

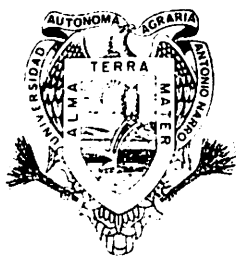
Parámetros de Estabilidad e Índices de Selección para
Rendimiento en Soya (Glycine max (L) Merr)

Mario Rivera de Labra

T e s i s

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Grado de:

Maestro en Ciencias
en la Especialidad de Fitomejoramiento



Universidad Autónoma Agraria

“Antonio Narro”

Programa de Graduados


Puenavista, Saltillo, Coah.

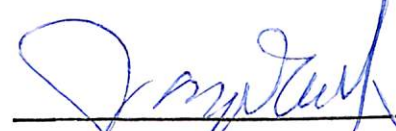
Julio de 1986


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


MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD
DE FITOMEJORAMIENTO

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

Asesor principal: 
Dr. Eleuterio Lopez Pérez

Asesor: 
Dr. Jorge Nieto Hatem

Asesor: 
Biol. M.C. Manuel H. Reyes Valdez


Dr. Jesús Torralba Elguézabal
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

Buenvista, Sotillo, Coahuila. Julio 1986.

AGRADECIMIENTOS

AL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS, por los medios y facilidades prestadas para la realización del presente trabajo.

AL DR. ELEUTERIO LOPEZ PEREZ, por su acertada dirección, revisión y corrección del presente estudio, así como por sus valiosas enseñanzas.

AL DR. JORGE NIETO HATEM, por su valiosa participación en la revisión y corrección del presente trabajo, así como por su desinteresado apoyo y motivación durante mi desempeño profesional.

AL BIOL. M.C. MANUEL H. REYES VALDEZ, por sus atinadas sugerencias en el presente estudio así como por su constante apoyo.

A MIS MAESTROS, por sus invaluable enseñanzas durante mi estancia en éste Programa de Graduados.

AL CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS DE LA PENINSULA DE YUCATAN, por todas las facilidades prestadas para realizar éste trabajo.

DEDICATORIA

A mi esposa MONA

A mis hijas LYS y CINTHYA

A mis padres ARTURO y OGRACIA

A mi amigo de siempre ARNOLDO OYERVIDES

COMPENDIO

Parámetros de Estabilidad e Índices de Selección
para Rendimiento en Soya
(Glycine max L. Merr.)

POR

MARIO RIVERA DE LABRA

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JULIO 1986

Dr. Eleuterio López Pérez. - Asesor -

Palabras Claves: Soya, parámetros de estabilidad,
índices de selección, correlacio-
nes genéticas y fenotípicas, feno-
logía.

La presente investigación tuvo como objetivo esti-
mar los parámetros de estabilidad y los índices de selec-
ción en siete variedades de soya.

La evaluación del material genético se llevo a ca-
bo en un período de cuatro años en un total de 15 ambien-
tes del estado de Campeche bajo condiciones de temporal.

De acuerdo con los parámetros de estabilidad estimados se encontró que la línea F78-1220 resulto ser la de mayor estabilidad, teniendo además una de las medias de --rendimiento más alta por lo que éste material se puede considerar como deseable. La línea II-S6-GON-M61 fue otro de los mejores genotipos. La variedad Júpiter utilizada como testigo comercial resulto ser el de más bajos rendimien---tos, su adaptación fue a malos ambientes y su respuesta a los cambios ambientales resulto ser impredecible.

En base a los coeficientes de correlación existentes entre el rendimiento y los caracteres estudiados, las variables que más relacionadas estuvieron con la produc---ción de grano fueron; número de días y número de entrenu--dos a la formación de vainas, el período reproductivo y el período de llenado de grano.

Mediante la combinación de los cuatro caracteres --mencionados y el rendimiento se construyeron los índices --de selección encontrándose que el mejor índice resulto de la combinación de cuatro caracteres; número de entrenudos a formación de vaina, el período reproductivo, el período de llenado y el rendimiento.

Los índices de selección proporcionan al fitomejo--rador un método que permite combinar varias característi--cas de la planta en un solo parámetro, esto con propósitos de efectuar selección hacia un carácter dado.

ABSTRACT

Stability parameters and index selection to
yield in soybean (Glycine max L. Merr.)

BY

MARIO RIVERA DE LABRA

MASTER'S DEGREE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JULY 1986

Dr. Eleuterio López Pérez - advisor -

Key words: Soybean, stability parameters,
index selection, genetics and
phenotypic correlation, pheno-
logy

The present investigation had the objective of esti-
mate the stability parameters and index selection in seven
varieties of soybean.

The genetic material evaluation was conducted in a
period of four years of 15 environment total in Campeche -
in low conditions of worldly.

According to stability parameters we find that the line F78-1220 was the one with best stability, having therefore one of the means with high yield, having that this material is important. The line II-S6-GON-M61 was the other of the best genotypes. The Jupiter variety use like a commercial testing, was of the lower yielding, the adaptation was in bad environment's and his response in environmental changes was unpredictable.

Based on the correlation coefficients in the yield and the studied characters variables that was related with the grain production were: days numbers, internodes number in the husk formation, reproductive period and seed developmental period.

By mean the combination of the four characters mentioned and yielding was having the index selection, founding that the best index was of the combination of the four characters; internodes number vain formation, reproductive period seed developmental period and yielding.

The index selection gave to the breeder a method that allow join some characteristics of the plants in one parameter; this with the proposit of accomplish selection to a given character.

INDICE DE CONTENIDO

| | Página |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| INDICE DE CUADROS | xii |
| INTRODUCCION | 1 |
| REVISION DE LITERATURA | 4 |
| ESTABILIDAD | 4 |
| INTERACCION GENOTIPO-AMBIENTE Y SU MEDICION | 4 |
| CONCEPTOS Y ESTIMACION DE LA ESTA- BILIDAD | 7 |
| ESTUDIOS SOBRE ESTABILIDAD EN SO- YA | 11 |
| CORRELACIONES | 14 |
| CORRELACIONES GENETICAS Y FENOTI- PICAS EN SOYA..... | 14 |
| INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIEN- TALES EN LAS CORRELACIONES | 17 |
| CORRELACIONES ENTRE EL RENDIMIEN- TO Y ALGUNAS ETAPAS DE DESARROLLO DE LA PLANTA DE SOYA | 18 |
| INDICES DE SELECCION | 25 |
| MATERIALES Y METODOS | 28 |
| DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO | 28 |
| AREA GENERAL | 28 |
| AMBIENTES DE PRUEBA | 29 |
| MATERIAL EXPERIMENTAL | 30 |
| GENOTIPOS ESTUDIADOS | 30 |
| EXPERIMENTOS DE CAMPO | 32 |

| | Página |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| TOMA DE DATOS | 36 |
| METODOS ESTADISTICOS | 38 |
| ANALISIS DE VARIANZA INDIVIDUAL. | 38 |
| ANALISIS DE VARIANZA CONJUNTO .. | 40 |
| ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTI-- MAR LOS PARAMETROS DE ESTABILI-- DAD | 41 |
| ESTIMACION DE LAS CORRELACIONES FENOTIPICAS SIMPLES | 46 |
| ESTIMACION DE LAS VARIANZAS Y CO VARIANZAS | 48 |
| CONSTRUCCION DE LOS INDICES DE - SELECCION | 50 |
| AVANCE GENETICO ESPERADO Y EFI-- CIENCIA RELATIVA DEL USO DE LOS INDICES DE SELECCION | 53 |
| ESTIMACIONES DE HEREDABILIDAD Y COEFICIENTES DE VARIACION GENETI CA | 54 |
| RESULTADOS | 55 |
| ANALISIS ESTADISTICOS | 55 |
| ANALISIS DE VARIANZA INDIVIDUAL. | 55 |
| ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO . | 58 |
| ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTI-- MAR LOS PARAMETROS DE ESTABILI-- DAD | 58 |
| COMPARACION DE MEDIAS | 63 |
| ESTIMACION DE LAS CORRELACIONES FENOTIPICAS SIMPLES | 63 |
| ESTIMACION DE LAS VARIANZAS Y CO VARIANZAS | 68 |
| HEREDABILIDAD Y COEFICIENTES DE VARIACION GENETICA | 71 |

| | Página |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|
| CONSTRUCCION Y EVALUACION DE LOS INDICES DE SELECCION | 74 |
| DISCUSION | 79 |
| RESULTADOS ESTADISTICOS | 79 |
| ANALISIS DE VARIANZA INDIVIDUA-- LES | 79 |
| ANALISIS DE VARIANZA COMBINADOS. | 79 |
| ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTI-- MAR LOS PARAMETROS DE ESTABILI-- DAD | 81 |
| ESTIMACION DE LAS CORRELACIONES FENOTIPICAS SIMPLES | 83 |
| CORRELACIONES GENOTIPICAS Y FENO TIPICAS | 85 |
| HEREDABILIDADES Y COEFICIENTES - DE VARIACION GENETICA | 86 |
| CONSTRUCCION Y EVALUACION DE LOS INDICES DE SELECCION | 87 |
| CONCLUSIONES | 90 |
| RESUMEN | 92 |
| LITERATURA CITADA | 94 |
| APENDICE | 100 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Página |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 3.1. | NUMERO DE AMBIENTES EN QUE SE EVALUARON - LOS GENOTIPOS | 31 |
| 3.2. | IDENTIFICACION, GENEALOGIA, CARACTERISTI- CAS AGRONOMICAS Y LUGAR DE ORIGEN DE LAS VARIETADES DE SOYA QUE INTERVINIERON EN - EL ESTUDIO..... | 33 |
| 3.3. | IDENTIFICACION DEL AMBIENTE, FECHA DE SIE- MBRA Y TIPO DE SUELO DE CADA UNO DE LOS - EXPERIMENTOS | 35 |
| 3.4. | ANALISIS DE VARIANZA PARA EL DISEÑO DE -- BLOQUES COMPLETAMENTE AL AZAR | 39 |
| 3.5. | ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA UN MO- DELO CON AMBIENTES AL AZAR Y VARIETADES - FIJAS | 41 |
| 3.6. | ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PA- RAMETROS DE ESTABILIDAD | 44 |
| 3.7. | SITUACIONES POSIBLES DERIVADAS DEL VALOR QUE PUEDEN TENER LOS PARAMETROS DE ESTABI- LIDAD. CARBALLO Y MARQUEZ (1970) | 47 |
| 3.8. | ANALISIS DE VARIANZA Y COVARIANZA COMBINA- DOS, ESPERANZA DE LOS CUADRADOS MEDIOS, Y PRODUCTOS CRUZADOS UTILIZADOS PARA ESTI- MAR LAS VARIANZAS | 49 |
| 4.9. | CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANALISIS DE VA- RIANZA POR AMBIENTE EFECTUADOS PARA EL CA- RACTER RENDIMIENTO | 56 |
| 4.10. | ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA SIETE GENOTIPOS DE SOYA EVALUADOS EN 15 AMBIEN- TES | 59 |
| 4.11. | RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE SIETE VARIETADES DE SOYA EVALUADAS EN 15 AMBIENTES | 60 |

| | | |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.12. | RENDIMIENTO MEDIO Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE SIETE VARIETADES DE SOYA EVALUADAS EN 15 AMBIENTES DEL ESTADO DE CAMPECHE..... | 61 |
| 4.13. | CLASIFICACION DE LAS SIETE VARIETADES DE SOYA DE ACUERDO A LOS VALORES QUE TOMAN SUS PARAMETROS DE ESTABILIDAD..... | 62 |
| 4.14. | RENDIMIENTO MEDIO Y COMPARACION DE MEDIAS EN SIETE VARIETADES DE SOYA A TRAVES DE 15 AMBIENTES DE PRUEBA..... | 64 |
| 4.15. | COEFICIENTES DE CORRELACION SIMPLE FENOTIPICA ENTRE EL RENDIMIENTO (KG/HA) Y LAS VARIABLES ESTUDIADAS..... | 66 |
| 4.16. | VARIANZAS Y COVARIANZAS GENOTIPICAS ESTIMADAS MEDIANTE EL ANALISIS COMBINADO DE DIEZ EXPERIMENTOS PARA CINCO CARACTERES. | 69 |
| 4.17. | VARIANZAS Y COVARIANZAS FENOTIPICAS ESTIMADAS MEDIANTE EL ANALISIS COMBINADO DE DIEZ EXPERIMENTOS PARA CINCO CARACTERES. | 70 |
| 4.18. | CORRELACIONES GENOTIPICAS Y FENOTIPICAS ENTRE CINCO CARACTERES DE SIETE VARIETADES DE SOYA..... | 72 |
| 4.19. | ESTIMACION DE HEREDABILIDAD EN EL SENTIDO AMPLIO Y COEFICIENTES DE VARIACION GENETICA PARA CADA VARIABLE..... | 73 |
| 4.20. | INDICES DE SELECCION, AVANCE GENETICO ESPERADO Y EFICIENCIA RELATIVA PARA LAS COMBINACIONES POSIBLES DE CINCO CARACTERES DE SOYA..... | 75 |
| 4.21. | MEDIAS GENERALES DE LOS CARACTERES INCLUIDOS EN LOS INDICES DE SELECCION Y VALORES DEL MEJOR INDICE PARA CADA UNA DE LAS VARIETADES..... | 78 |
| A.1. | MEDIAS GENERALES DE LOS CARACTERES ESTUDIADOS EN CADA UNO DE LOS AMBIENTES MUESTREADOS..... | 101 |
| A.2. | CUADROS MEDIOS Y PRODUCTOS CRUZADOS MEDIOS DE LOS CARACTERES QUE INTERVINIERON EN LA CONSTRUCCION DE LOS INDICES DE SELECCION..... | 102 |

INTRODUCCION

El conocimiento de la estabilidad en los niveles de producción, así como el grado de asociación que existe entre los estados de desarrollo de la planta y algunas otras características con el rendimiento, reviste de gran importancia, ya que la selección para un carácter generalmente acarrea el cambio simultáneo de otros caracteres de importancia económica. Ambos aspectos han sido observados en la mayoría de los cultivos por lo que ignorar su existencia podría conducir a inferencias erróneas.

