por ende, predictibilidad.

En función de los valores predichos, los cuales se observan en el Cuadro 4.21, es de interés analizar las características de los diversos materiales. Así, por ejemplo, si

comparamos los genotipos uno, dos, nueve, 11, 15 y 17 con situación (a) de acuerdo con Carballo y Márquez (1970), se observa que sus rendimientos predichos en el peor índice ambiental fueron de 0.507, 0.900, 0.678, 0.492, 0.668 y 0.671 ton/ha respectivamente, mientras que en el mejor índice ambiental sus rendimientos predichos son 2.368, 2.393, 2.471, 2.157, 1.742 y 1.851 ton/ha, en el orden dado; se llega a la conclusión de que los genotipos dos (Paquistán CM-799), y nueve (Kuwait CM-1107) poseen mayor capacidad de respuesta en virtud de que las diferencias entre el comportamiento en el peor o mejor índice ambiental son de mayor magnitud en comparación con los genotipos uno, 11, 15 y 17.

Dentro de los mejores materiales ubicados en la situación (b) se encuentran los genotipos cuatro, siete y 12, con valores de respuesta de 1.662, 0.551 y 0.893 ton/ha respectivamente, mientras que sus medias de rendimiento en el índice ambiental más pobre fueron de 0.342, 0.476 y 0.737 ton/ha; a la vez que para el mejor índice ambiental fueron de 2.004, 1.027 y 1.630 ton/ha respectivamente, de lo cual se deduce que el genotipo que presenta mejor capacidad de respuesta es el cuatro (Turquía CM-1000), en virtud de que aún cuando en el peor índice ambiental es menor que el siete y el 12, en el mejor índice ambiental, es el que presenta la capacidad de respuesta de mayor valor numérico.

Referente a los genotipos seis (Jordán CM-1082) y 21 (material comercial variedad Gila), los cuales aparecen en la categoría (e), su comparación resulta relevante, ya -

que presentaron respuestas del mejor índice ambiental, con respecto al peor índice ambiental de 3.078 y 2.833 ton/ha respectivamente, presentando el genotipo seis la mayor magnitud, aun cuando su rendimiento predicho (3.436 ton/ha) en el mejor índice ambiental, fue algo inferior al del genotipo 21 con una diferencia de 0.068 ton/ha.

Generalmente en la investigación agrícola se ha venido usando tradicionalmente el rendimiento promedio de los genotipos para su discriminación y recomendación para su uso extensivo, caso típico de esto es el empleo del análisis de varianza combinado, el cual nos indica cómo se comportan los materiales en diversos ambientes de evaluación en base a las medias sin considerar siquiera si existe o no interacción genético-ambiental ni mucho menos si el comportamiento de la variedad así escogida permanece o no estable al cultivarse bajo una gama de ambientes. En el caso de la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966) según lo reportado por la literatura, es en este modelo, tal vez si no el más eficiente, una de las mejores, o bien, la más recomendable para seleccionar variedades deseables.

Medina (1987), estudiando la interacción genotipo-medio ambiente para rendimiento y peso de 1000 granos en 81 materiales de sorgo para grano (Sorghum bicolor L. Moench), reporta que en varios ambientes, al seleccionar por estabilidad, es mejor que cuando se realiza en base al rendimiento promedio, por lo que el método de Eberhart y Russell resultó efectivo para la selección de genotipos por su estabilidad.

