

201.44



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

**Facultad de Estudios Superiores
"CUAUTITLAN"**

**ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE HABA
(Vicia faba L.) EN LOS ESTADOS DE MEXICO
Y TLAXCALA**

TESIS PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
MARTHA ELVA REYES IBARROLA**

Cuautitlán Izcalli, Noviembre de 1987



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

· INDICE DE CUADROS

CUADRO	Pág.
1. Situaciones posibles derivadas del valor de los Parámetros de Estabilidad (Carballo 1970).	14
2. Colectas evaluadas.	19
3. Descripción de los ambientes de evaluación.	20
4. Características de las localidades de evaluación.	21
5. Características climáticas de las localidades de evaluación.	22
6. Grupo 1. Formado por 20 colectas y 3 ambientes.	24
7. Grupo 2. Constituido por 7 colectas y 5 ambientes.	25
8. Grupo 3. Comprende 4 colectas y 6 ambientes.	26
9. Análisis de varianza para estimar los Parámetros de Estabilidad. (Eberhart y Russell 1966).	30
10. Grupo 1. Análisis de varianza para estimar los Parámetros de Estabilidad de 20 colectas de haba evaluadas en tres ambientes.	33
11. Comparación de los rendimientos medios y Parámetros de Estabilidad dentro del Grupo 1.	34
12. Grupo 2. Análisis de varianza para estimar los Parámetros de Estabilidad de 7 colectas de haba evaluadas en 5 ambientes.	36

CUADRO

Pág.

13.	Comparación de los rendimientos medios y Parámetros de Estabilidad dentro del Grupo 2.	37
14.	Grupo 3. Análisis de varianza para estimar los Parámetros de Estabilidad de 4 colectas de haba evaluadas en 6 ambientes.	39
15.	Comparación de los Rendimientos medios y Parámetros de Estabilidad dentro del Grupo 3.	40
16.	Rendimiento y valores de b_i y S^2_{di} de 4 colectas de haba.	42

CUADROS DEL APENDICE

CUADRO	Pág.
1A. Rendimientos medios de 20 colectas de haba evaluadas en 3 ambientes.	49
2A. Rendimientos medios de 7 colectas de haba evaluadas en 5 ambientes.	50
3A. Rendimientos medios de 4 colectas de haba evaluadas en 6 ambientes.	51

INDICE DE FIGURAS

1 a 2 Respuesta de 10 colectas de haba evaluadas en 3 ambientes.	52
3 Respuesta de 7 colectas de haba evaluadas en 5 ambientes.	53
4 Respuesta de 4 colectas de haba evaluadas en 6 ambientes.	54

INDICE DE GRAFICAS

1 Promedio mensual de precipitación y temperatura durante 10 y 13 años, respectivamente en Chapingo, México.	55
2 Promedio de precipitación y temperatura media mensual durante 7 años en Atlanga (Estación Muñoz), Tlaxcala.	56
3 Precipitación y Temperatura media mensual durante 15 años en Tecoac, Tlaxcala.	57

R E S U M E N

En el presente estudio se analizan datos del rendimiento de haba (Vicia faba L.), proporcionados por el Programa de Frijol del Campo Agrícola Experimental Valle de México (CAEVAMEX) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); los cuales comprenden ensayos de rendimiento de esta especie en los estados de México y Tlaxcala, con la finalidad de identificar material sobresaliente para que puedan ser utilizados en programas de mejoramiento genético.

De acuerdo a los datos proporcionados, se formaron tres agrupamientos que se analizaron con la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966) de Parámetros de Estabilidad; en donde la variable a considerar fue el rendimiento en grano seco de haba. Los resultados de este análisis indicaron que en el grupo uno destacó el material correspondiente a la colecta Tlaxcala 12, que resultó estable; Puebla 4 tuvo una respuesta mejor en ambientes desfavorables y presentó consistencia. En los grupos dos y tres las colectas manifestaron buena respuesta a todos los ambientes e inconsistencia excepto para Puebla 19 que presenta una respuesta mejor en ambientes desfavorables e inconsistencia. Esta clasificación se hizo en base a las categorías propuestas por Carballo en 1970.

I N D I C E

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
2.1. Origen de la especie	2
2.2. Taxonomía	2
2.3. Descripción botánica	3
2.4. Ambiente	3
2.5. Adaptación	5
2.6. Adaptabilidad	6
2.7. Homeostasis y Plasticidad	6
2.8. Interaccion Genotipo-Ambiente	8
2.9. Estabilidad	10
2.10. Evaluación de estabilidad en rendimiento	11
III. MATERIALES Y METODOS	18
3.1. Material genético	18
3.2. Localización y parámetros climáticos de los ambientes	18
3.3. Criterios para la formación de grupos	23
3.4. Establecimiento y prácticas de cultivo	23
3.5. Análisis Estadístico	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	32
4.1. Análisis de Varianza y Estimación de Parámetros de Estabilidad	32
V. CONCLUSIONES	44
VI. BIBLIOGRAFIA	45
VII. APENDICE	48

I. INTRODUCCION

El cultivo de haba es de gran importancia en los Valles Altos de México (región que comprende el Estado de Tlaxcala, parte de los estados de México, Puebla, Michoacán, Hidalgo, Veracruz y Morelos). Esta leguminosa se puede consumir tanto en grano seco como en fresco (vainas tiernas), o bien, como alimento para el ganado.

Asimismo, es una planta en la que las condiciones ambientales influyen significativamente en su producción y por lo tanto, se ha ce necesario evaluar la estabilidad del rendimiento de dicho culti vo.

En base a la técnica de Parámetros de Estabilidad Propuesta por Eberhart y Russell (1966) y a la clasificación realizada por Carballo (1970); es posible seleccionar materiales promisorios para trabajos posteriores de mejoramiento genético.

En el presente estudio se analizan una serie de ensayos regio nales, llevados a cabo por el Programa de Frijol del Campo Agrícola Experimental Valle de México (CAEVAMEX), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias; siendo los principales objetivos los siguientes:

1. Identificar colectas con adaptación general, que puedan re comendarse posteriormente para la zona de Valles Altos.
2. Identificar colectas con adaptación específica y alto ren- dimiento para algunas zonas.
3. Seleccionar colectas que por su buen comportamiento y esta bilidad de rendimiento puedan usarse como progenitores en los programas de mejoramiento.

HIPOTESIS

Dentro de las colectas evaluadas, se presenta la característica de estabilidad y rendimiento elevado.

Al menos una de las colectas presenta rendimientos superiores a la media general y adaptación.

Existe material sobresaliente para ser considerado en un programa de mejoramiento genético.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Origen de la especie.

Se considera que el centro de origen de la especie es el Norte de Africa o el Suroeste de Asia (Hector 1936 y Box 1961).

INIA (1982) menciona que en Egipto se ha conseguido hacer germinar semillas de haba de los años 2200 - 2400 A.C.

De acuerdo a Vavilov (1951), el haba es originaria del Centro y Suroeste de Asia y algunas regiones circunvecinas al mar mediterráneo y de regiones sur occidentales y orientales de Asia menor.

2.2. Taxonomía.

Laguna (1983) reporta que el haba (Vicia faba L. $2n=12$) se clasifica de la siguiente manera:

Familia: Leguminosae
 Subfamilia: Papilionoidae
 Tribu: Viceae
 Sección: faba
 Género: Vicia
 Especie: faba

Asimismo, indica que el género Vicia cuenta con aproximadamente 150 especies (de las cuales se cultivan unas 10), distribuidas en regiones templadas y frías principalmente.

2.3. Descripción botánica.

Laguna (1983), menciona que de la especie se clasifican dos grupos botánicos: Mayor y Minor. Describe el haba como una planta anual o bianual de hábito de crecimiento indeterminado, que presenta gran variabilidad en cada uno de sus caracteres morfológicos y anatómicos.

Hector (1936), indica que las plantas de haba son erectas, glabras, de tallo hueco. El follaje es abundante, conformado por hojas compuestas de 1 a 5 foliíolos oblongos. Las flores se dan en racimos axilares, variando su número de 2 a 6. El fruto es una vaina que en algunas variedades mide hasta 30 cm, siendo el promedio de 5 a 10 cm. Las semillas son angulosas, fuertemente comprimidas a casi globulares, blancas, verdes, amarillas, café, purpuras, negras o con combinaciones de estos colores, de 1 a 2.5 cm. de largo con un hilio prominente.

Laguna (1983), señala que en México se prefieren habas de grano grande y amarillo para consumo humano y en menor proporción las blancas, moradas y pintas para otros usos como la alimentación de ganado. Añade que esta especie se considera predominantemente autógama y por consiguiente, las variedades o poblaciones son más o menos homogéneas; sin embargo, pueden presentar altos porcentajes de cruzamiento natural (polinización entomófila).

2.4. Ambiente.

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

Allard y Bradshaw (1964), dividen las variaciones del ambiente en predecibles e impredecibles, siendo predecibles todas aquellas características permanentes del medio ambiente, como caracteres generales del clima, tipo de suelos, etc., en tanto que impredecibles son todas aquellas fluctuaciones en función del tiempo, tales como cantidad y distribución de las lluvias y temperaturas. Denominan a una variedad como "Buena amortiguadora" o con "Buena flexibilidad" cuando puede ajustar su condición genotípica y fenotípica en respuesta a fluctuaciones transitorias del medio ambiente y distinguen dos tipos de flexibilidad a través de las cuales una variedad puede tener estabilidad: 1) "Flexibilidad individual", cuando los individuos por sí mismos pueden ser de "Buena flexibilidad", de tal forma que cada miembro de la población tiene una buena adaptación al rango de ambientes y 2) "Flexibilidad poblacional", que surge de las interacciones de diferentes genotipos coexistiendo, cada uno de ellos adaptado a determinados rangos de distintos ambientes.

Bucio (1969), menciona que la expresión del rendimiento depende de dos factores: uno genético y otro ambiental y cualquier cambio cualitativo o cuantitativo, en uno o ambos de éstos factores, producirá un efecto fenotípico diferente.