La expresión de los caracteres de una variedad está influida por el genotipo, el ambiente y la interacción genotipo-ambiente. Dicha interacción ha servido para determinar áreas geográficas de adaptación de determinadas variedades.

El comportamiento de una variedad en diferentes ambientes se ha tratado de expresar en función del término "estabilidad", siendo una variedad estable aquella que interacciona menos con el ambiente. Esta condición aunada a un rendimiento elevado es deseable en una variedad.

Por otro lado el grado de correlación que existe entre el rendimiento con algunos de sus componentes y con

ciertos estados de desarrollo de la planta de soya, Glycine max (L) Merrill, es de gran utilidad en la planeación y evaluación de un programa de mejoramiento genético.

Un conocimiento de las correlaciones que existen entre caracteres de importancia facilita la interpretación de los resultados obtenidos y provee las bases para la planeación de programas más eficientes para el futuro. También las correlaciones entre caracteres importantes y no importantes, puede revelar que algunos de éstos últimos pueden ser útiles como indicadores de uno ó más de los primeros.

Si la efectividad de algunos de los caracteres estudiados en éste trabajo, fueran de ocurrencia general como indicadores del rendimiento, esto podría facilitar y hacer más eficiente el trabajo de los mejoradores de soya al tratar de incrementar los rendimientos seleccionando para otros caracteres en generaciones tempranas. La utilidad de las correlaciones radica en que nos permite conocer el grado con que ciertos caracteres o combinaciones de caracteres pueden ser de utilidad como indicadores de alto rendimiento.

Considerando lo anterior, se ha sugerido la posibilidad de utilizar alguna otra característica correlacionada con el carácter por seleccionar más bien que efectuar selección directa sobre éste carácter. Sin embargo no obs

tante que la selección indirecta puede ser particularmente útil en ciertas circunstancias, se ha demostrado teóricamente que un índice de selección que combine información sobre varios caracteres altamente heredables y estrechamente correlacionados entre sí y con el carácter por mejorar, puede ser usado más efectivamente para incrementar la probabilidad de seleccionar genotipos deseables y por consiguiente lograr un avance más rápido por selección.

El presente estudio se desarrolló sobre una serie de 15 ensayos de variedades de soya, Glycine max (L) Merrill, efectuados bajo condiciones de temporal en diferentes localidades y años en el estado de Campeche, durante el período 1981-1984. Los objetivos plantados fueron los siguientes:

- 1) identificar aquellas variedades que muestren un mínimo de interacción con el ambiente y determinar su comportamiento desde el punto de vista de adaptación y sensibilidad a los cambios ambientales.

- 2) Estimar las correlaciones del rendimiento con tres estados de desarrollo de la planta; floración, formación de vaina y madurez fisiológica, y con otras características que son componentes del rendimiento mismo.

- 3) Construcción de varios índices de selección para rendimiento basándose en cinco características.

REVISION DE LITERATURA

Estabilidad

Interacción Genotipo-Ambiente y su Medición.

La interacción genético-ambiental puede definirse como el comportamiento relativo diferencial que manifiestan los genotipos cuando se les prueba en ambientes diferentes.

Carballo y Márquez (1970) y Chávez (1977) consideran que la interacción genotipo-ambiente es una fuente de variación que debe ser investigada con el objeto de idear metodologías de prueba, análisis y selección que permitan identificar poblaciones que debido a una menor interacción con el ambiente tengan mayor amplitud de adaptación o en todo caso delimitar áreas geográficas en las cuáles la adaptabilidad de determinadas variedades sea mejor.

Gómez (1977) señala que la naturaleza e importancia de la interacción genotipo-ambiente en trabajos de mejoramiento de plantas han sido revisadas y discutidas ampliamente por Allard y Bradshaw (1964) y Allard y Hansche (1964). Estos autores reconocen que al considerar separadamente la variación ambiental y el comportamiento de genotipos se logra explicar mejor la naturaleza y significancia de este fenómeno.

Comstock y Moll (1963) mencionan en su trabajo relativo a la interacción genético-ambiental que el desarrollo del fenotipo es influenciado por causas genéticas y no genéticas, y que estos dos factores no actúan independientemente; por lo tanto, este interjuego entre el efecto de lo genético y lo no genético sobre el desarrollo del fenotipo es lo que se conoce como interacción genotipo-ambiente.

Bucio (1966) y Márquez (1974) mencionan que el fenotipo de un material es el resultado de su patrimonio genético más la influencia del ambiente que actuó sobre él, así como la interacción entre ambos y que las técnicas modernas de selección minimizan los efectos ambientales. -- También sugiere Márquez (1974) que para evitar la interacción del ambiente con los genotipos se lleva a cabo la selección a través de ambientes variados.

Aguilar y Fischer (1975) mencionan que los rendimientos de las plantas no solamente dependen de la capacidad productora de un genotipo, sino también de la interacción genotipo-ambiente ya sea que ésta esté dada por variaciones en los genotipos, años o localidades de prueba.

Allard y Bradshaw (1964) indican que las variaciones del ambiente se dividen en predecibles e impredecibles; las primeras son las características permanentes en función del tiempo. Denominan a una variedad como "buena amortiguadora" o con buena flexibilidad cuando puede ajus-

tar su condición genotípica y fenotípica en respuesta a condiciones temporales del ambiente. Distinguen dos tipos de flexibilidad:

a) Individual, cuando cada genotipo de una población tiene adaptación a un rango de ambientes.

b) Poblacional, aparece cuando diferentes genotipos que están coexistiendo se adaptan a determinados rangos de ambientes.

Estos autores exponen que la diferencia de adaptación en las variedades está determinada genéticamente.

Eberhart y Russell (1966) indican que la interacción genotipo-ambiente es de gran importancia para el mejorador a fin de que éste pueda desarrollar variedades superiores mejoradas. Cuando los genotipos son comparados sobre una serie de ambientes, los comportamientos relativos individuales difieren. Así mismo, señalan que al probar variedades por varios años en varias regiones la interacción genotipo-ambiente resulta elevada y por lo tanto será necesario estudiar las relaciones entre los diferentes factores ambientales, los procesos fisiológicos de los cultivares y la posibilidad de indicar a los fitomejoradores:

a) La estructura de los genotipos con características adecuadas al ambiente disponible.

b) Los niveles de los factores del ambiente que se deben usar en la selección de genotipos y

c) Las condiciones en las que deben hacerse la explotación comercial de las variedades con mayores rendimientos.

Conceptos y Estimación de la Estabilidad.

Una variedad estable es aquella que responde exactamente a los cambios ambientales sin interaccionar con los ambientes en que es probada.

Márquez (1973) enfatiza 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 (1966) una variedad estable es aquella que responde exactamente a las fluctuaciones ambientales y no interaccionan con el ambiente.

Moll y Stuber (1974) indican que un genotipo es estable, si de alguna manera puede ajustar sus respuestas fenotípicas para proporcionar alguna medida de uniformidad a pesar de las fluctuaciones ambientales.

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

Allard y Hansche (1964) Allard y Badshaw (1964) - después de llevar a cabo una exhaustiva revisión de literatura concluyen que diversidad genética con frecuencia conduce a estabilidad bajo condiciones ambientales cambiantes.

Fatunlay y Frey (1967) mencionan los trabajos de Perkins y Jinks (1968), Bucio et al. (1969) y Finlay - - (1971) y concluyen los autores que todos éstos trabajos - demuestran que la estabilidad de producción es un carácter heredable en plantas.

Por otro lado Oyervides (1980) concluye que los - dos principales componentes de la adaptabilidad en maíz, estabilidad y potencial de rendimiento, son caracteres in dependientes y están determinados por genes diferentes.

A pesar de haberse demostrado la interacción genético-ambiental no se ideó inmediatamente un análisis biométrico para reconocer su importancia (Hill 1975), sino que fue posteriormente cuando se hicieron intentos para examinar el comportamiento varietal sobre un rango de ambientes, pero se asumía que el fenotipo de un individuo resultaba de los efectos aditivos del genotipo y del ambiente.

Plaisted y Paterson (1959) presentaron un método para analizar el comportamiento de la estabilidad del rendimiento, cuando diversas variedades son evaluadas en un número de localidades dentro de un año. En términos generales el procedimiento consiste en hacer análisis de va---

rianza combinados, estos autores consideran como variedad estable aquella que contribuye con un valor promedio pequeño a la interacción variedad por localidad.

Finlay y Wilkinson (1963) usaron el coeficiente de regresión y el rendimiento medio varietal sobre todos los ambientes, como parámetros para identificar la estabilidad fenotípica. Reportaron en su investigación, que variedades con estabilidad fenotípicas alta mostraron rendimientos bajos.

Eberhart y Russell (1966) añade un nuevo término al modelo de Finlay y Wilkinson (1963), las desviaciones de la regresión. Estos autores propusieron un modelo en el que trabajaron completamente con la variación total dentro de genotipos, y combinan los componentes de varianza ambiental y de la interacción genotipo-ambiente en un análisis de varianza. Además conjugan el coeficiente y las desviaciones de regresión para definir los parámetros de estabilidad. Consideran como una variedad estable aquella que tenga un coeficiente de regresión igual a uno y desviaciones de regresión igual a cero; si esta variedad presenta además una media de rendimiento alto, se puede considerar como una variedad deseable.

Carballo y Márquez (1970) al aplicar el modelo de Eberhart y Russell (1966) a un conjunto de variedades de maíz, encontraron que este método fue efectivo en la discriminación de las variedades categorizándolas bajo seis -

situaciones posibles en función de los parámetros coeficiente y desviación de la regresión.

Mungomery et al. (1974) proponen un nuevo enfoque para examinar las respuestas ambientales verdaderas de un número grande de genotipos aplicando las siguientes técnicas:

a) Análisis de Clasificación Numérica. Determina si un grupo de variedades creciendo a través de varios ambientes puede ser dividido en subgrupos.

b) Procedimiento de Ordenación. Esta técnica se aplica después de haberse formado los subgrupos de variedades para examinar la relación entre variedades individuales dentro de cada grupo.

Las técnicas antes mencionadas fueron aplicadas a las respuestas ambientales de una población de líneas de soya en el rendimiento de semilla y por ciento de proteína. Los resultados obtenidos por estos autores indican que los procedimientos fueron efectivos en separar grupos de líneas. De esta manera concluyen que la estrategia de clasificación delimitó grupos de líneas, las cuales diferían sustancialmente en comportamiento medio y dentro de grupos tuvieron en general medias muy similares.

Márquez (1976) propone un índice de adaptabilidad que conjunte en forma ponderada a los parámetros me-

dia, coeficiente de regresión y suma de cuadrados de las desviaciones de regresión, para hacer una selección de variedades por su rendimiento y estabilidad. Este autor explica además que una variedad tipo se tiene que definir de acuerdo a las condiciones ambientales, sociales y económicas de la región agrícola en que se están probando las variedades.

Estudios sobre Estabilidad en Soya.

Smith et al. (1967) investigaron la estabilidad fenotípica en varios cultivares de soya, Glycine max (L) Merrill, y encontraron que aquellos con promedio de estabilidad superiores estuvieron menos influenciados por el ambiente, así como una tendencia a la asociación de bajas desviaciones de la regresión con coeficientes de regresión menores de uno. Estos autores también encontraron que las líneas heterogéneas homocigóticas responden en forma menos radical a los cambios ambientales que las líneas homogéneas homocigóticas.

Schutz y Bernard (1967) llevaron a cabo estimaciones de la interacción genotipo-ambiente en varias líneas de soya, Glycine max (L) Merrill, durante tres años en varias localidades. Estos autores reportaron que la interacción genotipo x año fue menor que la interacción genotipo x localidad. Ellos sugieren que localidades pueden substituir efectivamente a años, de tal manera que los datos de 10 a 15 localidades en un solo año pueden ser suficien-

tes para eliminar materiales que estén rindiendo poco. - También mencionan que en evaluaciones finales de líneas - con alto rendimiento próximas a ser liberadas, los gastos y el tiempo empleados en evaluarlas por varios años pueden ser justificados; pero en este caso, dos o a lo más - tres años seran suficientes.

Beaver y Johnson (1981) en su artículo sobre la - estabilidad en el rendimiento de variedades de soya, Glycine max (L) Merrill, hábito determinado e indeterminado, encontraron que; tanto los primeros como los segundos variaron sus niveles de producción en respuesta a los cambios ambientales. Sin embargo, los de hábito determinado fueron menos predecibles en su respuesta, esto cuando se desarrollaron en el Norte de los Estados Unidos. Concluyen que a través del análisis conjunto de regresión para estimar los valores de los coeficientes y desviaciones de regresión, estos fueron significativos, sugiriendo que la selección de genotipos de soya con mayor estabilidad - es posible.