Esto es corroborado por Nieto (1987) estudiando parámetros de estabilidad en girasol (Helianthus annuus L.) al comparar las dos metodologías, observa que el análisis de varianza - combinado, al discriminar los materiales sólo en función de su rendimiento promedio, sin tomar en cuenta el comporta - miento de éstos a través de la gama de ambientes, descarta genotipos sin proporcionarnos mayor información; mientras - que el análisis de estabilidad permite seleccionar los geno - tipos utilizando simultáneamente tanto su media de rendi - miento como su comportamiento a través de los diversos am - bientes. En virtud de lo cual permite en función de las ca - racterísticas agroclimáticas y socioeconómicas de las diver - sas regiones, recomendar los materiales más adecuados para un deficiente o buen manejo, así como materiales que posean la capacidad de presentar buen comportamiento promedio al - cultivárseles en amplia gama de ambientes.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados de esta investigación, se puede concluir que la metodología de Eberhart y Russell (1966), en combinación con la clasificación propuesta por Carballo y Márquez (1970), es un criterio efectivo de selección para la discriminación de genotipos con respecto a su estabilidad.
 - a) En los ambientes favorables, los mejores genotipos por su estabilidad y consistencia fueron: Jordán CM-1082 (genotipo seis), y la variedad comercial Gila (genotipo 21).
 - b) Para los ambientes desfavorables, los mejores genotipos, por su estabilidad y consistencia, fueron: Irán CM-893, y Saffola-208, genotipos tres y 22 respectivamente.
 - c) Los genotipos dos, ocho, 16 y 19, que corresponden en el orden dado a Paquistán CM-799, Líbano CM-1098, Sudán CM-1376 y Kino-76, fueron los más estables y consistentes a través de la gama de ambientes.
 - d) El genotipo 14 (Egipto CM-1276), también se ubicó dentro de los genotipos estables a través

de la gama de ambientes pero con la desventaja manifiesta, de ser inconsistente.

2. Los mejores genotipos en los ambientes favorables presentaron más peso de semilla y mayor número de capítulos por planta. Los caracteres peso de semilla, número de semillas por capítulo y número de capítulos por planta, fueron determinantes en el rendimiento económico para los mejores genotipos en los ambientes desfavorables. Los materiales más estables presentaron mayor peso de semilla y cantidad de la misma por capítulo, la cual indica que los componentes de rendimiento pueden ser un criterio útil de selección en el mejoramiento para adaptación o adaptabilidad.
3. Los componentes: número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo y peso de 100 semillas, pueden mostrar un efecto negativo pero compensativo entre las correlaciones de los componentes de rendimiento, por tanto, es difícil establecer un programa de mejoramiento a través de un solo componente.
4. Se encontró una correlación positiva y significativa entre los días a floración y días a madurez fisiológica ($r = 0.725$), lo que indica que las plantas que florecen primero llegarán más pronto a la etapa de cosecha, siendo deseable esta

correlación para seleccionar individuos que sean necesarios con capacidad de escape a efectos ambientales o plagas.

5. En el presente estudio los bajos valores de los índices de cosecha, indican que el cártamo posee una estructura vegetativa voluminosa, la cual no está acorde con el número de capítulos que sustenta, por lo tanto, un alto valor de biomasa no será un criterio de selección adecuado, ya que esto redundará en el abatimiento del índice de cosecha.
6. Es deseable considerar la posibilidad de formar ideotipos con plantas compactas que incluyan los caracteres, que demuestran ser verdaderamente los componentes del rendimiento; capítulos por planta, número de semillas por capítulo y peso de 100 semillas, aunque las correlaciones altas y negativas entre algunos de ellos dificulten lograr la formación de estos ideotipos, se pueden buscar otras estrategias aparte de la selección, como los programas de cruzamientos y recombinación, con el objeto de romper algunos bloques de ligamiento que están ocasionando este comportamiento.

RESUMEN

Veintidos genotipos con amplia gama de variabilidad fueron evaluados en los ambientes de Venecia, Dgo., Ocampo, y Buenavista, Coah., con el objetivo de clasificarlos por su estabilidad, estudiar la interacción entre el genotipo y el ambiente, determinar algunos parámetros fisiotécnicos, estudiar las correlaciones entre caracteres y sus relaciones morfofisiológicas.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones en cada ambiente, un análisis combinado de todos los ambientes y el modelo de Eberhart y Russell (1966), para definir la importancia de las interacciones con respecto a la estabilidad y apoyándose en la metodología propuesta por Carballo y Márquez (1970), se clasificaron los genotipos de acuerdo a sus respuestas en los diferentes ambientes.

El análisis de varianza combinado indicó diferencias altamente significativas para la interacción genotipos por localidades, siendo la de mayor importancia. Los tres genotipos superiores clasificados por su rendimiento fueron: la variedad Gila, Líbano CM-1098 y la variedad Kino-76.

Las características altura de planta, número de capítulos por planta, número de semillas por capítulo y peso

de 100 semillas, registraron valores altos de heredabilidad en sentido amplio, por lo tanto, podrían usarse con relativa efectividad.