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

2.5. Adaptación.

Brewbaker (1967), considera a la adaptación como un sinónimo de potencial de reproducción.

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 que se desarrolla.

Robles (citado por Figueroa, 1983) asienta que adaptación es el proceso por el cual los individuos, o partes de individuos, poblaciones o especies cambian de forma o función de tal modo que so sobreviven mejor en ciertas condiciones ambientales; añade que el re resultado de este proceso es la modificación de la estructura o función por la que un organismo está capacitado para sobrevivir en un medio dado.

Brauer (citado por Figueroa, 1983) define adaptación como la capacidad de un individuo o grupo de ellos para vivir y desarrollar se en un habitat determinado, o sea, es el resultado de la selección natural o artificial.

Muñoz et al (citado por Vidales, 1981) hace notar que la adaptación de maíces criollos se observa en dos sentidos: adaptación vertical y horizontal. La primera es en aquellos criollos muy rendidores en su localidad y poco productivos en otras, y la segunda cuando un criollo se adapta a varias localidades.

Briggs y Knowles (citados por Vidales, 1981) clasifican a la adaptación en específica y general. La específica es cuando una va riedad está bien adaptada a un medio ambiente, pero no se adapta a ningún otro medio. La general se refiere a la habilidad que tiene una variedad de funcionar bien en un amplio rango de fluctuaciones en el ambiente, pero que no sea superior en ninguno.

2.6. Adaptabilidad.

Matsuo (1975), señala que la adaptabilidad es la capacidad de un organismo para vivir y reproducirse en ambientes fluctuantes, y subrayó que es una habilidad genética de los organismos que determina la estabilización de las interacciones genético-ambientales por medio de procesos génico-metabólicos y fisiológicos de los organismos; indica que dicho carácter ha sido adquirido a través del proceso evolutivo. Añade que la adaptabilidad es una habilidad genética de las variedades cultivadas para producir un rendimiento alto y estable en ambientes diferentes, ya que la sobrevivencia y reproducción están bajo control humano, por lo que no están relacionadas con su adaptabilidad natural.

Allard y Hansche (citados por Vidales, 1981) indican que un postulado de la genética de poblaciones es que adaptación y adaptabilidad son antagónicas y que para el éxito en mejorar la primera se requiere que la población bajo selección sea genéticamente variable. El antagonismo se manifiesta por que al mejorar la adaptación, la variabilidad se reduce y esto tiene también como consecuencia una reducción en la capacidad para el cambio.

2.7. Homeostasis y Plasticidad.

Allard y Bradshaw (1964), indicaron que existe bastante controversia respecto al significado del término homeostasis y señalan 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.

Lerner (1954), utiliza el término "Homeostasis genética" para designar la propiedad de una población de equilibrar su composición genética para resistir cambios repentinos. Dentro de los aspectos importantes de la hipótesis que formula, está el de la asociación de una mayor aptitud de los genotipos heterocigotes sobre los homocigotes, para un comportamiento más uniforme sobre diferentes ambientes. También señala que homeostasis es el mecanismo de autoregulación del organismo, el cual le permite estabilizarse ante las variaciones ambientales externas e internas.

Briggs y Knowles (citados por Vidales, 1981) señalan que la homeostasis es un término propuesto por Cannon para describir la habilidad del cuerpo humano a desarrollar y mantener un mismo estado estable al exponerse a un amplio rango de ambientes. El término se ha usado ampliamente en Biología, pero el calificado como homeostasis desarrollada se aplica al amortiguamiento de un genotipo o grupo de plantas tienen la habilidad para desarrollarse normalmente en presencia de condiciones ambientales adversas. La homeostasis debe expresarse por la reducción de la variabilidad, cuando un grupo de plantas con un mismo genotipo se encuentran creciendo bajo diferentes. También indican que como una aplicación a los cultivos de polinización cruzada, la homeostasis genética se debe a la habilidad de los mismos genotipos en un ambiente para compensar a otros no bien adaptados y diferentes genotipos tienen diferentes requerimientos de espacio.

Sinnot, Dunn y Dobshansky (citados por Figueroa, 1983) se refieren a la homeostasis como a reacciones adaptativas que pueden ser fisiológicas cuando "permiten que los procesos vitales continúen inalterados a pesar de las acciones ambientales que tienden a perturbarlos" o de desarrollo, cuando "den lugar a fenotipos adaptados a sobrevivir y reproducirse en sus respectivos ambientes" Además indican que la "homeostasis fisiológica no es tajantemente distinta a la de desarrollo", siendo frecuente las situaciones intermedias entre las dos.

Bradshaw (1965), menciona que la plasticidad no es de origen genético. 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 consiguiente es una condición opuesta a la estabilidad.

2.8. Interacción Genotipo - Ambiente.

El hecho de que una variedad sea estable o no, desde el punto de vista estadístico, depende de la ausencia o presencia de la interacción Genotipo-Ambiente, la cual ha sido definida por Márquez (1974), como " El comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes ambientes ".

Gómez (1977), menciona que es común observar que el comportamiento relativo de diferentes genotipos se altera al evaluarse en diferentes ambientes; esta modificación en la respuesta de los genotipos es debida a la presencia de una interacción genotipo-ambiente.

Chávez (1977), señala que la interacción Genotipo-Ambiente constituye una fuente de variación de importancia en la adaptación del material genético, y de un análisis se pueden llegar a producir técnicas que permitan seleccionar genotipos con amplitud de adaptación, o localizar áreas geográficas en las cuales la adaptabilidad de ciertas variedades sea mejor.

Jiménez (1979), establece que la respuesta variable que manifiestan los genotipos al ser sometidos a ambientes distintos se conoce como interacción genético-ambiental.

La primera aproximación para identificar y cuantificar la medida de las interacciones se considera que fue el trabajo de Fisher (citado por Gómez, 1977 y Jiménez, 1979) en 1926 cuando propuso los diseños factoriales, en experimentos de campo; esta técnica, al usarse en la medición de interacciones genotipo-ambiente, sirvió para identificar diferencias entre genotipos, entre ambientes y la evaluación de los efectos conjuntos.

Carralillo y Márquez (1970), establecen que la interacción genotipo-medio ambiente es una fuente de variación investigada con el objetivo de idear metodologías de prueba, análisis y selección, que permitan identificar poblaciones que debido a una menor interacción con el medio ambiente tengan mayor amplitud de adaptación o, en todo caso, para delimitar áreas geográficas en las cuales la adaptabilidad de determinadas variedades sea mejor.

Eberhart (1966), menciona que las interacciones genotipo-ambiente son de gran importancia para el genetista en la obtención y desarrollo de variedades mejoradas, ya que cuando las variedades son comparadas en una serie de ambientes diferentes, el ordenamiento relativo de dichas variedades normalmente difiere.

Gamez (1985), señala que en nuestro país el problema de la interacción genético-ambiental reviste una mayor importancia debido a sus características naturales y humanas. Es de todos conocida la diversidad ecológica que priva a todo lo largo y ancho de la república, no habiendo necesidad de recorrer grandes distancias en ocasiones, para cambiar de un ambiente a otro en forma repentina.

Carballo y Márquez (1970), mencionan que el comportamiento relativo de una variedad al ser probada en distintos ambientes, es un aspecto de mucha importancia en un programa de mejoramiento genético de maíz, y que el mejorador estará interesado en variedades con un rendimiento promedio elevado y que interaccionen poco con el medio ambiente, o en todo caso que esta interacción sea positiva.

Gómez (1977), indica que la contribución del ambiente a la expresión fenotípica de un carácter debe considerarse siempre en la selección, ya que genotipos que exhiben características prometedoras en determinado ambiente pueden resultar inadecuados en un ambiente distinto. Añade que para sortear este problema, se prueban los materiales en diferentes localidades en la fase final del mejoramiento genético, con el fin de que tengan la oportunidad de manifestar su real comportamiento, en condiciones variables del medio ambiente. También indica que el procedimiento seguido para recabar información sobre las respuestas fenotípicas, consiste en sembrar ensayos de rendimiento uniforme en las regiones agrícolas de interés y después someter los datos obtenidos a un análisis conjunto sobre el total de ambientes de prueba.

2.9. Estabilidad.

Eberhart y Russell (1966), se refieren al término "Estabilidad" como la habilidad de un organismo para mostrar la mínima interacción con el ambiente, y señalan que si esta característica está bajo control genético, se pueden planear evaluaciones preliminares para identificar los genotipos estables.

Bradshaw (1965), reveló que el grado de estabilidad varía de un genotipo a otro, de donde se infiere que está controlada genéticamente y por lo tanto puede ser factible aplicar selección para conseguirla.

Carballo y Márquez (1970), señalan que el comportamiento de una variedad en distintos medios ambientes puede expresarse en función del término "Estabilidad" siendo una variedad estable aquella que interacciona menos con el ambiente, esta condición aunada a un rendimiento promedio elevado, son deseables en cualquier variedad.

Figueroa (1983), menciona que el concepto de estabilidad es definido desde dos diferentes enfoques; uno de tipo biológico y el otro de tipo estadístico. Al respecto, Scott (1967), citado por Figueroa, 1983, indica que existen dos tipos de estabilidad de un híbrido: 1) La del híbrido que exhibe la menor variación sobre todos los ambientes evaluados (enfoque biológico) y 2) La del híbrido que no cambia su desarrollo relativo a otras variedades evaluadas en muchos ambientes (enfoque estadístico).

Márquez (1974), destaca que desde el punto de vista lógico y convencional, algo estable es aquello que no cambia a través del tiempo y del espacio, pero que no obstante -desde el punto de vista de Eberhart y Russell- una variedad estable responde exactamente a las fluctuaciones ambientales y no interacciona con el ambiente.

2.10. Evaluación de estabilidad en rendimiento.

Yates y Cochran, (citados por Gómez, 1977), propusieron una metodología que comprende un análisis de varianza convencional (ANAVA) y un análisis de regresión (ANRE) conjunto; dichos análisis permiten determinar si las interacciones genotipo-ambiente son una función lineal de la componente ambiental aditiva, mencionan también que para sortear este problema (estabilidad), se ha utilizado una técnica que mide los efectos diferenciales de ambientes sobre el comportamiento varietal para cualquier número de genotipos y ambientes; esta técnica utiliza el análisis de regresión para detectar variedades estables.