Weaver et al. (1983) al estimar los parámetros de estabilidad en cultivares de soya de los grupos de madurez VI, VII y VIII, mencionan que cuando cultivares adaptados son comparados en un análisis de estabilidad, el cultivar ideal debería tener un alto rendimiento, un coeficiente de regresión de cero y una mínima desviación. - Indican que sin embargo, un coeficiente de regresión posi

tivo puede ser más deseable, aunque esto, generalmente resulta en una media de rendimiento más baja en ambientes desfavorables. Un cultivar con un coeficiente de regresión positivo estará mejor adaptado a ambientes de alto rendimiento, pero carecerá de la amplia adaptación del cultivar ideal.

Los mejoradores de soya, Glycine max (L) Merrill, han puesto énfasis en lograr genotipos con un amplio rango de adaptación, sin descuidar la adaptación específica en sus programas de mejoramiento, dado que el objetivo de sus programas es seleccionar genotipos que permanescan sobre un amplio rango de condiciones climáticas y edáficas.

Rivera (1983) al estimar la estabilidad en el rendimiento de 10 variedades de soya, Glycine max (L) Merrill, menciona que la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966) resultó efectiva en la selección de materiales con amplio rango de adaptación y que, por otro lado, las variedades utilizadas muestran una tendencia a mejorar su rendimiento de grano conforme se mejora el ambiente. Las variedades con mayor estabilidad y una media de rendimiento alta fueron; Mineira, Visoja U.F.V-I y Bossier. La variedad Santa Rosa resultó tener amplia estabilidad y una media de producción alta.

Correlaciones

Correlaciones Genéticas y Fenotípicas en Soya.

La utilidad práctica de seleccionar para un carácter dado como medida indirecta de otro depende del grado de correlación que exista entre ambos. El hecho de que varios caracteres de soya esten correlacionados ha sido estudiado por numerosos investigadores.

Woodworth (1933) reportó que en 26 variedades de soya diferían grandemente en el promedio de número de nudos por planta, vaina por nudo, semillas por vaina,, porcentaje de semillas abortadas, peso de semillas y rendimiento por planta. En general, los caracteres fueron independientes unos de otros y solamente el bajo porcentaje de semillas abortadas, y el alto peso de semillas fueron apreciablemente asociadas con rendimiento.

Weatherspoon y Wentz (1934) en un estudio llevado a cabo con 237 líneas las cuáles diferían en altura de planta y en los caracteres considerados por Woodworth (1933) indicaron que los caracteres, altura de planta, vainas por planta y vainas por nudo, estuvieron significativamente correlacionadas con el rendimiento. Correlaciones múltiples entre el rendimiento y combinaciones de caracteres fueron estimadas y una correlación de 0.58 fué obtenida entre el rendimiento y la combinación de altura, nudos por planta, vainas por planta, semilla abortada y peso de semilla. Estos autores concluyen que el número de vainas

por planta, la altura de planta y el peso de semilla fueron por mucho, los caracteres más importantes para dar -- una pequeña información sobre el rendimiento.

Ma (1964) al llevar a cabo dos experimentos que involucraron 16 y 24 variedades estudiadas en años sucesivos, estableció que el número de vainas por planta, porcentaje de semillas abortadas, peso de semillas, número de semillas por vaina y el porcentaje de vainas desarrolladas, diferían significativamente. Las asociaciones entre los caracteres no fueron consistentes a través de los experimentos que tenían diez variedades en común. En el primer experimento, el rendimiento estuvo asociado solamente con el porcentaje de vainas desarrolladas y el número de semillas por vaina, mientras que en el segundo, el rendimiento estuvo asociado solamente con el peso de la semilla.

Weber y Moorthy (1952) al estudiar las correlaciones genéticas y fenotípicas entre todos los posibles pares de siete caracteres muestreados en tres poblaciones F_2 de soya, encontraron que, en general, las correlaciones genéticas fueron más altas que las fenotípicas. Obtuvieron correlaciones genéticas positivas entre tiempo a floración y época de madurez, rendimiento y época de madurez, rendimiento y altura de planta, rendimiento y peso de semilla y correlaciones genéticas negativas entre época de floración y el período de floración a madurez, época

ca de madurez y porcentaje de aceite y peso de semilla con porcentaje de aceite. Estos autores infieren que las bajas correlaciones fenotípicas pueden ser atribuidas al enmascaramiento o modificación del efecto del ambiente sobre la asociación genética entre caracteres.

Weiss et al. (1952) reportaron, correlaciones positivas y significativas entre las medias de rendimiento de cinco variedades de soya para los siguientes caracteres; - semilla grande y bajo número de iodios en el aceite y alto contenido de aceite y bajo contenido de proteína. También observaron que estas correlaciones no variaron significativamente entre años, localidades o localidades por año.

Yoshino et al. (1955) estimaron las correlaciones entre el rendimiento y varios caracteres en plantas F_2 de 11 cruza. La magnitud de las correlaciones varió de cruza; el número de ramas, el número de vainas, la altura de la planta y el tiempo de floración estuvieron variablemente asociadas con el rendimiento.

Johnson et al. (1955) estimaron todas las correlaciones genotípicas y fenotípicas posibles entre 24 pares de caracteres. Las selecciones involucradas en el estudio fueron líneas derivadas de F_2 en F_4 provenientes de dos cruza. Las correlaciones genotípicas fueron en general más altas que las fenotípicas. Correlaciones genotípicas entre rendimiento y longitud del período de floración a ma

durez, latencia, dureza de la semilla, resistencia al aca--
me y desgrane fueran apreciablemente altas. Estos autores
estiman que la selección basada en madurez, peso de semi--
lla y resistencia al desgrane puede mostrar una efectivi--
dad del 50 por ciento de efectividad en el incremento del
rendimiento en las dos poblaciones en comparación con la -
selección basada en el rendimiento mismo.

Influencia de los factores Ambientales en las Correlacio-- nes..

Las condiciones ambientales pueden modificar las -
correlaciones fenotípicas al enmascarar o provocar algunos
cambios sobre la asociación genética entre caracteres.

Runge y Odell (1960) y Thompson (1969) han investi--
gado la influencia de la temperatura y de la precipitación
durante ciertas etapas del período de desarrollo, conclu--
yendo que durante ciertos períodos de crecimiento el incre--
mento en cualquiera de los dos parámetros climáticos provo--
caba el aumento en el rendimiento, en tanto que incremen--
tos similares en cualquiera de los otros períodos restan--
tes estuvo asociado con bajos rendimientos.

Byth et al. (1969) indican que la asociación de al--
gunas características fenológicas con el rendimiento varí--
an de un ambiente a otro, y que la inconsistencia de tales
asociaciones se debe a las condiciones ambientales predomi--
nantes en los sitios donde se establecen las pruebas; es -
decir, probablemente la planta reaccione en una forma - --

característica debido a que los genotipos no se adaptan a la fecha de siembra a las condiciones climáticas que prevalen en un determinado ambiente.

Jones y Lang (1978) al estudiar los efectos de los factores fenológicos y meteorológicos en el rendimiento de la soya, Glycine max (L) Merrill, midieron la duración de la prefloración, el período de floración y el período de llenado y la media diaria de temperatura y radiación solar. Estos autores concluyen que es de gran importancia la correlación que existe entre estos factores y el rendimiento potencial de la soya. La importancia de la duración de las fases de prefloración y llenado de grano y de la temperatura durante la floración fué demostrada en este trabajo.

Correlaciones entre el Rendimiento y algunas Etapas de Desarrollo de la Planta de Soya.

La necesidad de un método que fuese ampliamente aceptado para identificar con bastante precisión las diferentes etapas de desarrollo de la soya, hizo necesaria la realización de algunos estudios e investigaciones de esta naturaleza.

Kalton et al. (1949) publicaron un sistema para describir los diferentes estados de desarrollo de la planta de soya, con el fin de precisar la idea de qué datos de los componentes de rendimiento, en determinado estado de

desarrollo de la planta, en cierto estudio mostraban correspondencia con datos similares del mismo estado de desarrollo en otro estudio. Aún cuando los datos tomados pudieron diferir en los dos estudios.

Hanaway y Thampson (1967) presentaron posteriormente el mismo sistema que Kalton et al. (1949) pero con fotografías a color de varios de los estados de desarrollo. Desde que se implantó éste sistema ha habido algunas pequeñas modificaciones.

Fehr et al. (1971) publicaron una modificación al primer estudio de Kalton et al. (1949) este sistema modificado define estados vegetativos y reproductivos separadamente, con dos etapas basadas en la floración, dos en el desarrollo de la vaina, dos en el desarrollo de la semilla y dos más en la madurez de la planta. Una publicación más comprensiva que describe en forma breve estos estados de desarrollo de la soya ha sido publicada por Fehr y Caviness (1977).

Los investigadores en la producción de grano de soya han estado interesados en conocer cuál de los períodos específicos del ciclo de vida del cultivo es más crítico en el rendimiento final. Para esclarecer éste punto se han llevado a cabo varios trabajos al respecto.

Howell (1960) al referirse a la opinión de muchos investigadores que mencionaban que el crecimiento ante--

rior al máximo llenados de vainas estaba estrechamente relacionado con el rango de días, añade que de llenado de vaina a madurez, el crecimiento estuvo más relacionado para el número de días que para el rango.

Lawn y Byth (1974) al estudiar el desarrollo vegetativo y reproductivo de un grupo de cultivares de soya - en varias fechas de siembra y a diferentes densidades, -- mencionan que la duración y extensión el desarrollo vegetativos para los cultivares estudiados estuvo estrechamente asociado con la longitud del período comprendido entre la siembra y el cese de la floración. Similarmente, el retraso de madurez fisiológica entre variedades estuvo -- asociado con un desarrollo vegetativo más extenso. El -- rendimiento de la semilla por unidad de área se incrementó dentro de cada cultivar cuando la longitud del período de desarrollo se extendió.

En algunos otros trabajos (Hanaway y Thompson, -- 1971; y Scott y Aldrich, 1970) se menciona que existen pequeñas diferencias varietales en la tasa de acumulación de materia seca, concluyendo que estas diferencias en el rendimiento fueron el resultado de la longitud del período que duró la acumulación de materia seca en la semilla. Según algunos autores (Henderson y Kamprath, 1970) en Carolina del Norte así como en el Oeste Medio de los Estados Unidos. (Hanway y Weaber, 1971; y Hanway y Thompson - 1971) mencionan que la tasa de acumulación de materia seca en la semilla ha mostrado que es así constante durante

la mayor parte del período de desarrollo de la semilla.

Lawn y Byth (1974) indican que la eficiencia biológica en la producción de la semilla estuvo negativamente correlacionada con la longitud del período de desarrollo vegetativo, por lo tanto sugieren que para obtener máximos rendimientos es necesario establecer un balance óptimo entre el grado de desarrollo vegetativo y la eficiencia biológica.

Nieto et al. (1982) al efectuar un estudio con el fin de conocer el desarrollo fenológico de la planta de soya y poder inferir un idiotipo para las condiciones del Trópico Húmedo Mexicano, encontraron que la diferencia entre un buen ambiente y uno malo radica en el número de días que emplea un genotipo desde la germinación hasta la madurez fisiológica. En un ambiente malo, la soya utiliza 75 días para llegar a madurez fisiológica y en uno bueno 120. Además encontraron que la diferencia entre genotipos radica en el número de entrenudos que producen a madurez fisiológica. Por otro lado encontraron que los materiales de habito indeterminados que producen 12 entrenudos son impropios para los malos ambientes, debido a que al llegar a floración sola han producido el 65 por ciento del total de entrenudos, y el 35 por ciento restante lo producen durante el período de llenado de grano lo cual, según estos autores, provoca la auto destrucción de la planta y acorta el período de llenado de grano. Con--

cluyen que el genotipo para las condiciones del trópico - húmedo mexicano debe tener ocho entrenudos a madurez fisiológica y un período de llenado de 30 días.

Nieto et al. (1983) llevaron a cabo un estudio para agrupar los ambientes del Trópico Húmedo de México de acuerdo con el desarrollo fenológico que presentaron diez variedades de soya, Glycine max (L) Merrill, durante tres años en un total de 32 ambientes. Estos autores analizaron el desarrollo de 16 características fenológicas para agrupar mediante técnicas de taxonomía numérica aquellos sitios donde los cultivares de soya se desarrollaron fenológicamente en forma similar. Formaron tres grupos principales; La Huasteca Tamaulipeca, Tapachula Chis. y el eje Campeche-Isla Ver. Además se formó un cuarto grupo de menor precisión; el eje Tamps-Mich-Col-Chis.. En las dos primeras regiones el desarrollo vegetativo fue similar, sin embargo en Tapachula, los rendimientos fueron mayores, debido a que en ésta región el período de llenado de grano fue de 45 días, y en la Huasteca de 28. La diferencia del eje Campeche-Isla Ver., fue que produjo un 25 por ciento menos de entrenudos; y en el eje Tamps-Mich-Col-Chis., la soya empleó demasiados días a floración.