Los días a floración presentaron una correlación positiva y significativa con días a madurez fisiológica ($r = 0.725$); rendimiento biológico presentó correlación positiva y altamente significativa con el rendimiento económico ($r = 0.674$).

La clasificación de los genotipos de acuerdo a su grado de estabilidad y consistencia, reveló que el material introducido Jordán CM-1082 y la variedad Gila, respondieron mejor en ambientes favorables y son consistentes, por lo que deben explotarse bajo el concepto de adaptación específica, mientras que Irán CM-893 y Saffola-208, resultaron ser capaces de responder mejor en ambientes desfavorables y son consistentes, lo que les confiere una capacidad de adaptación general. Dentro de los materiales más estables y consistentes, los mejores fueron Líbano CM-1098 y la variedad Kino-76.

LITERATURA CITADA

- Abel, G.H. 1976a. Inheritance of stem length and its components in safflower. *Crop Sci.* 16(1-4):374-376. USA
- _____. 1976b. Relationships and uses of yield components in safflower breeding. *Agr. Journal.* 168:442-447.
- Allard, R.W. 1967. Principio de la mejora genética de las plantas. 1ª edición en español. Ed. Omega. Barcelona, España. 125 p.
- Allard, R.W. and Bradshaw. 1964. Implications of genotype - environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4:503-507.
- Allen, F.L., R.E. Comstock and D.C. Rasmussen. 1978. Optimal environmental for yield testing. *Crop Sci.* 18:747-751.
- Anónimo. 1979. Effect of morphological characters on the yield of safflower. *Field Crop Abstracts.* 32(1-11):688. USA.
- Anónimo. 1987. El norte: primero en cártamo. *Agrosíntesis.* 18(10):28-29.
- Ashok, K. 1970. Inheritance and association of six traits in safflower. *Crop Sci.* 19(4-6):523-527. USA.
- 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(4-6):799-801.

- Bhatt, G.M. 1977. Response to two-way selection for harvest index in two wheat (Triticum aestivum L.) crosses. Aust. J. Agric. Res. 28:29-36.
- Billings, W.D. 1952. The environmental complex in relation - to plant growth and distribution. Quar. Rev. Biol. 27(3):251-265.
- Břadshaw, A.D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. Adv. genet. 13:115-155.
- Brewbaker, J.L. 1967. Genética agrícola. trad. de la edición en inglés. UTEHA. México. 261 p.
- Brinkman, M.A. and K.J. Frey. 1977. Yield component analysis of oat isolines that produce different grain yields. Crop Sci. 17:165-168.
- Bucio, A.L. 1966. Interpretación de la varianza fenotípica - cuando se consideran efectos genéticos ambientales e interacción genético-ambiental. Agrociencia 4(1):29-37.
- Burd, P. and J. Lomas. 1976. Leaf area measuring methods: A study of accuracy and cost. 1er. Symposium on the agrometeorology of the maize (corn). Crop world - meteorological organization. Iowa State University Ames, Iowa. 89 p.
- Buttery, B.R. and Buzzell. 1972. Some differences between - soybean cultivars observed by growth analysis. Can. J. Plant Sci. 52:13-20.
- Carballo, C.A. y S.F. Márquez. 1970. Comparación de variedades de maíz de El Bajío y la Mesa Central, por su rendimiento y estabilidad. Agrociencia 5(10):129-146.

- Castellón, O., J.J. 1976. Uso de los parámetros de estabilidad como criterio de selección en maíces cristalinos de la Sierra de Chihuahua. Tesis profesional. Guadalajara, Jal. 65 p.
- Castro, G.M. 1973. Maíces superenanos para El Bajío. Boletín Técnico ESAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 12 p.
- _____. 1978. Informe de avances de investigación en el mejoramiento genético del maíz. Bol. Téc. No. 1. UAA AN. Buenavista, Coahuila, México. 124 p.
- Channeshapa, M.G. 1980. Genetics of seed yield, oil content and other quantitative characters in safflower - (Carthamus tinctorius L.) Mysore Journal of Agriculture Sciences. 14(3):463.
- Comstock, R.E. and R.H. Moll. 1963. Genotype-environment interactions. In: W.D. Hanson and H.F. Robinson (eds.) Statistical genetics and plant breeding. Natl. Acad. Sci. Natl. Res. Counc. Publ. 982. Washington, D.C. pp. 164-196.
- Crofts, C.F., O.L. Jackson, P.M. Martin y J.C. Patrick. 1971. Los vegetales y sus cosechas. Fundamentos de agricultura moderna. 2ª traducción. R. Morán. Ed. AEDOS. Barcelona, España. 245 p.
- Dewey and Harris. 1964. Expected and predicted progress from index selection involving estimates of population parameters. Journal Biometrics Society. 20:46-72. USA.
- Donald, C.M. 1962. The breeding of corn ideotypes. Euphytica 17:385.
- Donald, C.M. and J. Hamblin. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criterio. In: Advances in agronomy. 28:361-406.

- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameter for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- Fakorede, M.A.B. and J.J. Mock. 1980. Growth analysis of maize variety hibrids obtained from two recurrent selection programmes for grain yield. *New Phytol.* 85, 393-408.
- Falconer, D.S. 1984. *Introducción a la genética cuantitativa*. CECSA. 14ª impresión. México. 380 p.
- Fick, G. 1978. Breeding and genetics in Sunflower Science and Technology. *Agronomy* 19. The American Society of Agronomy. pp. 279-329.
- Finlay, K.W. and Wilkinson, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. Jour. Agric. Res.* 14:742-454.
- Fischer, R.A. and Z. Kertesz. 1976. Harvest index in spaced populations and grain weight in microplots as indicators of yielding ability in spring wheat. *Crop Sci.* 16:55-59.
- Gibson, P.T. and K.F. Shertz. 1977. Growth analysis of a sorghum hibrids and its parents. *Crop Sci.* 17:387-391.
- Grafius, J.E. 1965. A geometry of plant breeding. *Mich. State Univ. Agric. Exp. Sta. Res. Bull* 7:59.
- Guzmán M., E.E. 1984. Selección recurrente a través de líneas S_1 en girasol (Helianthus annuus L.) Tesis M.C. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 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.

- Hayashi, H. and K. Hanada. 1986. Contribution of leaves and bracts to the seed yield and yield components in - safflower plants (Carthamus tinctorius L.). Jpn. J. Crop Sci. 55(1):60-67.
- 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.
- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis studies in biology No. 96. Ed. E. Arnold. Gran Bretaña. 67 p.
- Johnson, G.R. and K.J. Frey. 1967. Heretabilities of quantitative attributes of oats, avena sp, and varying - levels of environmental stresses. Crop Sci. 7:43-46.
- Joppa, L.R., L.K. Lesbok and R.H. Bush. 1971. Yield stability of selected spring wheat cultivars (Triticum aestivum L.), in the uniform regional nurseries. 1959 to 1958. Crop Sci. 11:238-241.
- Joshi, B.P., M.V. Thombre, B.S. Manke and P.N. Chaudhari. 1985. Construction of selection indices for varietal selection in safflower (Carthamus tinctorius L.). J. Maharashtra Agric. Univ. 10(20):142-143. India
- Kotecha, A. 1981. Inheritance of seed yield and its components in safflower. Canadian Journal of Genetics and Cytology. 23(1):111-117.
- Lerner, I.M. 1954. Genetic homeostasis. John Wiley and Sons Inc. New York. 298 p.
- Lin, C.S., M.R. Binns and L.A. Lefrovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand? Crop Sci. 26(5):894-899.
- Little, T.M. y F.J. Hills. 1985. Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. Trad. por A. De Paula C. Ed. Trillas. 5ª reimpresión. México. 416 p.