Finlay y Wilkinson (1963), estudiaron la adaptación del rendimiento de grano de 277 variedades de cebada (Hordeum vulgare). Para cada variedad se calculó una regresión lineal del rendimiento sobre la media de rendimiento de todas las variedades en cada sitio y estación, transformando los datos a una escala logarítmica induciendo un alto grado de linealidad. Los parámetros identificados por estos autores para medir la estabilidad fenotípica fueron: El coeficiente de regresión y el rendimiento medio varietal sobre todos los ambientes. En base a estos parámetros clasificaron las variedades de la siguiente manera:

a) Variedades con coeficientes de regresión $b=1.0$, indican estabilidad promedio. Si éstas presentan rendimiento alto tendrían una amplia adaptación, si por el contrario, muestran rendimiento bajo, estarán pobremente adaptadas a todos los ambientes.

b) Variedades con coeficientes de regresión $b > 1.0$, presentan una alta sensibilidad a cambios ambientales, están más específicamente adaptadas a ambientes de alto promedio.

c) Variedades con coeficientes de regresión $b < 1.0$, representaron fuerte resistencia a cambios ambientales y presentan mayor especificidad a ambientes de bajo rendimiento.

d) Variedades con coeficientes de regresión $b = 0.0$, indican estabilidad fenotípica absoluta.

Eberhart y Russell (1966), propusieron un modelo que define los parámetros de estabilidad que pueden usarse para describir el comportamiento de una variedad en una serie de medios ambientes. Usaron como índice ambiental el promedio de rendimiento de las variedades en un medio particular, menos la media general. Los parámetros fueron:

a) Un coeficiente de regresión (b_i) estimado como la regresión del rendimiento promedio de cada variedad sobre los distintos índices ambientales y,

b) El cuadrado medio de las desviaciones de la regresión (S^2_{di}).

Definen como variedad estable la que tenga valores de $b_i = 1$ y $S^2_{di} = 0$, respectivamente, para dichos parámetros, y para que ade más sea deseable, su rendimiento promedio debe ser elevado.

Carballo (1970), usó el modelo de Eberhart y Russell (1966), en un experimento de maíz; concluye que el método fue efectivo en la discriminación de las variedades según sus parámetros b_i y S^2_{di} , obteniendo la clasificación indicada en el Cuadro 1. Utiliza el término "Consistente" para describir la confiabilidad de las predicciones, e "Inconsistente" para denotar la variedad con amplias fluctuaciones debido a los cambios del ambiente. También menciona que el rendimiento promedio por variedad es una medida comparativa en cuanto al comportamiento individual de las variedades, establece comparaciones en cuanto a la adaptación en las condiciones de prue ba y los lugares de origen, sobre la base de que las variedades originadas o mejoradas para áreas geográficas particulares del mun do tienden a tener un grado de similitud genética y encuentran relaciones entre algunas características de planta y de adaptación.

De las situaciones mencionadas en el Cuadro 1, se considera variedad estable aquella cuyos parámetros de estabilidad son $b_i=1.0$ y $S^2_{di}=0$, y deseable si además es de rendimiento elevado. Valores de b_i mayores que 1.0 indican que la variedad responde bien, bajo condiciones favorables, pero su comportamiento es pobre en ambientes desfavorables; por el contrario, si b_i es menor que 1.0 será indicativo de que la variedad responde bien en condiciones de medio ambiente desfavorable, pero su respuesta es pobre en ambientes favorables.

CUADRO 1. Situaciones posibles derivadas del valor de los parámetros de estabilidad.
(Carballo 1970).

Situación	Coficiente de regresión	Desviación de la regresión	Descripción
A	$b_i = 1.0$	$S^2_{di} = 0$	Variedad estable.
B	$b_i = 1.0$	$S^2_{di} > 0$	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente.
C	$b_i < 1.0$	$S^2_{di} = 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente.
D	$b_i < 1.0$	$S^2_{di} > 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables e inconsistente.
E	$b_i > 1.0$	$S^2_{di} = 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes y consistente.
F	$b_i > 1.0$	$S^2_{di} > 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes e inconsistente.

Carballo (1970), propone la integración de un solo índice que incluya al rendimiento como al coeficiente de regresión b_1 y las desviaciones de regresión S^2_{di} para tener mayor eficiencia en la selección de variedades deseables, ponderando lógicamente las condiciones ambientales predecibles, impredecibles, el valor económico de la producción y sus relaciones con el mercado, entre otras. Este índice permitiría además estudiar grupos más numerosos de variedades en menor tiempo.

Carballo y Márquez (1970), menciona que rendimientos promedios elevados y coeficientes de regresión de 1.0 indican que la variedad tiene adaptabilidad general; coeficientes de regresión superiores a 1.0 identifican a variedades sensibles a los cambios ambientales y específicas para ambientes de altos rendimientos; por el contrario, valores inferiores a 1.0 identifican variedades poco sensibles a los cambios ambientales y con mayor especificidad a ambientes de bajos rendimientos.

Mier (1984), observa que en la evaluación del material dentro de las fases finales de mejoramiento genético, algunas veces se desconoce la mejor técnica estadística para evaluar las variedades y líneas avanzadas que han sido probadas bajo diferentes condiciones ambientales. Esta carencia obliga a considerar únicamente el rendimiento medio de los genotipos como una medida para su discriminación. Añade que el análisis de varianza de Parámetros de Estabilidad Propuestos por Eberhart y Russell en 1966, permite identificar cada uno de los materiales de acuerdo con su interacción con el ambiente; señala además que la respuesta de una variedad en diferentes ambientes se expresa en función del término estabilidad, en cuyo caso una variedad estable es aquella que interactúa menos con el ambiente, y, si además presenta rendimiento alto, debe ser la que se seleccione.

Gómez (1977), usó la metodología de Eberhart y Russel (1966) y concluyó que es efectiva para caracterizar híbridos de sorgo por estabilidad del rendimiento. Los materiales adaptados a los ambientes desfavorables los de menor rendimiento, y los que se adaptaron a todos los ambientes tuvieron un rendimiento intermedio. Señaló también que cuando sólo una región es base del mejoramiento los materiales obtenidos presentan una alta inconsistencia al evaluarlos ampliamente.

Martínez (citado por Jiménez, 1979) indicó que no fué posible identificar una variedad de trigo ideal (estable y consistente) en todas las características que estudió (rendimiento, calidad molinera y panadera). Sugirió que para seleccionar se tome como base el rendimiento de grano y luego se consideren las demás características.

Laguna (1983), indica que el uso de diferentes caracteres interrelacionados con el rendimiento del haba, así como su comportamiento bajo diferentes condiciones da una mayor base para la caracterización y selección de variedades.

Solórzano (1980), concluye que en base a los parámetros de estabilidad del número de vainas por planta, es posible explicar la estabilidad del peso seco de grano por planta, más no así la producción por unidad de superficie.

Camacho, (citado por Gómez, 1977) al evaluar la estabilidad del rendimiento de dos grupos de líneas homocigotas de frijol, identificó variedades por adaptabilidad en función del coeficiente de regresión y el rendimiento medio de cada genotipo.

Smith et al (citados por Palomo, 1974), encontraron en soya que los genotipos más rendidores presentaron coeficientes de regresión superiores a 1.0 y grandes desviaciones de regresión, sucediendo lo opuesto en los genotipos menos prometedores.

Allard (1961), en 10 poblaciones de haba de un mismo origen genético representando tres distintos niveles de diversidad genética, midió la relación entre diversidad genética y estabilidad; utilizando los parámetros siguientes:

- a) Consistencia en el orden de categorización. Grandes desviaciones en el orden de categorización son consideradas como indicativas de estabilidad.
- b) Magnitud relativa de la varianza. Se hizo un análisis de varianza para cada una de las 10 poblaciones.

El orden en estabilidad sobre años y localidades proporcionado por los dos parámetros fue: propagación en masa, mezclas mecánicas y líneas endocriadas.

Yassin (citado por Solórzano, 1980) con ensayos de rendimiento, realizados durante diez ciclos con diez variedades de haba realizó un análisis de estabilidad genotípica de su rendimiento, encontrando una respuesta lineal significativa y desviaciones de regresión altamente significativas, sugiriendo que la componente relativamente impredecible de la interacción genotipo x ambiente fué más importante en este material que la componente relativamente predecible.

Bond, (citado por Solórzano, 1980) encontró que en haba (Vicia faba L.) la reacción a ambientes no fué aditiva y tendió a limitar más el rendimiento de progenitores que el de híbridos y cruza altamente rendidoras.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Material genético.

En el presente trabajo se utilizaron datos de 6 ensayos de rendimiento de haba (Vicia faba L.) del Programa de Frijol, perteneciente al Campo Agrícola Experimental "Valle de México (CAEVAMEX).

En el Cuadro 2 se muestran las colectas utilizadas en dicho trabajo.

3.2. Localización y parámetros climáticos de los ambientes.

Los ambientes en los cuales fueron evaluadas las colectas corresponden a las localidades de Estación Muñoz y San Antonio Tecoaac en el Estado de Tlaxcala y a la localidad de Chapingo en el Estado de México. En el Cuadro 3 se hace una descripción de los ambientes.

En el Cuadro 4 se presentan las características de las localidades donde se evaluaron las colectas.

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García (1973); Chapingo, Méx. tiene un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y poca oscilación térmica ($C(w_0)(w)b(i)g$).

La localidad de Estación Muñoz (Atlanga), Tlax., tiene una precipitación total anual de 650 mm. y una temperatura media anual de 12.8°C (promedio de 7 años).

El tipo de clima de San Antonio Tecoaac, Tlax., es $C(w''_0)(w)big$, con una precipitación total anual de 593 mm. y una temperatura media anual de 14.4°C (promedio de 15 años).

En el Cuadro 5 se observa la precipitación y temperatura de las localidades.

Cuadro 2. Colectas evaluadas.