Byth et al. (1969) evaluaron líneas de soya genéticamente heterogéneas derivadas de F_2 y líneas genéticamente homogéneas derivadas de F_5 . Todas las líneas provienen de dos cruces que fueron evaluadas para nueve ---

caracteres en tre ambientes en las generaciones F_6 y F_7 - con el fin de detectar la asociación que hay entre estos caracteres y el rendimiento. Estos autores observaron -- que hubo gran variabilidad en las correlaciones a través de los ambientes para todas las asociaciones, dicha variedad estuvo asociada con el "stress" de humedad en cada ambiente. En las líneas heterogéneas la composición química fue el mejor predictor del rendimiento, en tanto que - para aquellas genéticamente homogéneas el acame temprano resultó más efectivo.

Dunphy et al. (1979) al efectuar un estudio para precisar la relación que existe entre el rendimiento y el número de días entre los diferentes estados de desarrollo de la soya, Glycine max (L) Merrill, concluyeron que no - hubo asociación entre el rendimiento y alguno de los pe-- ríodos del estado vegetativo de la planta. El período de llenado de grano fue el que estuvo más altamente correlacionado con el rendimiento. Efectuaron correlaciones entre floración y madurez tardía con altos rendimientos y - largos períodos durante el desarrollo de la vaina con bajos rendimientos. Concluyen que el rendimiento final depende más del período de llenado de grano que de la acumulación de materia seca en la semilla.

Reicosky et al. (1982) llevaron a cabo un trabajo para evaluar germoplasma de soya, Glycine max (L) Merrill, de las introducciones de Plantas (PI) para poder -

identificar algunos materiales que potencialmente fueron -
útiles para alargar el período de llenado de grano. Mencion
nan que el período de llenado de grano es una medida para
incrementar el rendimiento en varias especies. El período
de llenado de grano no estuvo correlacionado con la fecha
de floración pero si estuvo correlacionado significativa--
mente con la fecha de madurez. Los autores concluyen que
el período de llenado de grano de las variedades de soya -
puede ser incrementado en la descendencia seleccionando en
las poblaciones segregantes que presentan un llenado de --
grano anticipado y la misma fecha de madurez.

Metz et al. (1985) efectuaron una investigación sobr
bre la relación que hay entre la duración del período re--
productivo y la fecha de madurez en tres poblaciones pro--
venientes de cruza simples formadas de líneas derivadas -
de F_2 y F_4 . Estos autores indican que un rendimiento ele-
vado generalmente está asociado con un período reproducti-
vo amplio y con el período de llenado de grano, y como el
período reproductivo esta estrechamente asociado con madu-
rez tardía, cualquier intento por incrementar el rendimiento
basandose en la selección de la duración del período rere
productivo sin retrasar la fecha de cosecha se verá obstacu
culizado por estas asociaciones. El único medio para reduci
cir la fuerte correlación que hay entre la duración de la
etapa reproductiva y la fecha de madurez es el utilizar la
incorporación y recombinación de los únicos tipos de germo

plasma adaptados con aquellos que tengan insensitividad al fotoperíodo. Concluye que es posible incrementar el rendimiento potencial de la soya mediante la optimización de la duración de los períodos de llenado de grano y el reproductivo en germoplasma adaptado sin alargar más la fecha de cosecha.

Indices de Selección

Smith (1936) y Searle (1965) indican que la mejor forma de capitalizar las correlaciones genéticas entre caracteres heredables es la de construir un índice que combine la información de varios caracteres. Hazel y Lush (1942) demostraron que la selección basada sobre un índice es más eficiente que seleccionar individualmente para varios caracteres.

Cuando un carácter de interés está correlacionado con otros caracteres, la selección en algunos de estos puede producir cambios en el carácter de interés (Smith (1936). Por lo tanto siendo la producción de grano un carácter poligénico, cabe suponer que esté relacionado con otros caracteres de la planta.

Brim et al. (1959) en base a un estudio de índices de selección en soya señalan que la superioridad de los índices sobre otros métodos de selección y la variedad de la superioridad estimada de un índice sobre otro, depende de que se tengan valores correctos de las varianzas fenotípi-

cas y genotípicas, y de la importancia de los valores económicos relativos asignados a cada uno de los caracteres.

Caldwell y Weber (1965) indican que para construir índices superiores a la selección en base a rendimiento, se debe utilizar caracteres altamente heredables y estrechamente correlacionados con rendimiento. Estos autores mencionan que las principales limitaciones del uso de índices de selección son: .a) estimar las varianzas genotípicas y fenotípicas en cada ciclo de selección y b) la laboriosa tarea de construir un índice para cada población en cada generación de selección.

Robertson (1959) mencionan que la correlación genética entre dos caracteres juega un papel importante en la respuesta correlacionada de la selección y asegura un máximo mejoramiento de los índices de selección al combinar diferentes caracteres.

Sprague (1966) indica que la superioridad de un índice crece con un incremento en el número de características bajo selección y que la superioridad decrece cuando las características incluidas en el índice difieren grandemente en importancia.

Javier et al. (1974) al trabajar en la construcción de índices de selección en papa, encontraron que la eficiencia de los índices aumento progresivamente a medida que se incluyeron en el índice 1, 2, 3 y 4 de los ca--

racteres correlacionados con el carácter por mejorar.

Hanson and Johnson (1957) presentaron un método para calcular y evaluar un índice general de selección empleando para ello un ejemplo numérico realizado en soya. Estos autores utilizaron un índice compuesto por rendimiento de aceite, rendimiento de proteína y rendimiento de semilla, y estimaron un índice general basado en datos de las poblaciones, el cual presentó un 29 y 97 por ciento de efectividad en las dos poblaciones, también calcularon un índice de selección específico para cada población. Al utilizar índices de selección en la población a partir de la cual se obtuvo encontraron un 89 por ciento de efectividad; para cuando éste mismo se aplicó a otra población, obtuvieron solamente un 53 por ciento de eficiencia.

Oyervides (1979) menciona que la superioridad de un índice se incrementa a medida que se van adicionando caracteres al índice. Sin embargo menciona que a partir de tres caracteres no se justifica el ir agregando más variables dado que el incremento en eficiencia que se logra va siendo cada vez más reducido, y el grado de dificultad en la aplicación del índice es mayor.

Byth et al (1969) mencionan que el uso de los índices de selección o características alternativas que estén más directamente relacionados con los procesos fisiológicos de aumentos en el rendimiento pueden ser más útiles en la predicción y manipulación del rendimiento.

MATERIALES Y METODOS

Discripción del Area de Estudios.

Area General.

El estado de Campeche se localiza en la zona Sureste del país. Es uno de los tres estados que forman la Península de Yucatán. Se encuentra ubicado entre los paralelos 18 y 21° de latitud Norte y entre los meridianos 89° y 93° de longitud Oeste.

El clima de la zona se caracteriza por tener una precipitación irregularmente distribuída durante todo el año; de 900 mm en la parte Norte, va aumentando gradualmente hacia el Sur hasta llegar a los 1 500 mm anuales en la parte Centro-Sur del estado. El 80 por ciento de la precipitación se presenta en los meses de junio a noviembre y se extiende uno ó dos meses más en la parte Sur.

La temperatura media es de 26 a 28°C; la mínima absoluta de 5°C y la máxima absoluta de 42°C. El clima es tropical sub-húmedo.

Los suelos del estado se caracterizan por estar asentados en una plataforma caliza que aflora constantemente, se cuenta así, con suelos mecanizables y no mecaniza--

bles. Estos últimos se localizan en la parte Norte del -- estado. El relieve del terreno es plano y la altitud es -- en promedio de 30 metros.

Ambientes de Prueba.

El cultivo de la soya tiene prespectivas en la región Norte y Centro del estado; en estas regiones se localizan los municipios de Campeche, Hecelchakán y Hopelchén, regiones en las que se ubicaron las localidades de prueba del presente estudio.

Las características geográficas y climáticas de -- los lugares donde se establecieron los experimentos son -- las siguientes:

Región Campeche.

En éste municipio se encuentran ubicadas las localidades de Cayal, Noh-Yaxche, Oxa e Ichek; dichas localidades fueron ambientes de prueba. Se localizan a los $19^{\circ}45'$ de latitud Norte y a los $90^{\circ}11'$ de longitud Oeste aproximadamente. Esta región tiene una precipitación y temperatura media anual de 1 020 mm y 26.1°C , respectivamente. Tiene una altura media de 35 metros sobre el nivel del mar.

Región Hecelchakán.

La localidad de Hecelchakán, cabecera del municipio del mismo nombre fue otro de los ambientes de prueba. Esta localidad es representativa de la región conocida --

como del "Camino Real". Se localiza a los 20°10' de latitud Norte y a los 90°08' de longitud Oeste. Presenta una altura de 13 metros sobre el nivel del mar como una temperatura y precipitación media anual de 27°C y 1 180.0 mm -- respectivamente.

Región Hopelchén.

En éste municipio se localiza otra de las localidades; Xcupil, la cual se utilizó también como ambiente de prueba. En ésta zona se encuentra la región conocida con el nombre de "Los Chenes". Tiene una altura sobre el nivel del mar de 68 m la temperatura media anual es de 26.6°C y la precipitación de 1 095 mm. Se localiza a 19°45' de latitud Norte y a 89°50' de longitud Oeste.

El clima que prevalece en estas regiones es calido sub-húmedo, (según Koopen modificado por García).

Los ambientes de prueba fueron 15, distribuidos en seis localidades durante un período de cuatro años (Cuadro 3.1.). Una evaluación llevada a cabo en un ciclo y fecha determinada fué considerada como un ambiente.

Material Experimental.

Genotipos Estudiados.

Los genotipos incluídos en este trabajo se seleccionaron en evaluaciones previas llevadas a cabo por el Programa de Soya del Campo Agrícola Experimental Campeche,

Cuadro 3.1. Número de ambientes en que se evaluaron los genotipos

| Región | A ñ o s | | | |
|--------------|---------|------|------|------|
| | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 |
| Campeche | 2 | 5 | 3 | 3 |
| Hechelchakán | 1 | | | |
| Hopelchén | 1 | | | |
| | 4 | 5 | 3 | 3 |

perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). Las evaluaciones preliminares fueron efectuadas dentro del área de influencia del Campo Experimental. Los criterios bajo los cuáles se seleccionaron estos materiales fueron principalmente capacidad de producción y buenas características agronómicas.

En el trabajo se incluyen genotipos de hábito de crecimiento determinado y semi-determinado tiene diferente lugar de origen. En el Cuadro 3.2. se indican los cultivares estudiados, su país de procedencia así como algunas de sus características agronómicas.

Experimentos de Campo.

El tipo de suelo donde se establecieron los experimentos varían de acuerdo con la localidad (Cuadro 3.3). Sin embargo, en su mayoría fueron de dos tipos; los que se conocen regionalmente como K'ankab y Yaax-hom, los primeros de ellos se correlacionan con los luvisoles ródicos y los segundos con los luvisoles crómicos. Ambos son suelos profundos de textura arcillosa.

Preparación del Terreno.

Se realizó un barbecho de 25 a 30 cm de profundidad, posteriormente, a los 20 días, se dio un paso de raspa liviana en forma cruzada al barbecho.

Cuadro 3.2. Identificación, genealogía, características agronómicas y lugar de origen de las variedades de soya que intervinieron en el estudio

| No. | Genealogía | Hábito de crecimiento | Días a: floración mad. fisiol. | Altura de planta (cm) | País de origen |
|-----|---------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------|
| 1 | Júpiter | Determinado | 45 | 77 | E. U. A. |
| 2 | Sta. Rosa | Semi-determinado | 36 | 55 | Brasil |
| 3 | Mineira | Determinado | 35 | 48 | Brasil |
| 4 | II-S6-GON-M61 | Semi-determinado | 41 | 75 | México |
| 5 | II-S6-GON-M60 | Semi-determinado | 42 | 75 | México |
| 6 | F76-7233-1 | Determinado | 42 | 69 | E. U. A. |
| 7 | F78-1220 | Semi-determinado | 44 | 73 | E. U. A. |

Epoca de Siembra.

La fecha de siembra de los experimentos varió de un año a otro y de localidad a localidad de acuerdo con el establecimiento del temporal (Cuadro 3.3). En general estuvo comprendida en el período de Julio-Agosto.

Establecimiento del Experimento

Una vez que se hubo preparado el terreno y que se establecieron las lluvias, se procedió a surcar el terreno para enseguida sembrar. La siembra se efectuó a chorrillo en el fondo del surco sobre terreno húmedo, procurando colocar de 30 a 35 semillas por metro lineal, esto con el fin de asegurar una buena población, posteriormente se aclaró en aquellas parcelas que hubo necesidad, para finalmente dejar 20 plantas por metro lineal.

Tamaño de la Parcela.

La parcela experimental estuvo formada por cuatro surcos de 6 m de largo y 70 cm de ancho. La parcela útil la formaron los dos surcos centrales a los cuáles se les eliminó medio metro de cada lado.

Diseño Experimental.

El diseño utilizado en los trabajos experimentales fue el de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Cuadro 3.3. Identificación del ambiente, fecha de siembra y tipo de suelo de cada uno de los experimentos

| Año | Ambiente No. | Localidad | Fecha de siembra | Tipo de suelo |
|------|--------------|--------------|------------------|-----------------|
| 1981 | 1 | Cayal | 20 Julio | Luvisol rodico |
| | 2 | Hechelchakan | 31 Julio | Luvisol rodico |
| | 3 | Xcupil | 21 Agosto | Luvisol rodico |
| | 4 | Noh-Yaxche | 7 Agosto | Luvisol rodico |
| 1982 | 5 | Oxa | 28 Julio | Luvisol cromico |
| | 6 | Oxa | 29 Julio | Luvisol rodico |
| | 7 | Oxa | 29 Julio | Luvisol rodico |
| | 8 | Noh-Yaxche | 22 Julio | Luvisol cromico |
| | 9 | Cayal | 2 Agosto | Luvisol rodico |
| 1983 | 10 | Oxa | 27 Julio | Luvisol cromico |
| | 11 | Oxa | 30 Agosto | Luvisol rodico |
| | 12 | Ich-ek | 22 Julio | Luvisol cromico |
| 1984 | 13 | Oxa | 2 Agosto | Luvisol cromico |
| | 14 | Oxa | 2 Agosto | Luvisol rodico |
| | 15 | Ich-ek | 26 Agosto | Luvisol rodico |

Prácticas Culturales.