- Makne, V. & V.P. Chaudhari. 1980. Combining ability in safflower (Carthamus tinctorius L.). Journal of Maharashtra Agricultural University. 5(2):128-130.
- Márquez, S.F. 1974. El problema de la interacción genético-ambiental en genotecnia vegetal. Patena, A.C. Chapingo, México. 113 p.
- Martínez W., O.M.C. Terregoza y B.R. Martínez. 1970. Estabilidad fenotípica de poblaciones heterocigotas en maíces de clima frío. Fitotecnia Latinoamericana 7: 71-84.
- Mathur, J.R., S.B.S. Tikka, R.K. Sharma, P. Singh, S.L. Dashuta. 1976. Genetic variability and path coefficient analysis of yield components in safflower. Indian Journal of Heredity. 8(3/4):1-9.
- Matsuo, T. 1975. Adaptability, stability and productivity in crop plants. Adaptability in plants. Ed. by T. Matsuo. JIBP. Synthesis. 6:173-177.
- Medina, V.M.A. 1987. Estudio de la interacción genotipo-ambiente para rendimiento y peso de 1000 granos en 81 materiales de sorgo para grano (Sorghum bicolor L. Moench). Tesis profesional UAAAN. Buenavista, Coah. México. 93 p.
- Mehrotra N., V. Kumar, Kanwar Singh. 1978. A note of leaf estimation by linear measurements in safflower (Carthamus tinctorius L.) fodder. Haryana Agricultural University Journal of Research. 8(40):268-269.
- Mejía, P.A. 1987. Estabilidad de la producción de 29 materiales de sorgo forrajero a través de diferentes medios ambientes. Tesis profesional UAAAN. Buenavista, Coah., México. 63 p.

- Moll, R.H. and W. Stuber. 1974. Quantitative genetics empirical results relevant to plant breeding. *Advances in Agron.* 26(IV):277-313.
- Narkhade, B.N., J.V. Patil and A.B. Deokar. 1985. Estimates of variability parameters in safflower. *Journal of Maharashtra Agricultural University.* 10(1):97-98. India.
- Nieto, M.F. 1987. Parámetros de estabilidad, parámetros genéticos y correlaciones fenotípicas en girasol (*Helianthus annuus* L.). Tesis M.C. UAAAN. Buenavista, Coah., México. 90 p.
- Norris, W.G. and T.C. Trcker. 1967. Growth yields and yield components of safflower as affected by source, rate and time of application of nitrogen. *Agr. Jour.* 59:54-56.
- Oyervides, G.A. 1980. Adaptabilidad, estabilidad y productividad de variedades tropicales de maíz (*Zea mays* L.) Tesis profesional UAAAN. Buenavista, Coah., México. 86 p.
- Palomo, G.A. y G.J. Molina. 1975. Estabilidad del rendimiento en variedades del algodónero (*Gossypium hirsutum* L.) para la Comarca Lagunera. *Agrosociedad* 21:67-76.
- Parameswarappa, K.G. 1983. Genetic analysis oil yield and other quantitative characters in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). PhD. Thesis. *Abstracts* 9(1):78
- Prieto A.N. 1988. Estimación de parámetros fisiotécnicos en genotipos introducidos de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). Tesis profesional UAAAN. Buenavista, Coah., México. 119 p.
- Puente, M.J.L. 1983. Evaluación de líneas per se y su estabilidad para rendimiento de sorgo para grano en tres ambientes temporales. Tesis M.C. UAAAN. Buenavista, Coah., México. 57 p.
- Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulae-their use and abuse. *Crop Sci.* 7:171-175.

- Ramachandram, M. and J.V. Goud. 1981. Genetic analysis of seed yield, oil content and their components in safflower (Carthamus tinctorius L.). *Theor. Appl. Genet.* 60:191-195. USA.
- Ramírez, G.A. 1988. Evaluación de 13 genotipos de cártamo (Carthamus tinctorius L.), parámetros genéticos y correlaciones. Tesis profesional UAAAN. Buenavista, Coah., México. 84 p.
- Ranga, R.V. 1983. Combining ability for yield, percent oil and related components in safflower. *Indian Journal of Genetics and plant breeding.* 43(1):68-75. India.
- Rassmusson, D.C. and R.Q. Cannell. 1970. Selection for grain yield and components of yield in barley. *Crop Sci.* 10(4) : 51-54.
- Rassmusson, D.C., H. Mc Lean and T.L. Tew. 1979. Vegetative and grain-filling periods of growth in barley. *Crop Sci.* 19:5-9.
- Romero, H.L. 1981. El índice de cosecha como criterio de selección para rendimiento en dos poblaciones de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) bajo tres métodos de selección familiar. Tesis M.C. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 85 p.
- Rosielle, A.A. and K.J. Frey. 1977. Inheritance of harvest index and related traits in oats. *Crop Sci.* 17:23-28.
- Rowe, P.R. and R.H. Andrew. 1964. Phenotypic stability for a systematic series of corn genotypes. *Crop Sci.* 4:563-567.
- Russell, W.A. and S.A. Eberhart. 1968. Test crosses of one and two-ear types of corn belt maize inbreds. II. Stability of performance in different environments. *Crop. Sci.* 8:248-251.