Puebla 1	Tlaxcala 2	México 1
Puebla 3	Tlaxcala 7	México 2
Puebla 4	Tlaxcala 12	
Puebla 5	Tlaxcala 13	
Puebla 6	Tlaxcala 14	
Puebla 7	Tlaxcala 15	
Puebla 8		
Puebla 10		
Puebla 11		
Puebla 15		
Puebla 16		
Puebla 17		
Puebla 19		

Cuadro 3. Descripción de los ambientes de evaluación.

Ambiente	Localidad	Año	Fecha de siembra	Ciclo
1	Chapingo	1976	Mayo 7	Temporal (riegos de auxilio)
2	Chapingo	1977	Mayo 9	Temporal (riegos de auxilio)
3	Estación Muñoz	1982	Mayo 17	Temporal
4	Estación Muñoz	1983	Junio 18	Temporal
5	Chapingo	1984/85	Noviembre 22	Riego
6	S. Antonio Tecoac	1984/85	Noviembre 26	Riego

Cuadro 4. Características de las localidades de evaluación.

Estado	Localidad	Altitud (m.s.n.m.)	Latitud (N)	Longitud (W)
México	Chapingo	2 250	19° 30'	98° 53'
Tlaxcala	Estación Muñoz (Atlanga)	2 250	19° 16'	98° 22'
Tlaxcala	San Antonio Tecoac	2 240	19° 22'	97° 55'

Cuadro 5. Características climáticas de las localidades de evaluación.

Localidad	Precipitación (total anual en mm.)	Temperatura (media mensual en °C)
Chapingo	572	16.0
Estación Muñoz	660	12.8
San Antonio Tecuac	593	14.4

Las localidades antes mencionadas se consideran áreas factibles para el desarrollo y cultivo del haba, ya que corresponden a la región denominada Valles Altos en donde es común el cultivo de esta leguminosa. En las gráficas 1, 2 y 3 del apéndice se muestran los parámetros climáticos de las localidades.

3.3. Criterios para la formación de grupos.

La característica evaluada en este trabajo fue la de rendimiento en grano seco de haba, por lo que los datos obtenidos de ensayos de rendimiento se agruparon considerando las colectas que permanecieron constantes en todos los ambientes (localidad y año de evaluación); quedando formados los siguientes grupos:

Grupo 1: con 20 colectas y tres ambientes (Cuadro 6)

Grupo 2: con 7 colectas y cinco ambientes (Cuadro 7)

Grupo 3: con 4 colectas y seis ambientes (Cuadro 8)

3.4. Establecimiento y prácticas de cultivo.

3.4.1. Chapingo, Méx. 1976: Se sembró el 7 de mayo; el diseño experimental fue Lálice simple 6x6 con 4 repeticiones, con 36 colectas de haba. La parcela total fue de 2 surcos de 8 m. espaciados a 80 cm., cosechando la misma superficie como parcela útil. Se le proporcionaron dos riegos para su germinación y establecimiento. Se presentó fuerte infestación de pulgón, el cual se controló con Malathión 1000E. La dosis de fertilización usada fue la 40-40-00, aplicada al momento de la siembra.

3.4.2. Chapingo, Méx. 1977: Ensayo con 20 colectas y líneas de haba. Sembrado el 9 de mayo, fertilizándose con la fórmula 40-40-00 aplicada al momento de la siembra, bajo el diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, teniendo como parcela útil y total 2 surcos de 8 metros de largo por 0.80 metros de separación. Las labores de cultivo efectuadas durante el ciclo son las siguientes:

Cuadro 6. Grupo 1. Formado por 20 colectas y 3 ambientes.

Colectas		Ambientes
Puebla 1	Tlaxcala 2	(1) Chapingo, Méx. 1976.
Puebla 3	Tlaxcala 7	
Puebla 4	Tlaxcala 12	
Puebla 5	Tlaxcala 13	(3) Estación Muñoz, Tlax. 1982.
Puebla 6	Tlaxcala 14	
Puebla 8	Tlaxcala 15	
Puebla 10		(4) Estación Muñoz, Tlax. 1983.
Puebla 11	México 1	
Puebla 15	México 2	
Puebla 16		
Puebla 17		
Puebla 19		

Cuadro 7. Grupo 2. Constituido por 7 colectas y 5 ambientes.

Colectas	Ambientes
Puebla 15	(1) Chapingo, Méx. 1976.
Tlaxcala 13	(3) Estación Muñoz, Tlax. 1982.
Tlaxcala 14	(4) Estación Muñoz, Tlax. 1983.
Tlaxcala 12	(5) Chapingo, Méx. 1984/85.
Puebla 17	(6) S. Antonio Tecoac, Tlax. 1984/85.
Puebla 3	
Puebla 19	

Cuadro 8. Comprende 4 Colectas y 6 ambientes.

Colectas	Ambientes
Puebla 15	(1) Chapingo, Méx. 1976.
Puebla 19	(2) Chapingo, Méx. 1977.
Tlaxcala 13	(3) Estación Muñoz, Tlax. 1982
Tlaxcala 12	(4) Estación Muñoz, Tlax. 1983.
	(5) Chapingo, Méx. 1984/85.
	(6) San Antonio Tecocac, Tlax. 1984/85.

Cultivos: 30 de mayo y 29 de junio.

Riegos: 5 y 31 de mayo.

Deshierbes: 27 de junio y 8 de julio.

Aplicación de insecticida: 1o. de julio y 19 de agosto.

Aplicación de herbicida: 13 de mayo.

3.4.3. Estación Muñoz, Tlax. 1982: Ensayo de Rendimiento con 20 colectas de haba. Se estableció el 17 de mayo, fertilizándose al momento de la siembra con la fórmula 40-40-00, la primera escarda se realizó el 19 de junio y la segunda el 11 de julio. Un tercer deshierbe y cultivo se realizó el 10 y 11 de agosto. También se aplicó herbicida e insecticida el 3 de mayo y el 7 de julio respectivamente. La parcela útil fue de un surco de 0.90 metros de ancho por 6 metros de largo. Se cosecho el 27 de octubre.

3.4.4. Estación Muñoz, Tlax. 1983: Ensayo de Rendimiento con 20 colectas de haba. Se estableció el 18 de junio, fertilizándose al momento de la siembra con la fórmula 40-40-00; los días 13 y 26 de julio se efectuaron las escardas; los deshierbes el 17 de agosto y el 15 de septiembre. Se aplicó herbicida el 28 de junio e insecticida el 5 de agosto. La parcela útil se formó con un surco de 0.85 metros de ancho y 6 metros de largo.

3.4.5. Chapingo, Méx. 1984/85: Ensayo regional uniforme de haba. Se estableció el 22 de noviembre, bajo condiciones de riego, con 23 colectas y líneas de haba. La parcela útil estuvo formada con un surco de 0.80 m. de ancho y 6 m. de largo.

3.4.6. San Antonio Tecoac, Tlax. 1984/85: Ensayo regional uniforme de haba. El 26 de noviembre se sembró bajo condiciones de riego. Se formó con 23 colectas y líneas de haba, siendo la parcela útil de un surco de 0.80 m. de ancho y 6 m. de largo.

3.5. Análisis estadístico.

Para el presente estudio, se formaron tres grupos en función de los ambientes de evaluación y de las colectas. Cada localidad en un año determinado, constituyó un ambiente.

Los datos de rendimiento medio de cada colecta en cada ambiente (Cuadros 16, 17 y 18 del apéndice) se sometieron al modelo estadístico propuesto por Eberhart y Russell (1966) para la estimación de los Parámetros de Estabilidad. El modelo se describe a continuación.

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_{ij} I_j + \sigma_{ij}$$

Donde:

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

μ_i = Media de la i -ésima variedad sobre todos los ambientes.

β_{ij} = Es el coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i -ésima variedad a los varios ambientes.

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

I_j = Índice ambiental obtenido con la media de todas las variedades en el j -ésimo ambiente, menos la media general.

De tal manera que:

$$I_j = (\sum Y_{ij}/v) - (\sum \sum Y_{ij}/vn); \quad \sum I_j = 0$$

Los parámetros que se definieron fueron los siguientes:

1) El coeficiente de regresión estimado por:

$$b_i = \frac{\sum Y_{ij} I_j}{\sum I_j^2}$$

2) Las desviaciones de regresión que se estiman como:

$$S_{di} = \sum_j \hat{\sigma}_{ij}^2 I_j / n - 2 - S^2_e / n$$

Donde: S^2_e/r es el estimador del error ponderado; r es el número de repeticiones y S^2_e el promedio ponderado de los errores de todos los experimentos involucrados en la estimación de los parámetros de estabilidad.

$$Y: \sum_j \hat{\delta}^2 = \left[\sum_j Y^2_{ij} - Y^2_{i/n} \right] - (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$$

El análisis de varianza de este modelo se presenta en el Cuadro 9. Para cada variedad puede predecirse su comportamiento, mediante los estimadores de los parámetros con la fórmula siguiente:

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

donde:

- X_i = Es una estimación de la media varietal.
- b_i = El coeficiente de regresión de la variedad.
- I_j = Índice ambiental.

Las hipótesis que se probaron y las pruebas correspondientes fueron las siguientes:

1) La significancia de la diferencia entre medias varietales.

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_v$, la cual fue probada mediante la prueba de F: $F \approx CM_1/CM_3$ (Cuadro 9).

2) Hipótesis nula (Ho) de que no existen diferencias genéticas entre variedades, para su regresión sobre los índices ambientales.