Todas las prácticas que requirió el cultivo, tales como, escardas, control de plagas y enfermedades, así como la dosis y época de aplicación del fertilizante se llevaron a cabo de acuerdo a las recomendaciones existentes para cada una de las regiones.

Toma de Datos.

Se muestrearon tres de las etapas fenológicas más importantes que se presentan durante el desarrollo del cultivo; floración (R_2), formación de vaina (R_4) y madurez fisiológica (R_7). Se cuantificaron las variables número de días, número de entrenudos y altura de la planta, de la emergencia a cada una de las etapas mencionadas anteriormente.

Para tal efecto se hizo uso de la metodología propuesta por Fehr et al. (1977) quienes definen estados vegetativos (V) y reproductivos (R) separadamente con dos de las etapas reproductivas basadas en la floración (R_1 y R_2), dos en el desarrollo de la vaina (R_3 y R_4), dos en el desarrollo de la semilla (R_5 y R_6) y las dos últimas en la madurez de la planta (R_7 y R_8).

A continuación se describen las etapas fenológicas propuestas por este autor para identificar los estados de desarrollo de la planta de soya.

Estados Vegetativos.

- V_1 . Completamente desenrolladas las hojas del en trenudo unifoliado..
- V_2 . Completamente desenrolladas las hojas del -- primer entrenudo trifoliado.
- V_3 . Tercer entrenudo en el tallo principal, empezando con el entrenudo que se encuentra entre . las hojas cotilodenarias y las unifoliadas.
- V_n .

Estados Reproductivos.

- R_1 . Momento en el que aparece la primera flor.
- R_2 . Momento en el cual aparece una flor en alguno de los dos entrenudos superiores.
- R_3 . Cuando la planta tenga vainas de medio cm en alguno de los cuatro entrenudos superiores.
- R_4 . Cuando el genotipo tenga vainas de dos cm en - alguno de los cuatro entrenudos superiores.
- R_5 . Cuando las vainas empiezen a llenarse y tenga el grano del tamaño de una lenteja en cualquie ra de los cuatro entrenudos superiores.
- R_6 . Cuando las vainas tengan un grano de tamaño de un chícharo (normal) en cualquiera de los cuatro entrenudos superiores. (follaje aún verde)
- R_7 . Cuando las vainas empiezan a tomar un color -- amarillo tenue en cualquiera de los cuatro entrenudos superiores, las hojas se tornan amari

llas y empiezan a caer.

- R₈. Cuando las vainas tengan un color gris o café en alguno de los cuatro entrenudos superiores, las hojas se han caído casi en su totalidad.

También se tomaron algunos otros datos que son componentes del rendimiento tales como, número de vainas por planta, número de granos por planta, peso de 100 semillas número de plantas por metro lineal. Para cuantificar estas variables se efectuaron seis muestreos por parcela dando un total de 24 mediciones para cada una de las siete variedades en cada experimento.

La variable rendimiento (kg/ha) se reporta correguida al 14 por ciento de humedad.

Métodos Estadísticos

La información recabada en los experimentos de campo fue analizada en dos etapas: en la primera se analizó la variable rendimiento, a la cual se le practicaron tres análisis; análisis de varianza individual, análisis de varianza combinado y análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad. En la segunda etapa se efectuaron las correlaciones del rendimiento con todas las demás variables y se construyeron los índices de selección.

Análisis de Varianza Individual.

Este tipo de análisis se efectuó con el fin de detectar las posibles diferencias que hubiera entre las va--

riedades en un ambiente dado. El modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente.

$$Y_{ij} = M + V_i + B_j + E_{ij} \quad \begin{array}{l} (i=1,2,\dots,v) \\ (j=1,2,\dots,b) \end{array}$$

donde:

Y_{ij} = Valor de la i -ésima variedad en la j -ésima repetición;

M = Media general del carácter evaluado;

V_i = Efecto de la i -ésima variedad;

B_j = Efecto de la j -ésima repetición (bloque); y

E_{ij} = Error aleatorio.

En este modelo se considera que los bloques son aleatorios y las variedades o tratamientos son fijos.

El análisis de varianza para el modelo anterior se presenta en el Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. Análisis de varianza para el diseño de bloques completamente al azar.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Cuadrados medios |
|---------------------|--------------------|------------------|
| Bloques | $(b-1)$ | CM_3 |
| Variedades | $(v-1)$ | CM_2 |
| Error | $(b-1)(v-1)$ | CM_1 |
| Total | $(vb-1)$ | |

Para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan (5 por ciento).

Análisis de Varianza Combinado.

Para tener una idea más amplia sobre el comportamiento de los siete materiales a través de los 15 ambientes, se efectuó un análisis de varianza combinado cuyo modelo estadístico es el siguiente.

$$Y_{ijk} = M + A_k + R_{j(k)} + V_i + VA_{ik} + E_{ijk}$$

(i=1,2,...,v)
(j=1,2,...,r)
(k=1,2,...,a)

donde:

Y_{ijk} = Valor de la i-ésima variedad en la j-ésima repetición, en el k-ésimo ambiente;

M = Media general del carácter evaluado;

A_k = Efecto del k-ésimo ambiente;

$R_{j(k)}$ = Efecto de la j-ésima repetición dentro del k-ésimo ambiente;

V_i = Efecto de la i-ésima variedad;

VA_{ik} = Efecto de la interacción de la i-ésima variedad y el k-ésimo ambiente; y

E_{ijk} = Efecto del error aleatorio.

Las suposiciones de éste modelo son que los errores no están correlacionados, tienen media cero y varianza constante; los ambientes son aleatorios y las variedades

des son fijas. El análisis de varianza basado en el modelo anterior se presenta en el Cuadro 3.5.

Cuadro 3.5. Análisis de varianza combinado para un modelo con ambientes al azar y variedades fijas.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Cuadrados medios | Esperanzas de los cuadrados medios |
|---------------------|--------------------|------------------|------------------------------------------------|
| Ambientes | $(a-1)$ | CM_5 | $\sigma^2_e + t \sigma^2_{R/A} + rt\sigma^2_A$ |
| Rep./Amb. | $(r-1)a$ | CM_4 | $\sigma^2_e + t \sigma^2_{RA}$ |
| Variedades | $(v-1)$ | CM_3 | $\sigma^2_e + r \sigma^2_{VA} - ar\sigma^2_V$ |
| Var. x Amb. | $(v-1)(a-1)$ | CM_2 | $\sigma^2_e + r \sigma^2_{VA}$ |
| Error | $(v-1)(r-1)a$ | CM_1 | σ^2_e |
| Total. | $(arv-1)$ | | |

Las pruebas de F se realizaron en base a las esperanzas de los cuadrados medios las cuales permiten identificar contra quien se va a probar cada una de las fuentes.

Análisis de Varianza para Estimar los Parámetros de Estabilidad.

Para medir la estabilidad de los genotipos estudiados se utilizan métodos estadísticos de regresión de los rendimientos sobre los índices ambientales. Esto nos indica la respuesta de las variedades a los diferentes ambientes. El modelo utilizado para estimar la estabilidad fue el propuesto por Eberhart y Russell (1966).

El modelo estadístico es el siguiente.

$$Y_{ij} = M_i + b_i I_j + d_{ij} \quad (i=1,2,\dots,v)$$

donde:

$$(j=1,2,\dots,a)$$

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

M_i = Media de la i -ésima variedad sobre todos los ambientes;

b_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i -ésima variedad a través de los ambientes;

I_j = Índice ambiental obtenido como la diferencia entre la media de todas las variedades en el j -ésimo ambiente y la media general; y

d_{ij} = Desviación de regresión de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente.

El modelo anteriormente descrito se aplicó a las medias de rendimiento de los distintos ambientes de prueba.

La estabilidad de una variedad bajo el modelo anterior queda definida por dos parámetros.

El primer parámetro de estabilidad es el coeficiente de regresión, el cual mide el incremento promedio en rendimiento de una variedad, por unidad de incremento en el índice ambiental y es estimado de la siguiente manera.

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

donde:

$$I_j = \left(\frac{\sum_i Y_{ij}}{v} \right) - \left(\frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{va} \right)$$

El segundo parámetro es la desviación de regresión ésta mide el ajuste de la respuesta predicha con la respuesta observada e incluye la interacción genético ambiental. Se obtiene de la siguiente forma.

$$s^2 d_i = \left(\frac{\sum_j d_{ij}^2}{a-2} \right) - s_e^2 / r$$

donde:

$$\sum_j d_{ij}^2 = \left(\frac{\sum_j Y_{ij}^2}{a} \right) - \left(\frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2} \right)^2$$

Es decir las desviaciones $d_{ij} = (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})$ se elevan al cuadrado y se suman para estimar éste parámetro.

s_e^2 / r es el estimador del error conjunto. s_e^2 se obtiene como un promedio ponderado de los errores de todos los experimentos, y r es el número de repeticiones de cada ambiente.

La forma de efectuar el análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad se presenta en el Cuadro 3.6.

El comportamiento de cada variedad puede predecirse usando los estimadores de los parámetros \bar{X} y B_i .

Cuadro 3.6. Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad

| Fuente de variación | g.1 | Suma de cuadrados | CM |
|---------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Total | $nv - 1$ | $\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - F.C.$ | |
| Variedades (V) | $v - 1$ | $\frac{1}{n} \sum_i Y_{i.}^2 - F.C.$ | CM_1 |
| Ambiente (Amb) | $n - 1$ | | |
| V x Amb. | $(v-1)(n-1)$ | $\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \sum Y_{i.}^2 / n$ | |
| Amb. (lineal) | 1 | $\frac{1}{v} (\sum_j Y_{.j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$ | |
| V x Amb. (lineal) | $v - 1$ | $\sum_i \{ (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 \} - SC\ AMB(lineal)$ | CM_2 |
| Desv. Pond. | $v(n-2)$ | $\sum_i \sum_j d_{ij}^2$ | CM_3 |
| Variedad 1 | $n - 2$ | $\{ \sum_j Y_{ij}^2 - (Y_{i.})^2 \} - (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$ | |
| • | • | • | |
| • | • | • | |
| • | • | • | |
| Variedad V | $n - 2$ | $\{ \sum_j Y_{vj}^2 - Y_{v.}^2 \} - (\sum_j Y_{vj} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 = \sum_j d_{vj}^2$ | |
| Error ponderado | $n(r-1)(v-1)$ | | |

$$\hat{Y}_{ij} = X_i + b_i I_j$$

donde:

\hat{Y}_{ij} = Comportamiento predicho de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente;

X_i = Es un estimador de la media varietal;

b_i = Coeficiente de regresión estimado; y

I_j = Índice ambiental.

Prueba de Hipótesis:

a). Igualdad de medias varietales;

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

$$F = CM_1 / CM_3 \dots \dots \dots \text{(Cuadro 6)}$$

b). Igualdad de los coeficientes de regresión;

$$H_0; B_1 = B_2 = B_3 = \dots = B_v$$

$$F = CM_2 / CM_3 \dots \dots \dots \text{(Cuadro 6)}$$

c). desviaciones de regresión igual a cero para cada variedad;

$$H_0; d_i = 0$$

$$F = (\sum d_{ij}^2 / n-2) / CM_4 \text{ y}$$

d). Coeficientes de regresión no difieren de la --
unidad;

$$H_0; B = 1$$

$$t = B_i - 1 / S_{bi} \text{ donde: } S_{bi} = \sqrt{CM \text{ desv. pon.} / \sum I_j^2}$$

De acuerdo con los valores que tomen los coeficientes y desviaciones de regresión (b_i y $S^2_{d_i}$) de cada una de las variedades; tomando en cuenta las pruebas de significancia; estas, pueden ser clasificadas bajo alguna de las situaciones propuestas por Carbello y Márquez (1970). Cuadro 3.7.

Estimación de las Correlaciones Fenotípicas Simples.

La asociación entre dos caracteres que puede ser observada directamente es la correlación de los valores fenotípicos (Falconer 1983) y ésta se determina usando las mediciones de los dos caracteres hechas en varios individuos de la población.

Como ya se indicó anteriormente fueron 15 las variables que se midieron directamente y a partir de estas se generaron siete más; el número de días, el número de entrenudos y la altura que desarrolló la planta durante el período reproductivo y durante el período de llenado. Además se calculó también la tasa de llenado.