- Scott, G.E. 1967. Selecting for stability of yield in maize
Crop Sci. 7:549-251.
- Sepaskha, A.R. 1977. Estimating leaf water potential in -
safflower. Agr. Journal 69:894-895.
- Singh, J.D. and N.C. Stoskopf. 1971. Harvest index in -
cereals. Agron. Jour. 63:224-226.
- Syme, J.R. 1970. A high yielding mexican semidwarf wheat -
and the relationship of yield to harvest index and
other varietal characteristics. Aust. Jour. of Exp.
Agric. and An. Husb. 10:350-353.
- Takeda, K. and K.J. Frey. 1976. Contributions of vegetative
growth rate and harvest index to grain yield of -
progenies from Avena sativa x A. sterilis crosses.
Crop. Sci. 16:817-821.
- Tanaka, A. y J. Yamaguchi. 1972. Producción de materia seca,
componentes de rendimiento y rendimiento de grano en
maíz. Trad. de J. Kohashi S. Centro de botánica. CP
Chapingo, México. 124 p.
- Vela, C.M. and K.J. Frey. 1972. Optimum environment for maxi
mizing heretability and genetic gain from selection.
Iowa State. J. Sci. 46:381-394.
- Wallace, D.H., J.C. Ozbum and H.M. Munger. 1972. Physiologi-
cal genetics of crop yield. Adv. Agron. 24:97-146.
- Watson, D.J. 1952. The dependence of net assimilation rate
on leaf area index. Ann. Bot. N.S. 22:37-54.
- Went, F.W. 1957. The experimental control of plant growth.
Chronica Botanica Company. Waltham, Mass. USA. 343 p.
- Wilsie, C.P. 1962. Crop adaptation and distribution. W.H.
Freeman and Co. San Francisco and London. 448 p.

- Williams, R.F. 1946. The physiology of plant growth with -
special reference to the concept of net assimilation
rate. Ann. Bot. N.S. 10:41-72.
- Woodworth, C.M. 1931. Breeding for yield in crop plants. -
Jour. Amer. Soc. Agron. 23:388-395.
- Yoshida, s. 1972. Physiological aspects of grain yield. Ann.
Rev. Plant Physiol. 23:437-464.
- Zavala, G.F. 1982. Interrelación entre los caracteres fisio-
técnicos del híbrido y sus progenitores sobre el ren-
dimiento de grano y estimación de parámetros genéti-
cos en sorgo para grano (Sorghum bicolor (L.) Moench)
Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méxi-
co. 315 p.

A P E N D I C E

Cuadro A.1. Producción y consumo de cártamo. 1977-1987

Concepto	Unidad de medida	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	P ₁₉₈₆	E ₁₉₈₇
Producción	T (mil)	518	616	635	480	339	221	277	209	150	161	322
Consumo aparente	T (mil)	518	616	635	480	339	221	277	209	150	173	322
Consumo per-cápita	Kilogramo	8.1	9.3	9.4	6.9	4.7	3.0	3.7	2.7	1.9	2.2	4.0
Superficie sembrada	Ha (mil)	-	-	541	435	474	228	453	256	304	259	398
Superficie cosechada	Ha (mil)	404	429	529	416	399	189	349	227	234	204	398

P: Preliminar

E: Estimado

Fuente: Anónimo, 1987.

Cuadro A.2. Producción de cártamo por Entidad Federativa
1986-1987 (Ciclo otoño-invierno)

Entidad	Superficie sembrada	Superficie cosechada (ha)	Producción (ton)
Tamaulipas	187,621	165,862	86,513
Sinaloa	84,885	63,460	52,563
Sonora	19,596	18,894	36,223
Michoacán	12,940	9,180	12,940
Baja California Norte	4,898	3,585	8,604
Otras entidades	17,386	13,423	15,698
	<u>327,326</u>	<u>274,404</u>	<u>212,541</u>

Fuente: Avance en la producción agropecuaria y forestal.
Sistema integral de información. Vol. 1, No. 3
SARH/agosto de 1987