Ho: $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_v$; la cual fue probada mediante una prueba de F:
 $F \approx CM_2/CM_3$ (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad. Eberhart y Russell (1966).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio
Total	$nv-1$	$\sum_{ij} y^2_{ij} - F. C.$	
Varietades (V)	$v-1$	$\frac{1}{n} \sum_i y^2_{i.} - F. C.$	CM_1
Medios Ambientes (E)	$n-1$ $(v-1)(n-1)$	$\sum_{ij} y^2_{ij} - \sum y^2_{i.}/n$	
E (lineal)	1	$\frac{1}{v} (\sum_j y_{.j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
V X E (lineal)	$v-1$	$\sum_j \left[\frac{(\sum_i y_{ij} I_j)^2}{\sum_j I_j^2} \right] - S.C. Med. amb. Lineal$	CM_2
Desviación Conjunta	$v(n-2)$	$\sum_{ij} \delta^2_{ij}$	CM_3
Varietad 1	$n-2$	$\left[\sum_{ij} y^2_{ij} - \frac{(y_{1.})^2}{n} \right] - \frac{(\sum_j y_{1j} I_j)^2}{\sum_j I_j^2}$	
.	.		
.	.		
Varietad V	$n-2$	$\left[\sum_i y_{v.}^2 - \frac{y_{v.}^2}{n} \right] - \frac{(\sum_j y_{vj} I_j)^2}{\sum_j I_j^2}$	
Error Conjunto	$n(r-i)(v-1)$		$= \sum \delta^2_{vj} \quad CM_4$

3) Hipótesis (H_0) de que el coeficiente de regresión para cada variedad no es diferente de la unidad.

$H_0: \beta_i = 1$, para $i = 1, 2, \dots, v$; la cual fué probada mediante la prueba de t:

$$t = \frac{b_i - 1}{S_{b_i}} \quad \text{donde: } S_{b_i} = S_d^2 i / \sum j i^2 j$$

4) Hipótesis (H_0) de que las desviaciones de regresión para cada variedad es cero.

$H_0: S_{d_i} = 0$ para $i = 1, 2, \dots, v$; esta hipótesis puede ser probada mediante:

$$F = (\sum \delta_{ij} / n - 2) / \text{Error conjunto.}$$

Tomando como base los valores de los parámetros considerados (β_i y $S^2 d_i$) de cada una de las colectas, se clasificaron éstas según las situaciones propuestas por Carballo (1970).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis de Varianza y Estimación de Parámetros de Estabilidad.

a) Grupo 1.

En el Cuadro 10 se presenta el análisis de varianza para estabilidad, en donde se puede apreciar que las colectas son estadísticamente diferentes para la variable rendimiento ($p=0.01$) y que existe una interacción genotipo-ambiente altamente significativa.

En este grupo se consideraron tres ambientes de evaluación: Chapingo, Méx. 1976, Estación Muñoz, Tlax. 1982 y 1983. en los tres ambientes se utilizó diferente fecha de siembra, las cuales fueron 7 de mayo, 18 de junio y 17 de mayo, respectivamente.

En el Cuadro 11 se puede observar que de las 20 colectas de haba, únicamente Tlaxcala 12 se comportó como estable al tener $b_i=1.0$ y $S^2_{di}=0$ y un rendimiento medio de 1.765 Ton/Ha. El 85.4% de las colectas se comportó con buena respuesta en todos los ambientes e inconsistentes. Las colectas que presentaron rendimientos más altos son la Tlaxcala 13 con 1.975 Ton/Ha; Puebla 15 con 1.957 Ton/Ha y Puebla 19 con 1.820 Ton /Ha. La colecta Puebla 4 responde mejor en ambientes desfavorables y es consistente y un rendimiento de 1.448 Ton/Ha; Puebla 11 tiene una respuesta mejor en buenos ambientes y presenta inconsistencia.

En las figuras 1 y 2, se observa la respuesta de las 20 colectas de haba evaluadas en tres ambientes.

El ambiente 1 (Chapingo, Méx. 1976) muestra un valor de 338.9 para el índice ambiental y el ambiente 3 (Estación Muñoz, Tlax.) un valor de -271.9.

Cuadro 10. Grupo 1. Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad de 20 colectas de haba evaluadas en tres ambientes.

Fuente de variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Total	59	8164047.33		
Variedades (V)	19	1901028.02	100034.11	2.729 **
Ambientes(A)	40	6263019.31		
V x A	38			
A (LINEAL)	1	3865677.71		
V x A (LINEAL)	19	1664197.02	87589.32	2.389 **
Desviación Conjunta	20	733144.58	36657.23	266.279
Error Conjunto	219	30148.60	137.66	138.393

Cuadro 11. Comparación de los rendimientos medios y Parámetros de Estabilidad dentro del Grupo 1.

Colecta	Rendimiento medio Ton/Ha	Coefficiente de regresión bi *	Desviación de regres. S ² di *	Descripción de la situación
Tlaxcala 12	1.765	1.11	14.02	Variedad estable.
Tlaxcala 13	1.975	1.95	4942.85	Buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistente.
Puebla 15	1.957	1.79	3111.68	"
Puebla 19	1.620	1.43	61829.71	"
Tlaxcala 15	1.596	2.08	62098.37	"
Tlaxcala 2	1.585	1.48	33187.45	"
Puebla 6	1.553	0.43	812.37	"
Puebla 3	1.528	0.77	81460.70	"
Puebla 17	1.525	1.18	56491.93	"
Tlaxcala 14	1.513	0.98	1997.08	"
Puebla 16	1.499	0.68	2426.09	"
Puebla 1	1.435	1.23	15457.80	"
Puebla 10	1.409	0.55	22908.68	"
México 2	1.409	0.87	18914.21	"
Puebla 8	1.407	0.38	120954.02	"
Tlaxcala 7	1.396	0.05	21917.40	"
Puebla 5	1.392	0.09	90309.67	"
México 1	1.386	0.65	129969.10	"
Puebla 4	1.448	0.09	-111.29	Respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente.
Puebla 11	1.606	2.27	1699.48	Respuesta mejor en buenos ambientes e inconsistente.

Como existe diferencia significativa en la interacción genotipo-ambiente (VxA Lineal), quiere decir que las localidades de evaluación fueron contrastantes y permitieron una expresión diferencial de las colectas evaluadas.

Para el ambiente 3, la fecha de siembra (18 de junio) y condiciones de temporal, hacen pensar que se trate de un ambiente desfavorable como lo indica su índice ambiental; no así para el ambiente 1, donde la fecha de siembra fue el 7 de mayo con riegos de auxilio.

b) Grupo 2.

En el Cuadro 12 se observa que las colectas son diferentes estadísticamente para la variable rendimiento ($p=0.01$); asimismo, la interacción genotipo-ambiente es altamente significativa.

Se muestra en el /Cuadro 13 que la colecta Puebla 19 se comportó con respuesta mejor en buenos ambientes e inconsistente con un rendimiento medio de 2.563 Ton/Ha., y las 6 colectas restantes presentan buena respeuesta en todos los ambientes e inconsistencia.

Por lo que respecta al índice ambiental, el ambiente 3 se muestra nuevamente como desfavorable con un valor de -894 (Figura 3); el ambiente favorable corresponde a Chapingo, Méx. 1984/85 (ambiente 5), en donde las colectas se evaluaron bajo condiciones de riego.

Cuadro 12. Grupo 2. Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad de 7 colectas de haba evaluadas en 5 ambientes.

Fuente de variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Total	34	61229335.38		
Variedades (V)	6	1428140.20	238023.37	3.049**
Ambientes (A)	28	59801195.17		
V x A	24			
A (LINEAL)	1	57200234.02		
V x A (LINEAL)	66	961403.87	160233.98	2.052**
Desviación Conjunta	21	1639557.28	78074.16	376.384
Error Conjunto	351	72808.79	207.44	

Cuadro 13. Comparación de los rendimientos medios y parámetros de estabilidad dentro del Grupo 2.

Colecta	Rendimiento medio Ton/Ha	Coefficiente de regresión b_i^*	Desviación de regres. S_{di}^2	Descripción de la situación
Puebla 15	2.524	0.97	23303.35	Buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistente.
Tlaxcala 13	2.376	1.08	150325.18	"
Tlaxcala 14	2.257	1.01	117150.78	"
Tlaxcala 12	2.191	0.86	11343.73	"
Puebla 17	2.100	0.80	73983.55	"
Puebla 3	1.971	1.05	141556.05	"
Puebla 19	2.563	1.23	27404.45	Respuesta mejor en buenos ambientes e inconsistente.

*=Significativo al 0.05

c) Grupo 3.

En el Cuadro 14 se muestra que también la interacción genotipo-ambiente es altamente significativa y que las colectas son diferentes para la variable rendimiento ($p=0.01$).

Se puede observar en el Cuadro 15 que las 4 colectas de haba de este grupo, se comportaron con buena respuesta en todos los ambientes, presentando además, inconsistencia; sin embargo, este grupo presenta el rendimiento promedio más alto que los dos grupos anteriores.

El índice ambiental más alto de este grupo corresponde al ambiente 5 (Chapingo, Méx. 1984/85) y el valor más bajo del índice ambiental lo tiene el ambiente 6 (San Antonio Tecoac, Tlax. 1984/85) (Figura 4).

El análisis de varianza para la estimación de los parámetros de estabilidad, en los tres grupos formados, detectó diferencia entre las medias de rendimientos y ambientes, así como también la existencia de la interacción genotipo(colecta)-ambiente.

Los índices ambientales identificaron ambientes favorables (Chapingo, Méx. 1976, en el Grupo 1; Chapingo, Méx. 1984/85 para los Grupos 2 y 3) y ambientes desfavorables (Estación Muñoz, Tlax. 1982, en los Grupos 1 y 2; en el Grupo 3 correspondió a San Antonio Tecoac, Tlax. 1984/85).

Cuadro 14. Grupo 3. Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad de 4 colectas de haba evaluadas en 6 ambientes.

Fuente de variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Total	23	37043847.27		
Variedades (V)	3	402220.29	134073.40	2.706**
Ambientes (A)	20	36641627.08		
V x A	15			
A (LINEAL)	1	35295626.91		
V x A (LINEAL)	3	553290.06	184430.02	3.723**
Desviación Conjunta	16	792710.11	49544.38	300.681
Error Conjunto	408	67227.73	164.77	482.565

Cuadro 15. Comparación de los rendimientos medios y parámetros de estabilidad dentro del Grupo 3.