Se estimaron los coeficientes de correlación fenotípica simple entre el rendimiento y cada una de las variables, se generaron un total de 22 coeficientes. Esta estimación se obtuvo a partir de la siguiente expresión:

$$r^2 = \left\{ \Sigma XY - \frac{\Sigma X \Sigma Y}{n} \right\}^2 / \left\{ \left(\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n} \right) \left(\Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n} \right) \right\}$$

Cuadro.3.7. Situaciones posibles derivadas del valor que pueden tener los parámetros - de estabilidad. Carballo y Marquéz (1970)

| Situación | Coefficientes de regresión | Desviaciones de la regresión | Descripción |
|-----------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| a | $b_j = 1.0$ | $s^2_{di} = 0$ | Variedad estable |
| b | $b_j = 1.0$ | $s^2_{di} > 0$ | Buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes. |
| c | $b_j < 1.0$ | $s^2_{di} = 0$ | Respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente. |
| d | $b_j < 1.0$ | $s^2_{di} > 0$ | Respuesta mejor en ambientes desfavorables e inconsistente. |
| e | $b_j > 1.0$ | $s^2_{di} = 0$ | Respuesta mejor en buenos ambientes y consistente. |
| f | $b_j > 1.0$ | $s^2_{di} > 0$ | Respuesta mejor en buenos ambientes e inconsistente. |

Se seleccionaron aquellas variables que mostraron los valores de correlación más altos y consistentes para construir con ellas los índices de selección.

Estimación de las Varianzas y Covarianzas.

A las variables seleccionadas se les estimaron -- las varianzas genotípicas y fenotípicas, además se calcularon también las covarianzas las cuáles se generaron a -- partir de los productos medios entre pares de variables.

Los valores de las varianzas y covarianzas se estimaron a partir de los análisis combinados despéjándolas de los valores esperados de sus respectivos cuadrados medios. (Cuadro 3.8), utilizando para ello las expresiones siguientes:

$$\sigma^2_{F(x)} = \frac{M_3(x)}{ra}, \quad \sigma_{F(xy)} = \frac{M_3(x) M_3(y)}{ra}$$

$$\sigma^2_{G(x)} = \frac{M_3(x) - M_2(x)}{ra}, \quad \sigma_{G_{xy}} = \frac{M_3(x) M_3(y) - M_2(x) M_2(y)}{ra}$$

donde:

r = repeticiones

a = ambientes.

Una vez realizadas estas estimas se calcularón -- las correlaciones genotípicas (r_G) y fenotípicas (r_F) posibles entre los caracteres seleccionados a partir de las siguientes expresiones:

Cuadro 3.8. Análisis de varianza y covarianza combinados, esperanza de los cuadrados medios y productos cruzados utilizados para estimar las varianzas y covarianzas

| F. V | CM | ECM | PCM | EPC |
|-------------|-------|--------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------|
| Ambientes | | | | |
| Rep/Amb. | | | | |
| Genotipos | M_3 | $\sigma^2 e + r\sigma^2 GA + ra\sigma^2 G$ | $M_3 M_3$ | $\sigma E_{xy} + r\sigma GA_{xy} + ra\sigma G_{xy}$ |
| Gen. x Amb. | M_2 | $\sigma^2 e + r\sigma^2 GA$ | $M_2 M_2$ | $\sigma E_{xy} + r\sigma GA_{xy}$ |
| Error | M_1 | $\sigma^2 e$ | $M_1 M_1$ | σE_{xy} |

F V = Fuente de variación
 C M = Cuadrados medios
 E C M = Esperanza de los cuadrados medios
 P C M = Productos cruzados medios
 E P C = Esperanza de los productos cruzados

Correlación Fenotípica:
$$r_F = \frac{F_{(xy)}}{\sqrt{\sigma^2_{F(x)} \sigma^2_{F(y)}}}$$

donde:

$\sigma^F_{(xy)}$ = Covarianza fenotípica entre los caracteres x e y

$\sigma^2_{F(x)}$ = Varianza fenotípica del carácter x

$\sigma^2_{F(y)}$ = Varianza fenotípica del carácter y

Correlación genotípica:
$$r_G = \frac{G_{(xy)}}{\sqrt{\sigma^2_{G(x)} \sigma^2_{G(y)}}}$$

donde los términos corresponden a covarianzas y varianzas genotípicas.

Construcción de los Índices de Selección.

La construcción de los índices de selección se basó en los procedimientos teóricos establecidos por Smith (1936), Hazel (1943) y Brim et al. (1959). La información que se requiere para obtener un índice de selección es:

- a). Valores Económicos Relativos (VER) de cada carácter;
- b). Varianzas fenotípicas y genotípicas de cada carácter; y
- c). Covarianzas fenotípicas y genotípicas entre cada par de caracteres.

Las varianzas fenotípicas y genotípicas de cada carácter, así como las covarianzas respectivas entre pares

de caracteres se obtuvieron del análisis combinado, como ya se indicó anteriormente. Los VER sin importancia económica directa se consideran como cero y al rendimiento igual con uno.

Con los cinco caracteres seleccionados (incluyendo rendimiento) se generaron 31 combinaciones para la construcción de los índices de selección los cuáles se construyeron de la forma siguiente:

$$I = \sum_{i=1}^n b_i x_i$$

donde:

I = Índice de selección

i = 1, 2, ..., n caracteres

b_i = Ponderación para el i -ésimo carácter

x_i = Valor fenotípico para el i -ésimo carácter

Los coeficientes del índice (b_i) se obtuvieron a partir de un sistema de ecuaciones simultáneas cuya fórmula general es la siguiente:

$$b_1 p_{11} + b_2 p_{12} + \dots + b_n p_{1n} = a_1 g_{11} + a_2 g_{12} + \dots + a_n g_{1n} = g_{1r}$$

$$b_1 p_{21} + b_2 p_{22} + \dots + b_n p_{2n} = a_1 g_{21} + a_2 g_{22} + \dots + a_n g_{2n} = g_{2r}$$

$$\begin{array}{cccccccc} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{array}$$

$$b_1 p_{n1} + b_2 p_{n2} + \dots + b_n p_{nn} = a_1 g_{n1} + a_2 g_{n2} + \dots + a_n g_{nn} = g_{nr}$$

donde:

$i, j = 1, 2, \dots, n$ caracteres;

b_i = Coeficientes del índice;

p_{ij} = Varianzas fenotípicas cuando $i = j$, y covarianza cuando no es así;

a_i = Valor económico del i -ésimo carácter; y

g_{ij} = Varianzas genotípicas cuando $i = j$, y covarianza cuando no es así.

Usando matrices, el sistema de (n) ecuaciones se resuelve de la forma siguiente:

La representación de la matriz se da a continuación;

$$\begin{bmatrix} \sigma_{x_1}^2 & \sigma_{x_1 x_2} & \dots & \sigma_{x_1 x_n} \\ \sigma_{x_1 x_2} & \sigma_{x_2}^2 & \dots & \sigma_{x_2 x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{x_1 x_n} & \sigma_{x_2 x_n} & \dots & \sigma_{x_n}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{g_{r1}} \\ \sigma_{g_{r2}} \\ \vdots \\ \sigma_{g_{rn}} \end{bmatrix}$$

p
 b
 g

donde:

p = Matriz $(n \times n)$ de varianzas y covarianzas fenotípicas;

b = Vector $(n \times 1)$ de coeficientes b_1, b_2, \dots, b_n , y

g = Vector $(n \times 1)$ de covarianza genotípica entre el carácter por mejorar y el i -ésimo carácter

La solución de ésta matriz es:

$$Pb = g, \quad y$$

$$b = P^{-1} g$$

donde P^{-1} es la matriz inversa de varianzas y covarianzas fenotípicas resultando así el índice de selección:

$$I = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n.$$

Avance Genético Esperado y Eficiencia Relativa del Uso de los Índices de Selección.

El avance genético esperado (AGE) en rendimiento - por ciclo de selección para cada índice se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$AGE = \frac{z}{q} (b_1g_{1r} + b_2g_{2r} + \dots + b_ng_{nr})^{1/2}$$

donde $\frac{z}{q}$ es el diferencial de selección y los términos dentro del paréntesis ya fueron definidos anteriormente. Se consideró una presión de selección de cinco por ciento para la estimación del avance genético de cada uno de los índices que se contruyeron, es decir $\frac{z}{q} = 2.06$.

La eficiencia relativa se obtuvo al comparar el avance genético esperado AGE (B), de un índice dado con el avance genético esperado AGE (A), del índice basado solo en el carácter por mejorar, expresado en por ciento según la expresión siguiente:

$$E_f \cdot R = \frac{AGE (B)}{AGE (A)} \quad (100)$$

Estimación de Heredabilidad y Coeficientes de Variación Genética.

Se estimaron también la heredabilidad en el sentido amplio (H^2) en base a la media de una entrada y el coeficiente de variación genética (CVG), según las expresiones siguientes:

$$H^2 = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_g + \sigma^2_{ge/a} + \sigma^2_{e/ra}} \quad \begin{array}{l} (r = \text{repeticiones}) \\ (a = \text{ambientes}) \end{array}$$

donde:

σ^2_g = Varianza genética;

σ^2_{ge} = Varianza de la interacción genotipo-ambiente; y

σ^2_e = Varianza del error experimental (ambiental).

$$CVG \equiv \frac{\sigma_g}{\bar{X}} (100)$$

donde:

σ_g = Desviación estandar genotípica; y

\bar{X} = Media general del carácter involucrado.

RESULTADOS

Análisis Estadísticos

Análisis de Varianza Individuales.

La primera etapa en la prueba estadística de los datos la constituyeron los análisis de varianza para rendimiento en cada una de las localidades. Los resultados por ambiente se presentan en el Cuadro 4.9.

Las observaciones que se pueden derivar de los resultados que se anotan en el cuadro citado son:

a). Para la fuente de variación repeticiones, dos ambientes mostraron diferencias altamente significativas (**), cuatro significativas (*) y el resto no mostrarán -- significancia.

b). Para el factor de variación genotipos se detectaron diferencias estadísticas (* y **) en 14 de los 15 ambientes muestreados.

c). Los coeficientes de variación resultaron en general aceptables, menores del 20 por ciento a excepción de tres ambientes en que fueron un poco mayores.

Cuadro 4.9. Cuadrados medios de los análisis de varianza de ambiente efectuados para el carácter rendimiento

| Fuente de variación | 1981 | | | | 1982 | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|---|-----|-------|
| | A | M | B | I | E | N | T | E | S | | | | | | | | | |
| G.L | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | | | | | |
| Repeticiones | 3 | 100 | 87 | 937* | 591 | 656* | 41 | 241 | 53 | 914 | 170 | 360 | | | | | | |
| Genotipo | 6 | 276 | 428** | 86 | 651 | 141 | 987** | 463 | 092* | 1 | 533 | 128** | 1 | 246 | 761** | 1 | 850 | 166** |
| Error | 18 | 48 | 205 | 43 | 649 | 27 | 456 | 144 | 506 | 60 | 210 | 26 | 272 | 56 | 796 | | | |
| C.V % | | 13.53 | 14.28 | 11.35 | 18.86 | 12.45 | 8.99 | 12.87 | | | | | | | | | | |

* $P \leq 0.05$

** $P \leq 0.01$

Cuadro 4.9.continuación.

| Fuente de variación | A M B I E N T E S | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|------|
| | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 1982 | 1984 | | | | | | |
| Rep. | 904 | 719** | 153 | 416 | 731 | 028* | 204 | 601 | 65 | 179 | 181 | 755* | 210 | 043** | 19 | 101 |
| Gen. | 497 | 428* | 409 | 845** | 820 | 064** | 924 | 687** | 230 | 134** | 645 | 657** | 595 | 838** | 173 | 616* |
| Error | 128.594 | 67.445 | 168.084 | 92.453 | 78.401 | 49.467 | 34 | 887 | 61 | 421 | | | | | | |
| C. V % | 18.14 | 13.83 | 25.00 | 20.74 | 19.55 | 11.11 | 10.26 | 23.22 | | | | | | | | |

* P ≤ 0.05

** P ≤ 0.01

Análisis de Varianza Combinado.

En el Cuadro 4.10 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza combinado, se puede observar que hubo diferencias altamente significativas (**) para los factores de variación ambientes, para genotipos y para la interacción genotipo por ambiente.

Análisis de Varianza por Estimar los Parámetros de Estabilidad.

Los resultados del análisis de varianza para estabilidad, siguiendo la metodología sugerida por Eberhart y Russel (1966), se indican en el cuadro 4.11. Se puede apreciar que hubo diferencias altamente significativas para las medias varietales, para la interacción variedad por ambiente (lineal) y para las desviaciones ponderadas. En el Cuadro 4.12, se puede apreciar el rendimiento medio, el coeficiente de regresión y las desviaciones de regresión para cada variedad a través de los 15 ambientes de prueba. Una vez determinados los parámetros de estabilidad (b_i , $s^2 d_i$) para cada una de las siete variedades, éstas se agruparon de acuerdo a la clasificación de Carballo y Márquez (1970). Cuadro 4.13.