Colecta	Rendimiento medio Ton/Ha	Coficiente de regresión bi *	Desviación de regres. S^2_{di} *	Descripción de la situación
Puebla 15	2.585	0.94	22417.80	Buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistente.
Puebla 19	2.539	1.17	87748.80	"
Tlaxcala 13	2.466	1.07	79349.34	"
Tlaxcala 12	2.248	0.84	8002.50	"

La clasificación de las colectas según su coeficiente de regresión (b_i) indica que la mayoría tiene un valor de b_i igual a 1.0; de acuerdo con Carballo y Márquez (1970), las colectas tienen adaptabilidad general. Para la Colecta Puebla 4 (Grupo 1) que muestra un valor inferior a 1.0 para el coeficiente de regresión, se identifica como una colecta poco sensible a los cambios ambientales y con mayor especificidad a ambientes de bajos rendimientos. La colecta Puebla 19 (Grupo 2) con un coeficiente de regresión superior a 1.0 se identifica como sensible a los cambios ambientales y específica para ambientes de altos rendimientos.

De acuerdo al valor que puede tomar la desviación de la regresión (S^2_{di}) las colectas se dividen en dos categorías: aquellas que toman un valor de $S^2_{di} = 0$, que corresponde a la mayoría de las colectas en los tres grupos; y aquellas con un valor de $S^2_{di} > 0$ se identifican como Estables (Tlaxcala 12) y Consistentes (Puebla 4).

Se identificaron 4 colectas que permanecieron constantes en los tres Grupos; las cuales se presentan en el Cuadro 16 con sus valores del Coeficiente de regresión, Desviación de la regresión y rendimiento medio.

En los Cuadros 1A, 2A y 3A del apéndice se presentan los datos de rendimiento de las colectas en cada ambiente para los Grupos 1, 2 y 3, respectivamente.

La colecta Tlaxcala 12, en el Grupo 1, es Estable, sin embargo, su rendimiento es inferior a la media general; en el Grupo 2 y 3, se comporta con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistente elevando su rendimiento en relación a la media general.

Cuadro 16. Rendimiento y valores de b_1 y S^2_{di} de 4 colectas de haba.

Colecta	Grupo 1			Grupo 2			Grupo 3		
	Rendimiento Ton/ha	Valor de b_1	Valor de S^2_{di}	Rendimiento Ton/ha	Valor de b_1	Valor de S^2_{di}	Rendimiento Ton/ha	Valor de b_1	Valor de S^2_{di}
Tlaxcala 12	1.756	=1	=0	2.191	=1	0	2.248	=1	0
Tlaxcala 13	1.975	=1	0	2.376	=1	0	2.466	=1	0
Puebla 15	1.957	=1	0	2.524	=1	0	2.585	=1	0
Puebla 19	1.820	=1	0	2.563	=1	0	2.539	=1	0
Rendimientos Promedios			Rendimiento Promedio General 1.954 Ton./Ha.						
Grupo 1		1.560 Ton./Ha.							
Grupo 2		2.283 "							
Grupo 3		2.459 "							

Tlaxcala 13 muestra un comportamiento igual en los tres grupos y un rendimiento arriba de la media general.

Las colectas Puebla 15 y Puebla 19 se comportan de manera semejante a través de los grupos, con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes. Sin embargo, su rendimiento en los Grupos 2 y 3 es superior al de la media general.

En general, dichas colectas se mostraron inconsistentes a través de los tres Grupos; lo cual significa que desde el punto de vista estadístico, no es posible predecir su comportamiento a través de los ambientes. Hay que resaltar que el tercer Grupo presenta mayor número de ambientes (6) en donde las colectas tienden a un comportamiento con buena respuesta en todos los ambientes e inconsistente y en el Grupo 1, que incluye 3 ambientes, las colectas se comportan como estables (Tlaxcala 12), consistentes (Puebla 4) y con buena respuesta en todos los ambientes e inconsistencia.

La mayoría de las colectas mostró la característica de inconsistencia, la que se observa como desventaja al no ser predecible su comportamiento en diferentes ambientes, no obstante, es importante considerar el potencial de rendimiento que presentan colectas como Puebla 15, Puebla 19, Tlaxcala 13 y Tlaxcala 12; incluyéndolas en un Programa de Mejoramiento Genético, ya que son superiores a la media general y el hecho de que se presentan como inconsistentes no tendrá mayor valor para considerarlas como indeseables.

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos y considerando los objetivos planteados en el presente estudio se concluye lo siguiente:

- 1). El análisis de varianza para la estimación de Parámetros de estabilidad mostró diferencias para colectas, ambientes y para la Interacción Genotipo-ambiente
- 2). Considerando que las colectas Puebla 15, Puebla 19 y Tlaxcala 13 están por arriba del rendimiento promedio general pueden recomendarse para siembras comerciales o como variedades criollas mejoradas. Además, tienen buena respuesta en ambientes favorables y presentan inconsistencia, sin embargo, mantienen buen rendimiento, por consiguiente, pueden ser utilizadas como progenitores en Programas de Mejoramiento genético, para incorporarle adaptabilidad.
- 3). Las colectas Puebla 15, Puebla 19 y Tlaxcala 13, con la característica de ser inconsistentes, pueden establecerse en diversos ambientes para observar en que tipo de ambiente presenta adaptación.
- 4). La colecta Tlaxcala 12 se comportó como estable y con rendimiento medio bajo al evaluarla en 3 ambientes; al evaluarla en 5 y 6 ambientes se comportó bien en ambientes favorables e inconsistente elevando su rendimiento en relación a la media general.
- 5). La colecta Puebla 4 responde mejor en ambientes desfavorables y es consistente con un rendimiento medio bajo.
- 6). Al comparar el rendimiento promedio de cada grupo; el grupo 3 obtuvo el rendimiento más alto y la colecta Puebla 15 posee el rendimiento más elevado, en relación a esto, dicha colecta tiene adaptación específica.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Allard, R. W. 1961. Relations Ship between genetic diversity of performance in different environments. *Crop. Sci.* (4):127-133.
- Allard, R. W. y Bradshaw, A. D. 1964. Implications of genotype environment interactios in applied plant breeding. *Crop. Sci.* (4): 503-507.
- Billings, W. D. 1952. The environmental complex in relation plant growth and distribution. *Quart. Biol. Rev.* 27: 251-265.
- Box, J. N. 1961. Leguminosas de grano. Salvat editores, Barcelona.
- Bradshaw, A. D. 1965. Ecolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Ad. Genetic.* 13; 115-155.
- Brewbaker, J. L. 1967. *Genética Agrícola*. UTEHA, México, 261 p.
- Bucio, A. L. 1969. Interpretación de la varianza fenotípica cuando se consideran efectos genéticos, ambientales e interacción genético-ambiental. *Agrociencia*, Chapingo, Méx. Vol. 4, No. 1.
- Carballo, C. A. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Tesis de M. C. Chapingo, Méx. C. P.
- Carballo, C. A. y Márquez, S. F. 1970. Comparación de variedades de maíz de El Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* Vol. 5 No. 1. Chapingo, Méx.
- Chávez, Ah. J. 1977. Estabilidad del rendimiento de grano de avena (Avena sativa L.) en diferentes agrupamientos ambientales. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo, Més.

Lberhart, S. A. and Russell, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* (6): 36-40.

Figueroa, L. P. 1983. Selección de genotipos mejorados de Maíz (Zea mays L.) por su rendimiento y estabilidad para siembras de humedad residual en el Distrito de temporal III, Cholula, Pue. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agrícolas. Cd. Delicias, Chihuahua.

Finlay, K. W. y Wilkinson, G. N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. Journal of Agric. Research* 14N 742-754.

Gamez, V. A. J. 1985. Evaluación para rendimiento y estabilidad en híbridos de maíz (Zea mays L.) de el Instituto Mexicano del Maíz comparados con testigos interinstitucionales (INIA-UAAAN). U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila. Tesis Profesional.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de Clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) U.N.A.M. Instituto de Geografía.

Gómez, M. N. 1977. Estabilidad del Rendimiento y delimitación de áreas de cultivo de sorgo para grano en México. Chapingo, Méx.

Hector, J. M. 1963. Introduction to the botany of field crop vol. II. Non cereals. *South African Agric. Series*. Vol. XVI. Central News Agency LTD. Johannes-Burg; South Africa.

Jimenez, C. A. A. 1979. Estabilidad del rendimiento y de algunos componentes fisiotécnicos en sorgo (Shorghum bicolor (L) Moench). Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. Tesis de M. en C.

- Laguna, C. A. 1983. Daño de malezas e incidencia de enfermedades de haba (Vicia faba L.) en unicultivo y asociado con maíz. Chapingo, Méx. Tesis de M. C.
- Lerner, I. M. 1954. Genetic Homeostasis. Oliver and boyd. Edinburg.
- Márquez, S. F. 1974. El Problema de la interacción genético ambiental en Genotecnia Vegetal. 1a. edición. Ed. Patena A. C. Chapingo, Méx.
- Matsuo, T. 1975. Adaptability, stability and productivity in crop plants. Adaptability in plants. Ed. By. T. Matsuo Tokyo. JIBP Synthesis vol. 6: 173-177.
- Mier, C. R. 1984. Estabilidad en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en la zona templada húmeda de México. Agricultura Técnica en México.
- Palomo, G. A. 1974. Interacción Genotipo-Medio ambiente y Parámetros de estabilidad en Variedades de algodónero (G. Hirsutum L.) para la Comarca Lagunera. Chapingo, Méx.
- S.A.R.H. INIA. 1982. Ciclos de cultivo. Diagramas de las principales especies vegetales con las cuales se efectúan investigaciones agrícolas en México.
- Vavilov, I. N. 1951. Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas. Trad. al español por Felipe Freyr. Ed. Acme. Agency Soc. Rep. LTDA. Buenos Aires, Argentina. 185 p.
- Vidales, F. I. 1981. Estabilidad del rendimiento de siete genotipos de maíz en el sur de Tamaulipas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Uruapan, Michoacán.
- Wilsie, C. P. 1962. Crop adaptation and distribution W. H. Freeman and Co. San Francisco and London. 448 p.

VII. APENDICE

Cuadro 1A . Rendimientos medios de 20 colectas de haba evaluadas en tres ambientes.

Colectas	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Σ
Puebla 1	1 885.5	1 167.4	1 252.5	4 305.4
*Puebla 3	1 711.0	1 167.4	1 705.8	4 584.4
Puebla 4	1 479.9	1 427.7	1 438.8	4 346.4
Puebla 5	1 341.0	1 207.8	1 627.4	4 176.2
Puebla 6	1 691.9	1 419.1	1 549.0	4 660.0
Puebla 8	1 442.5	1 119.1	1 661.7	4 223.8
Puebla 10	1 553.8	1 180.6	1 495.0	4 229.4
Puebla 11	2 390.5	1 009.6	1 419.2	4 819.3
*Puebla 15	2 578.1	1 501.9	1 791.7	5 871.7
Puebla 16	1 714.5	1 289.3	1 495.0	4 498.8
*Puebla 17	1 990.6	1 330.1	1 254.9	4 575.6
*Puebla 19	2 374.7	1 562.5	1 524.5	5 461.7
Tlaxcala 2	2 027.2	1 094.6	1 634.9	4 756.7
Tlaxcala 7	1 452.6	1 463.2	1 274.5	4 190.3
*Tlaxcala 12	2 137.0	1 457.8	1 700.9	5 295.7
*Tlaxcala 13	2 050.0	1 481.6	1 786.8	5 318.4
*Tlaxcala 14	1 829.8	1 224.7	1 485.2	4 539.7
Tlaxcala 15	2 367.3	1 165.4	1 257.4	4 790.1
México 1	1 700.2	1 404.4	1 053.9	4 158.5
México 2	1 066.2	1 100.4	1 462.2	4 228.8
	<u>37 991.1</u>	<u>25 775.1</u>	<u>29 871.3</u>	<u>93 637.5</u>

Rendimiento promedio del Grupo 1 = 1 560.6 Kg/Ha.

* Colectas que se encuentran en los tres grupos.

Cuadro 2A. Rendimientos medios de 7 colectas de hana evaluadas en 5 ambientes.

Colectas	Ambiente 1	Ambiente 3	Ambiente 4	Ambiente 5	Ambiente 6	Σ
Puebla 3	1 711.0	1 157.4	1 705.8	4 596.4	675.8	9 856.4
Puebla 15*	2 578.1	1 501.9	1 791.7	4 888.4	1 850.8	12 620.9
Puebla 17	1 990.6	1 330.1	1 254.9	4 125.5	1 705.5	10 500.1
Puebla 19*	2 374.7	1 562.5	1 524.9	5 645.8	1 712.2	12 819.7
Tlaxcala 12*	2 137.0	1 457.8	1 700.9	4 332.9	1 328.1	10 956.7
Tlaxcala 13*	2 656.8	1 481.6	1 786.8	4 990.9	968.7	11 884.8
Tlaxcala 14	1 829.8	1 224.7	1 485.2	4 858.1	1 889.3	11 287.1
	15 278.0	9 726.0	11 249.8	33 451.4	10 220.5	79 925.7

Rendimiento promedio del Grupo 2 = 2 283.6 Kg/Ha.

*Colectas que se encuentran en los tres grupos.

Cuadro 34. Rendimientos medios de 4 colectas de Haba evaluadas en 6 ambientes.

Colectas	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Ambiente 4	Ambiente 5	Ambiente 6	Σ
Puebla 15*	2 578.1	2 893.5	1 501.9	1 791.7	4 898.4	1 850.8	15 514.4
Puebla 19*	2 374.7	2 416.9	1 562.5	1 524.5	5 645.8	1 712.2	15 236.6
Tlaxcala 12*	2 137.0	2 532.2	1 457.8	1 700.9	4 332.9	1 328.1	13 488.9
Tlaxcala 13*	2 656.8	2 912.1	1 481.6	1 786.8	4 990.9	968.7	14 796.9
	9 746.6	10 754.7	6 003.8	6 803.9	19 868.0	5 859.8	59 036.8

Rendimiento promedio del Grupo 3 = 2 459.9 Kg/Ha.

*Colectas que se encuentran en los tres grupos.

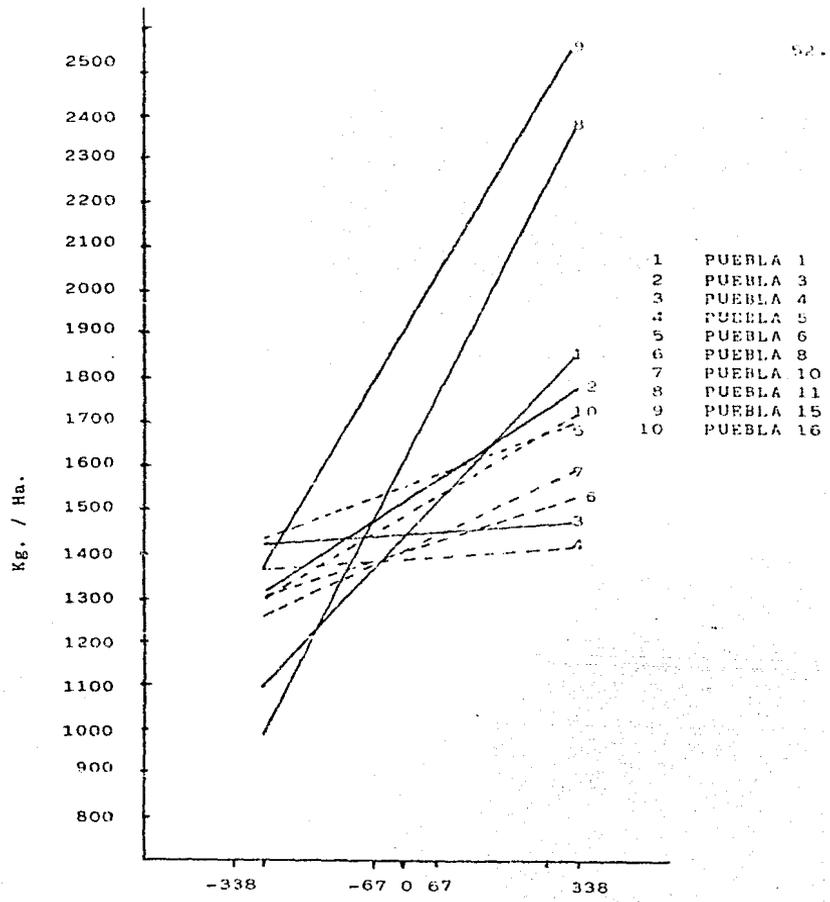


Figura 1. Respuesta de 10 colectas de haba evaluadas en 3 ambientes.

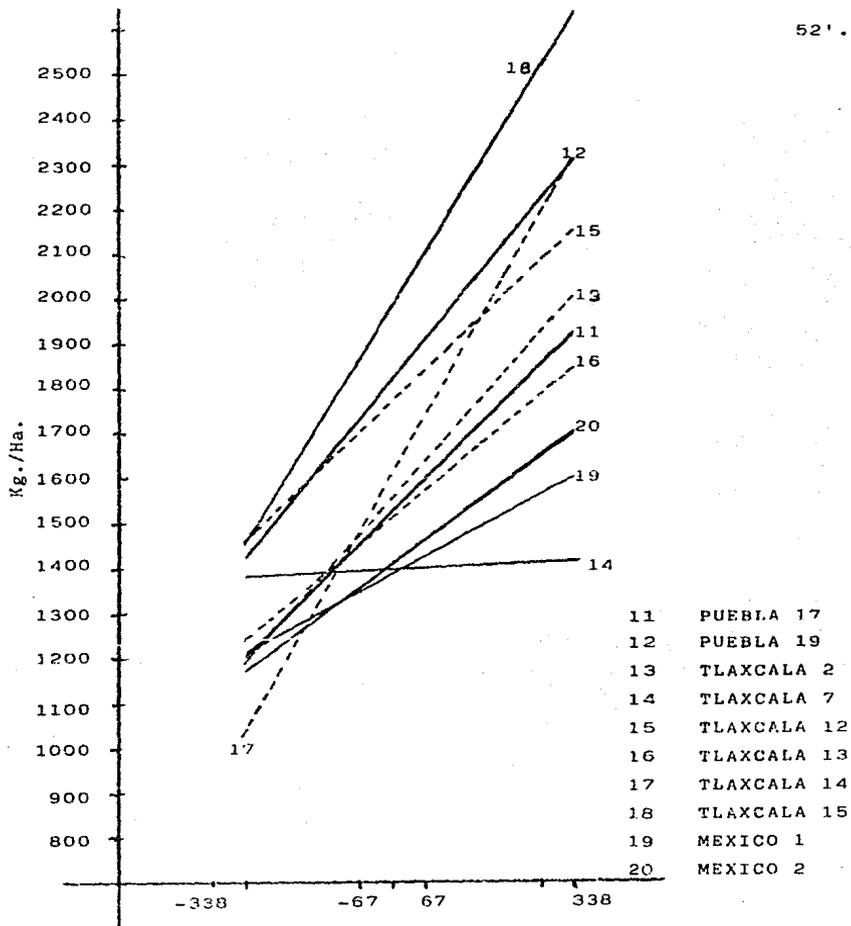


Figura 2. Respuesta de 10 colectas de haba evaluadas en 3 ambientes.