Cuadro 4.10. Análisis de varianza combinado para rendimiento en siete genotipos de soya evaluados a través de 15 ambientes.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| Ambientes | 14 | 30 008 451 | 2 143 451 ** |
| Rep/Amb | 45 | 10 841 529 | 240 923 ** |
| Genotipos | 6 | 14 997 941 | 2 499 657 ** |
| Gen x Amb | 84 | 44 374 964 | 528 273 ** |
| Error | 270 | 19 600 236 | 72 593 |
| Total. | 419 | 119 822 980 | |

C. V = 15.87%

**P 0.01

Cuadro 4.11. Resultados del análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad de siete variedades de soya evaluados en 15 ambientes

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| Total | 104 | 22 349 128 | 625 291 ** |
| Genotipos | 6 | 3 751 745 | |
| Ambientes | 98 | 18 597 283 | |
| Genotipos x Ambiente | | | |
| Ambiente (lineal) | 1 | 152 656 | |
| Genotipox Amb. (lineal) | 6 | 8 599 916 | 1 433 319 ** |
| Desv. POND. | 91 | 9 844 811 | 108 185 ** |
| Genotipo 1 | 13 | 1 618 502 | 124 500 ** |
| Genotipo 2 | 13 | 1 873 726 | 144 133 ** |
| Genotipo 3 | 13 | 2 953 872 | 227 221 ** |
| Genotipo 4 | 13 | 962 500 | 74 038 ** |
| Genotipo 5 | 13 | 1 092 300 | 84 023 ** |
| Genotipo 6 | 13 | 620 005 | 47 693 |
| Genotipo 7 | 13 | 723 906 | 55 685 |
| Error conjunto | 270 | | 18 131 |

** P ≤ 0.01

Cuadro 4.12. Rendimiento medio y parámetros de estabilidad de siete variedades de soya evaluadas en 15 ambientes del estado de Campeche

| Genotipo | Rendimiento (kg/ha) | Coefficientes de regresión (b_i) | Desviaciones de regresión (s^2d_i) |
|---------------|------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Santa Rosa | 2 059 a | 1.6780 * | 0.1260 ** |
| II-S6-GON-M61 | 1 783 b | 1.0248 | 0.0559 ** |
| F78-1220 | 1 689 bc | 0.9107 | 0.0375 |
| II-S6-GON-M60 | 1 665 c | 1.1483 | 0.0659 ** |
| Mineira | 1 662 c | 1.3143 | 0.2091 ** |
| F76-7233-1 | 1 660 c | 0.5188 * | 0.0296 |
| Jupiter (T) | 1 369 d | 0.3931 * | 0.1064 ** |

Duncan $P \leq 0.05$

* $P \leq 0.05$

** $P \leq 0.01$

Cuadro 4.13. Clasificación de las siete variedades de soya de acuerdo a los valores que toman sus parámetros de estabilidad

| Categoría | Situación | Adaptación | Genotipo |
|-----------|-------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|
| A | $b_i = 1$ $S^2 d_i = 0$ | A todos los ambientes y consistente | F78-1220 |
| B | $b_i = 1$ $S^2 d_i > 0$ | A todos los ambientes e inconsistente | II-S6-GON-M60, II-S6-GON-M61 y Mineira |
| C | $b_i < 1$ $S^2 d_i = 0$ | A malos ambientes y consistente | F76-7233-1 |
| D | $b_i < 1$ $S^2 d_i > 0$ | A malos ambientes e inconsistente | Júpiter |
| E | $b_i < 1$ $S^2 d_i > 0$ | A buenos ambientes e inconsistente | Santa Rosa |

Comparación de Medias.

Se detectaron diferencias estadísticas entre medias de variedades para el carácter medido; rendimiento por hectárea, para ello se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan al cinco por ciento.

En el cuadro 4.14. Se pueden apreciar las medias para cada una de las variedades en cada uno de los ambientes, se indica también su significancia estadística (Duncan $P \leq .05$)

Estimación de las Correlaciones Fenotípicas Simples.

Los ambientes se agruparon en buenos y malos de acuerdo con el signo de su índice ambiental.

Se estimaron los coeficientes de correlación entre el rendimiento y cada una de las 15 variables medidas. Esta estimación se llevó a cabo en varias etapas; primero se efectuó para cada ambiente en particular, después para el grupo de buenos y malos ambientes y por último para el total de ambientes (Cuadro 4.15). De las variables medidas directamente se generaron siete más y también se les estimó el grado de asociación que tenían con el rendimiento.

Al examinar los valores de dichos coeficientes se encontró que:

a). Hubo una tendencia general a la asociación negativa del desarrollo vegetativo; número de entrenudos y altura

Cuadro 4.14. Rendimiento medio y comparación de medias en siete variedades de soya a través de 15 ambientes de prueba

| Genotipo | 1982 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | 1981 | | | 1982 | | | | | | | | | | | | | | |
| | A | M | B | I | E | N | T | E | S | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | | | | | |
| Santa Rosa | 1 775 ab* | 1 439 ab | 1 543 a | 2 543 a | 3 067 a | 2 635 a | 3 089 a | | | | | | | | | | | |
| II-S6-GON-M61 | 1 882 a | 1 512 ab | 1 205 b | 2 171 bc | 2 077 bc | 2 010 b | 2 003 bc | | | | | | | | | | | |
| F78-1220 | 1 757 ab | 1 360 b | 1 519 a | 2 046 bc | 1 637 d | 1 653 c | 1 707 bc | | | | | | | | | | | |
| II-S6-GON-M60 | 1 701 ab | 1 449 ab | 1 562 a | 2 235 ab | 1 891 cd | 1 746 c | 1 656 c | | | | | | | | | | | |
| Mineira | 1 621 ab | 1 260 b | 1 575 a | 1 895 cd | 2 379 b | 2 099 b | 2 041 b | | | | | | | | | | | |
| F75-7233-1 | 1 539 b | 1 736 a | 1 692 a | 1 629 d | 1 584 d | 1 565 c | 1 564 c | | | | | | | | | | | |
| Júpiter (T) | 1 081 c | 1 482 ab | 1 166 b | 1 592 d | 1 162 e | 865 d | 809 d | | | | | | | | | | | |

| | A | M | B | I | E | N | T | E | S |
|-----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|---|---|
| 1982 | | | | 1983 | | | 1984 | | |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | | |
| 2 112 ab | 1 850 ab | 1 877 a | 1 806 a | 1 305 bc | 2 394 a | 2 136 ab | 1 267 ab | | |
| 2 175 a | 2 113 a | 2 033 a | 1 989 a | 1 575 ab | 1 613 c | 1 502 de | 880 c | | |
| 2 138 a | 2 171 a | 1 677 a | 1 927 a | 1 436 ab | 1 961 bc | 1 407 e | 884 bc | | |
| 2 458 a | 2 035 a | 1 640 a | 855 c | 1 742 a | 1 659 bc | 1 439 e | 900 bc | | |
| 1 539 bc | 1 533 bc | 657 b | 878 c | 979 c | 2 685 a | 2 370 a | 1 415 a | | |
| 1 490 .c | 2 097 a | 1 764 a | 1 576 ab | 1 502 ab | 1 985 b | 2 090 bc | 1 100 abc | | |
| 1 927 abc | 1 348 c | 1 833 a | 1 232 bc | 1 485 ab | 1 723 bc | 1 798 cd | 1 025 bc | | |

*Medias unidas con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan P 0.05)

Cuadro 4.15. Coeficientes de correlación simple fenotípica entre el rendimiento (kg/ha) y las variables estudiadas

| Variables | Ambientes malos (-) | | | | | | | | | | Ambientes buenos (+) | | | | | | | | | | Total |
|---------------------------------|---------------------|-----|----|----|------|-----|------------------|----|----|-----|----------------------|-----|-----|------|-------------------|------|-------------------|-----|--|--|-------|
| | 15 | 12 | 3 | 2 | 11 | 1 | 10 | - | 6 | 14 | 7 | 5 | 8 | 13 | 4 | 4 | + | +/- | | | |
| Directas: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REND. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R ₂ d _{fas} | ** | ** | | | .00 | .33 | .32 ^b | ** | ** | ** | ** | ** | .21 | -.16 | -.59 ^c | * | -.19 ^d | * | | | |
| ent. | .55 ^a | .56 | | | -.05 | .45 | -.10 | ** | ** | .43 | .51 | .37 | .37 | -.79 | -.05 | .24 | | | | | |
| alt. | ** | ** | ** | ** | .18 | .56 | -.06 | ** | ** | ** | ** | .71 | .51 | -.67 | .48 | -.02 | * | * | | | |
| R ₄ d _{fas} | ** | ** | ** | ** | -.07 | .38 | .38 | ** | ** | ** | ** | .82 | .08 | -.74 | -.67 | -.32 | | | | | |
| ent. | .07 | .70 | | | .15 | .42 | .54 | ** | ** | .25 | .21 | .63 | .63 | -.71 | .24 | .11 | | | | | |
| alt. | ** | ** | ** | ** | .42 | .57 | .04 | ** | ** | ** | ** | .68 | .69 | -.72 | .48 | .02 | | | | | |
| R ₇ d _{fas} | ** | ** | ** | ** | .12 | .43 | .45 | ** | ** | ** | ** | .29 | .10 | -.73 | -.21 | .13 | | | | | |
| ent. | .57 | .57 | | | .22 | .64 | .15 | ** | ** | ** | ** | .58 | .43 | -.79 | .36 | .03 | | | | | |
| alt. | ** | ** | ** | ** | .41 | .67 | .03 | ** | ** | ** | ** | .79 | .71 | -.73 | .47 | -.05 | | | | | |

^aDatos basados en 28 pares de mediciones

^bDatos basados en 112 pares de mediciones

^cDatos basados en 168 pares de mediciones

^dDatos basados en 280 pares de observaciones

Cuadro 4.15.continuación.

| Variables | Ambientes malos (-) | | | | | | | | | | Ambientes buenos (+) | | | | | | | | | | Total |
|--------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|----------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|--|--|--|-------|
| | 15 | 12 | 3 | 2 | 11 | 1 | 10 | - | 6 | 14 | 7 | 5 | 8 | 13 | 4 | + | +/- | | | | |
| Generadas: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REND. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PR dfas | .59 | .16 | | | .64 | | * .77 | * .44 | * .78 | .13 | .61 | .56 | .17 | .30 | .36 | * | .29 | | | | |
| ent. | .21 | .36 | | | .23 | | .12 | .18 | .10 | .35 | .60 | .83 | .52 | .69 | .38 | | .23 | | | | |
| alt. | .39 | .54 | | | .51 | | .67 | .19 | .02 | .42 | .26 | .29 | .69 | .53 | .13 | * | .05 | | | | |
| PLL dfas | .70 | .40 | | | .71 | | .68 | .44 | .93 | .41 | .86 | .88 | .22 | .80 | .60 | * | .56 | | | | |
| ent. | .47 | .98 | | | .06 | | .65 | .08 | .18 | .43 | .52 | .72 | .45 | .09 | .34 | * | .18 | | | | |
| alt. | .23 | .86 | | | .47 | | .43 | .00 | .04 | .61 | .60 | .36 | .74 | .44 | .05 | * | .13 | | | | |
| TLL | 1.00 | .98 | | | .99 | | .99 | .97 | .96 | .98 | .95 | .97 | .83 | .98 | .87 | * | .93 | | | | |
| Comp. Rend. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ptas/m | .41 | .35 | .05 | .27 | .73 | .28 | .40 | .20 | .50 | .38 | .51 | .50 | .25 | .55 | .11 | ** | .11 | | | | |
| Vainas/pta. | | | .13 | .36 | | .49 | | .55 | .24 | | .46 | .27 | .60 | .39 | .13 | ** | .33 | | | | |
| Granos/pta. | | | .02 | .35 | | .49 | | .50 | .21 | | .18 | .23 | .60 | .40 | .16 | ** | .36 | | | | |
| Peso 100 Sem. | | | .03 | .03 | | .18 | | .12 | .36 | | .56 | .20 | .42 | .30 | .38 | ** | .50 | | | | |

ra a R_2 , con el rendimiento.

b). La duración de los períodos reproductivo y de llenado de grano (PR y PLL), en general estuvieron asociados en forma positiva y altamente significativa con el rendimiento, pero la altura y el número de entrenudos desarrollados por la planta durante la duración de ambos períodos estuvieron asociados en forma negativa con este carácter.

c). Los componentes de rendimiento; vainas y granos por planta y el peso de la semilla, tuvieron coeficientes de correlación positivos y altamente significativos -- (**)

d). Las variables más constantes en su asociación con el rendimiento fueron; número de días a R_4 (DR_4), número de entrenudos a R_4 (ER_4), el período reproductivo (PR) y el período de llenado (PLL). Con base en estas observaciones los caracteres mencionados se seleccionaron para -- construir los índices de selección.

Estimación de las Varianzas y Covarianzas.

Los estimadores de los componentes de varianza y covarianza, tanto genotípicas como fenotípicas de los caracteres seleccionados, se presentan en los Cuadros 4.16 y 4.17 respectivamente. A partir de los resultados que se presentan en los cuadros mencionados se estimaron los índices de selección y las correlaciones genotípicas y fenotípicas entre pares de caracteres.