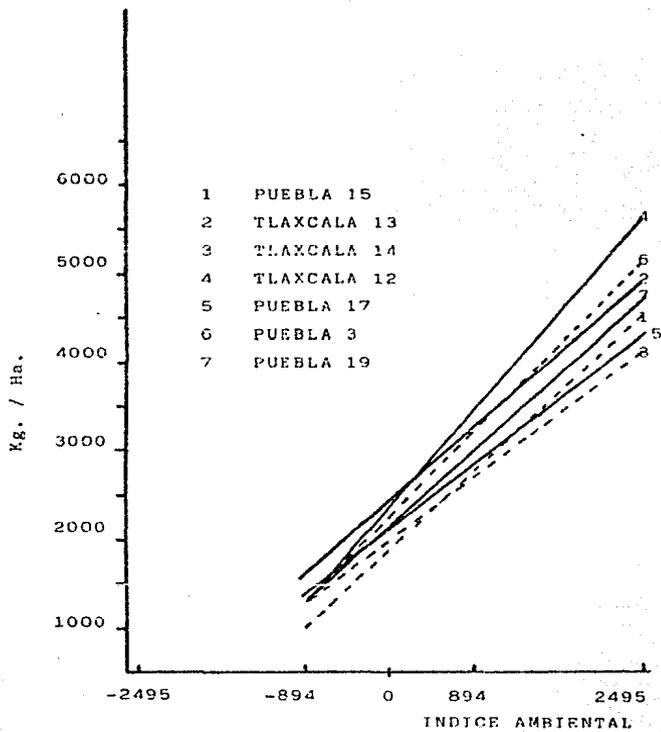


Figura 3. Respuesta de 7 colectas de haba evaluadas en 5 ambientes.

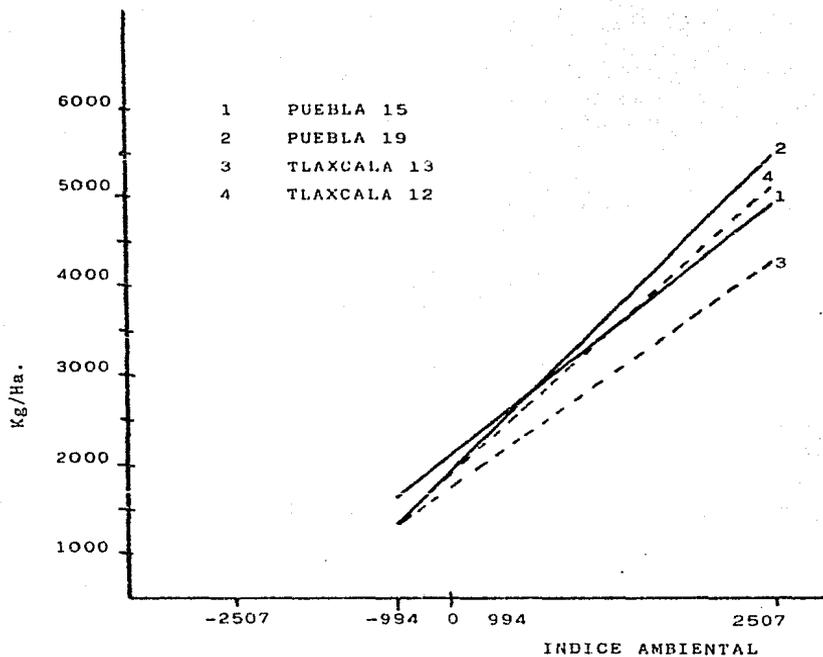
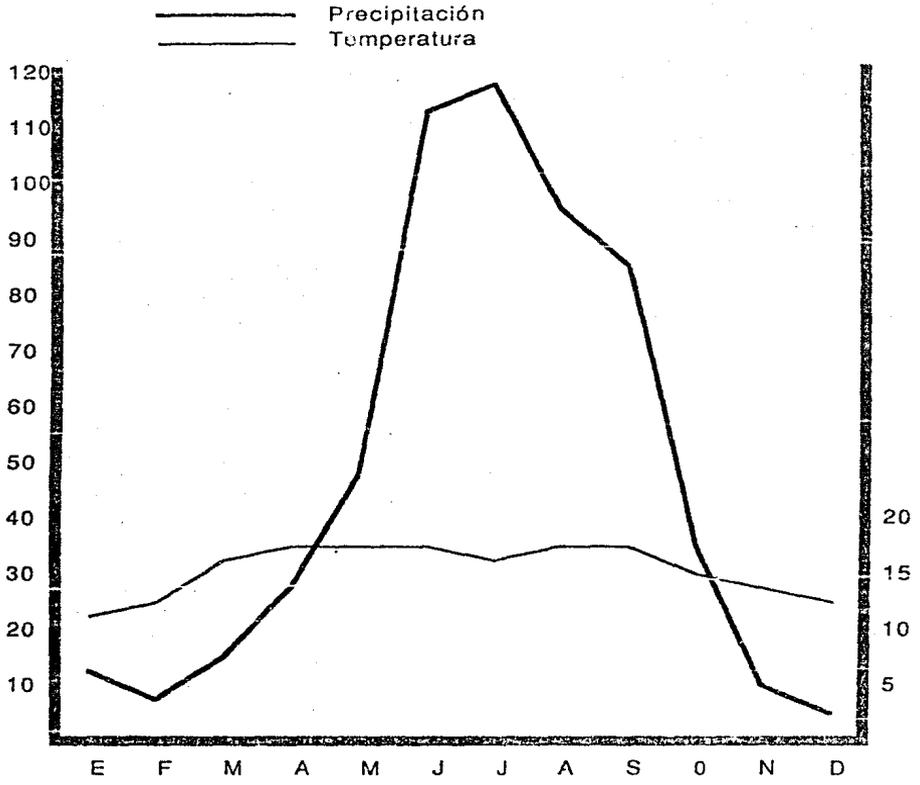
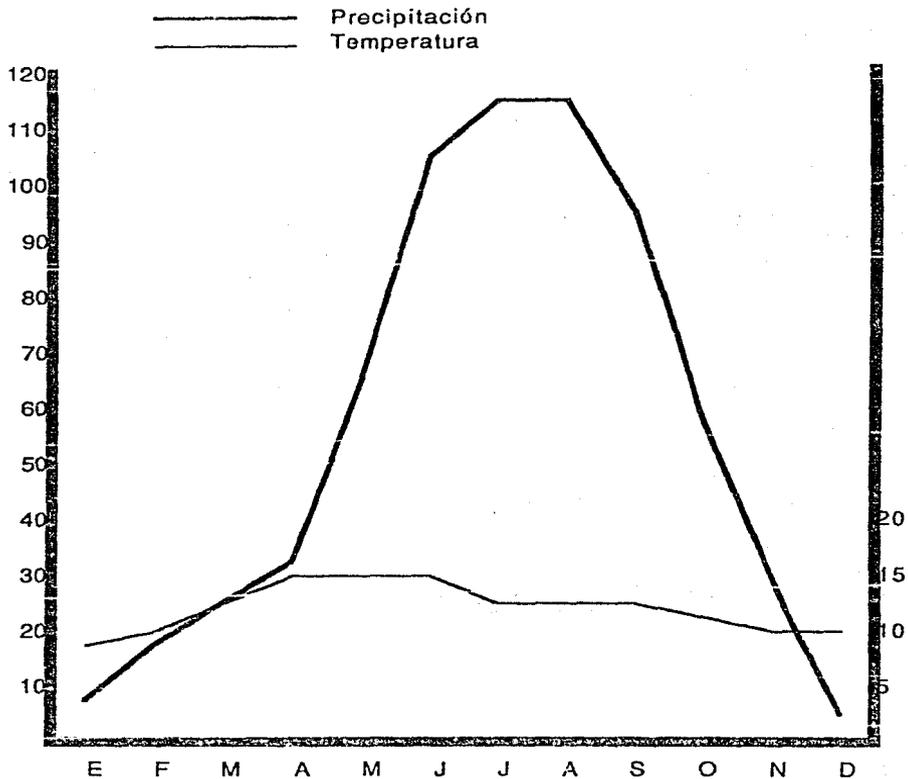


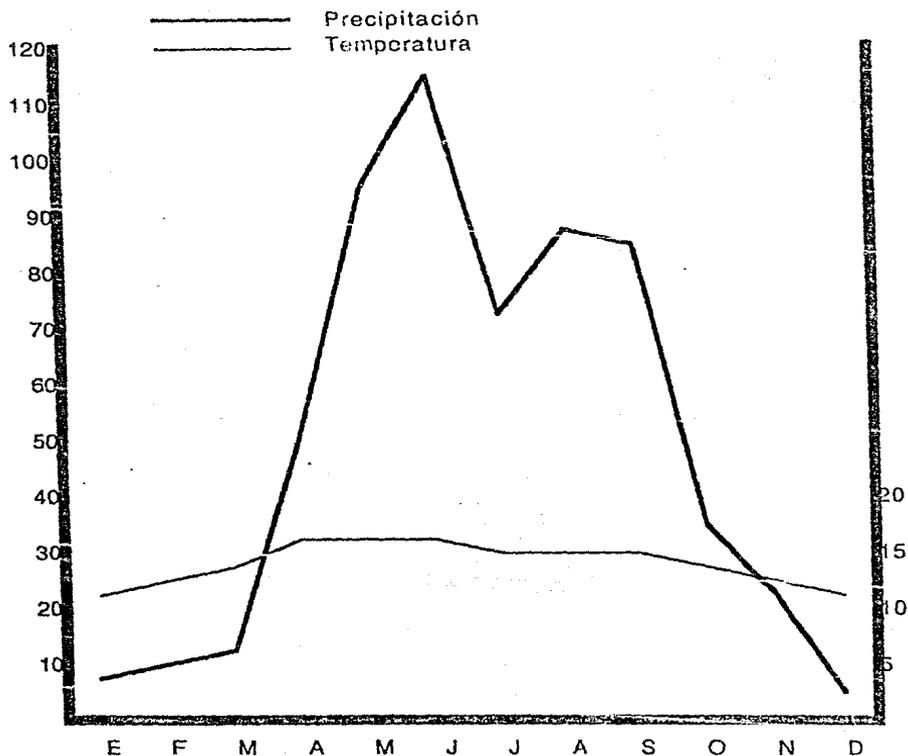
Figura 4. Respuesta de 4 coelctas de haba evaluadas en 6 ambientes.



GRAFICA 1. Promedio mensual de Precipitación y Temperatura durante 16 y 13 años respectivamente en Chapingo, México.



GRAFICA 2. Precipitación y Temperatura media mensual durante 7 años en Atlanga (Estación Muñoz), Tlaxcala.



GRAFICA 3. Precipitación y Temperatura media mensual durante 15 años en Tecoac, Tlaxcala.