Cuadro 4.16. Varianzas y covarianzas genotípicas estimadas mediante el análisis combinado de diez experimentos para cinco caracteres (varianzas entre paréntesis)

| Carácter | REND. | DR ₄ | ER ₄ | PR | PLL |
|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|--------|--------|
| REND. | (40 877.46) | ---854.88 | -95.63 | 225.54 | 357.02 |
| DR ₄ | | (23.95) | 3.63 | -1.95 | -7.18 |
| ER ₄ | | | (0.69) | 0.26 | -1.16 |
| PR | | | | (2.60) | 1.82 |
| PLL | | | | | (2.74) |

REND. = Rendimiento (kg/ha)
 DR₄ = Número de días a R₄
 ER₄ = Número de entrenudos a R₄
 PR = Período reproductivo (días)
 PLL = Período de llenado (días)

Cuadro 4.17. Varianzas y covarianzas fenotípicas estimadas mediante el análisis combinado de diez experimentos para cinco caracteres (varianzas entre paréntesis)

| Carácter | REND. | DR ₄ | ER ₄ | PR | PLL |
|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|--------|--------|
| REND. | (58 083.42) | -877.28 | -95.80 | 261.17 | 420.89 |
| DR ₄ | | (24.34) | 3.63 | -1.94 | -7.42 |
| ER ₄ | | | (0.74) | 0.26 | -0.83 |
| PR | | | | (3.08) | 2.27 |
| PLL | | | | | (3.50) |

REND. = Rendimiento kg/ha) PR = Período reproductivo (dfas)
 DR₄ = Número de dfas a R₄ PLL = Período de llenado (dfas)
 ER₄ = Número de entrenudos
 a R₄

Los coeficientes de correlación, tanto genotípicas como fenotípicas se aprecian en el Cuadro 4.18. El rendimiento estuvo asociado en forma positiva y altamente significativa con el período de llenado y con el período reproductivo, y en forma negativa y altamente significativa con el número de días y entrenados a R_4 . La situación anterior se presentó tanto en los valores genotípicos como fenotípicos.

Heredabilidad y Coeficientes de Variación Genética.

Se estimó la heredabilidad en el sentido amplio -- (H^2), en base a la media de una entrada y además el coeficiente de variación genética (CVG), para cada uno de los caracteres seleccionados (Cuadro 4.19). Las observaciones que se pueden derivar de éstos resultados son las siguientes:

Los caracteres DR_4 , ER_4 y PR mostraron los valores de heredabilidad más altos; superiores al 80 por ciento; y el PLL y REND mostraron valores más bajos.

Por lo que toca a los coeficientes de variación genética los valores más altos fueron para REND, DR_4 y ER_4 . Los porcentajes más bajos correspondieron al PLL y al PR.

Cuadro 4.18. Correlaciones genotípicas y fenotípicas entre -
cinco caracteres de siete variedades de soya -
(correlaciones fenotípicas entre paréntesis)

| Carácter | DR ₄ | ER ₄ | PR | PLL |
|-----------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| REND. | -0.86 (-0.79)** | -0.57 (-0.46)** | 0.69 (0.62)** | 1.00 (0.93)** |
| DR ₄ | | 0.89 (0.86)** | -0.25 (-0.22)* | -0.89 (-0.80)** |
| ER ₄ | | | 0.19 (0.17) | -0.84 (-0.52)** |
| PR | | | | 0.68 (0.69)** |

Cuadro 4.19. Estimación de heredabilidad en el sentido amplio y coeficientes de variación genética para cada variable

| Carácter | Heredabilidad | Coefficiente de variación genética |
|-----------------------------------|---------------|------------------------------------|
| Rendimiento (REND) | 0.7038 (5) | 11.87 % (1) |
| Días a R_{4} (DR_{4}) | 0.9840 (1) | 8.90 (2) |
| Entrenados a R_{4} (ER_{4}) | 0.9324 (2) | 6.92 (3) |
| Perfodo Reproductivo (PR) | 0.8442 (3) | 3.10 (5) |
| Perfodo de llenado (PLL) | 0.7829 (4) | 4.36 (4) |

* H^2 , en sentido amplio y en base a la media de una entrada () Orden de magnitud de los valores en cada columna.

Construcción y Evaluación de los Índices de Selección.

Como ya se expuso anteriormente con los cinco caracteres seleccionados se construyeron los índices de selección (I) que involucraron 31 combinaciones posibles de los cinco caracteres. Para cada índice se calculó el Avance Genético Esperado (AGE) en rendimiento de grano por hectárea y la Eficiencia Relativa ($E_f.R.$) que se obtenía al usar un índice comparándolo con el AGE de un índice simple basado únicamente en rendimiento. Los resultados mencionados se pueden apreciar en el Cuadro 4.20.

El avance genético esperado (AGE) del índice $I_1(I)$ cuyo valor fue de 349 kg/ha se tomó como término de comparación (100 por ciento) de la eficiencia relativa de los demás índices.

Los mejores 10 índices resultaron ser en orden decreciente los que se indican a continuación; $I_1(1.2.3.4.5)$, $I_1(1.2.4.5)$, $I_1(1.2.3.5)$, $I_1(2.3.4.5)$, $I_1(2.4.5)$, $I_1(1.2.3.4)$, $I_1(2.3.4)$, $I_1(1.2.4)$, $I_1(2.4)$ y el $I_1(2.3.5)$. Todos presentan eficiencias relativas superiores al 155 por ciento y avances genéticos esperados mayores de 400 kilogramos por hectárea. Se observa que en general la eficiencia de los índices se incrementa a medida que se van adicionando caracteres al índice.

Una vez que se hubo determinado cual fue el mejor índice (I), este fue aplicado a cada una de las siete varie

Cuadro 4.20. Índices de selección (I), avance genético esperado, (AGE) y eficiencia reproductiva (Ef.R) para las combinaciones posibles de cinco caracteres de soya.

| Índices de selección | REND. X_1 | DR ₄ X_2 | ER ₄ X_3 | PR X_4 | PLL X_5 | AGE $r(x)$ | Ef. RI $r(x)$ |
|------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------|---------------|------------------|
| I ₁ (1) = | 0.7038 | | | | | 349 | 100.0 % |
| I ₁ (2) = | | -35.1224 | | | | 357 | 102.3 |
| I ₁ (3) = | | | -129.2297 | | | 229 | 65.6 |
| I ₁ (4) = | | | | 73.2273 | | 265 | 75.9 |
| I ₁ (5) = | | | | | 102.0057 | 393 | 112.6 |
| I ₁ (1.2) = | .3803 | -21.4140 | | | | 379 | 108.6 |
| I ₁ (1.3) = | 0.6238 | | -48.4692 | | | 358 | 102.5 |
| I ₁ (1.4) = | 0.6053 | | | 21.9011 | | 355 | 101.7 |
| I ₁ (1.5) = | -0.2752 | | | | 135.1012 | 396 | 113.5 |
| I ₁ (2.3) = | | -59.0470 | 160.4195 | | | 386 | 110.6 |
| I ₁ (2.4) = | | -30.8339 | | 53.8059 | | 404 | 115.8 |
| I ₁ (2.5) = | | -11.3824 | | | 77.8751 | 399 | 114.4 |
| I ₁ (3.4) = | | | -159.6947 | 86.7080 | | 384 | 110.2 |
| I ₁ (3.5) = | | | -20.1875 | | 97.2184 | 394 | 113.0 |
| I ₁ (4.5) = | | | | -3.7400 | 104.4314 | 393 | 112.7 |

Cuadro 4.20.continuación.

| Indices de selección | REND. X_1 | DR ₄ X_2 | ER ₄ X_3 | PR X_4 | PLL X_5 | AGE _r (x) | Ef. RI _r (x) |
|-----------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------|-------------------------|----------------------------|
| I ₁ (1.2.3) = | -0.2191 | -45.3845 | 121.7685 | | | 391 | 112.2 |
| I ₁ (1.2.4) = | -0.0161 | -31.3307 | | 54.8594 | | 404 | 115.8 |
| I ₁ (1.2.5) = | -0.2532 | -10.9410 | | | 109.2630 | 402 | 115.1 |
| I ₁ (1.3.4) = | 0.1767 | | -130.6887 | 69.2730 | | 387 | 111.0 |
| I ₁ (1.3.5) = | -0.2654 | | -18.2274 | | 129.6017 | 397 | 113.8 |
| I ₁ (1.4.5) = | -0.2844 | | | -5.8288 | 139.9896 | 396 | 113.6 |
| I ₁ (2.3.4) = | | -34.7997 | 24.1666 | 49.2679 | | 404 | 115.9 |
| I ₁ (2.3.5) = | | -27.7738 | 75.4510 | | 61.0180 | 403 | 115.5 |
| I ₁ (2.4.5) = | | -25.0894 | | 41.0848 | 22.1698 | 405 | 116.0 |
| I ₁ (3.4.5) = | | | -54.3664 | 23.2553 | 74.0304 | 396 | 113.3 |
| I ₁ (1.2.3.4)= | -0.0146 | -35.2280 | 24.0324 | 50.2479 | | 404 | 115.9 |
| I ₁ (1.2.3.5)= | -0.2610 | -27.6300 | 76.8832 | | 93.0473 | 406 | 116.3 |
| I ₁ (1.2.4.5)= | -0.1704 | -23.3206 | | 36.6733 | 49.2709 | 406 | 116.3 |
| I ₁ (1.3.4.5)= | -0.2326 | | -38.7155 | 13.7754 | 111.8672 | 397 | 113.8 |
| I ₁ (2.3.4.5)= | | -29.5752 | 35.1265 | 31.6574 | 27.1042 | 405 | 116.2 |
| I ₁ (1.2.3.4.5)= | -0.2058 | -28.9749 | 47.1552 | 23.1007 | 61.5281 | 407 | 116.6 |

dades para encontrar el valor del carácter por mejorar -- (rendimiento). En el cuadro 4.21. se pueden apreciar estos valores.

La selección de los mejores genotipos se hará indirectamente sobre la variable I con base en los valores fenotípicos, mediante la siguiente expresión:

$$I_r = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n = \sum_i b_i x_i$$

El significado de cada uno de los terminos anteriores se definió en el capítulo anterior.

Los mejores tres genotipos; de acuerdo con éste -- índice de selección resultaron ser: las variedades Santa Rosa y Mineira, y la línea II-S6-GON-M61.

Cuadro 4.21. Medias generales de los caracteres incluidos en los índices de selección y valores del mejor índice para cada una de las variedades.

| Variedad | C a r a c t e r e s | | | | | I (1.2.3.4.5) |
|---------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------|---------------|
| | REND(x ₁) | DR ₄ (x ₂) | ER ₄ (x ₃) | PR(x ₄) | PLL(x ₅) | |
| Júpiter | 1 386 (7) | 60* | 12* | 47* | 36* | 1 843 (7) |
| Sta. Rosa | 2 174 (1) | 48 | 11 | 54 | 41 | 2 451 (1) |
| Mineira | 1 722 (3) | 47 | 10 | 51 | 39 | 2 333 (2) |
| II-S6-GON-M61 | 1 786 (2) | 55 | 12 | 54 | 39 | 2 251 (3) |
| II-S6-GON-M60 | 1 599 (6) | 58 | 13 | 53 | 37 | 2 104 (5) |
| F76-7233-1 | 1 631 (5) | 58 | 12 | 54 | 39 | 2 196 (4) |
| F78-1220 | 1 643 (4) | 57 | 12 | 51 | 37 | 2 030 (6) |
| Media General | 1 706 | 55 | 12 | 52 | 38 | 2 173 |

() Orden de magnitud de los valores de cada columna
 * Media de 240 observaciones (24 por experimento)

DISCUSION

Resultados Estadísticos

Análisis de Varianza Individuales.

Los resultados de los análisis de varianza por ambiente (Cuadro 4.9), muestran diferencias estadísticas para genotipos, esto era de esperarse dada la variabilidad genética existente entre el material incluido en éste trabajo - además de la diversidad de su origen.

Respecto a los coeficientes de variación, se puede considerar que en general son bajos lo cual nos indica la confiabilidad de la información que de éste trabajo se desprende.

Análisis de Varianza Combinado.

Las diferencias altamente significativas detectadas entre ambientes mediante el análisis combinado (Cuadro 4. - 10), también eran de esperarse ya que estos estuvieron distribuidos a través de cuatro años y las condiciones climatológicas fueron cambiantes. Por otro lado la fecha de siembra, el manejo del cultivo y el tipo de suelo variaron de -- acuerdo con las condiciones de la región (Cuadro 3.3). En éste análisis, al igual que en los individuales, también se

encontraron diferencias altamente significativas (**) para la fuente de variación genotipos, lo cual se atribuye a la diversidad genética de los materiales.

La interacción genotipo por ambiente también fue altamente significativa (**). Esto indica que los genotipos se comportan de manera diferente cuando se prueban a través de los diferentes ambientes.

En lo que toca al coeficiente de variación (Cuadro 4.10), se puede decir que éste fue relativamente bajo; no obstante el número de años y ambientes manejados. De lo anterior se desprende la confiabilidad de la información analizada además nos indica que la metodología que se utilizó fue la adecuada.

El análisis combinado no provee información que establezca la comparación entre variedades para estabilidad a través de los ambientes. Por tal motivo se hizo necesario correr un análisis de varianza para estabilidad. Para llevar a cabo dicho análisis es necesario cumplir algunos requisitos básicos tales como: 1). Significancia en la interacción genotipo x ambiente, 2). Significancia entre genotipos y 3). Significancia entre ambientes.

Análisis de Varianza para estimar los Parámetros de Estabilidad.

Una vez cumplidos los requisitos para efectuar un análisis de estabilidad éste fue llevado a cabo (Cuadro 4.11).

La significancia para las medias varietales indica que hay diferencia entre los promedios de rendimiento de las variedades.

La interacción genotipo por ambiente (lineal) también fue altamente significativa, lo cual indica que los coeficientes de regresión son diferentes para cada genotipo, es decir, la respuesta en rendimiento de las variedades fue diferente en cada uno de los ambientes donde se efectuó la prueba.

Las desviaciones ponderadas, que también mostraron alta significancia (**), indican que las desviaciones de regresión son diferentes de cero, por lo tanto es necesario descomponer éstas desviaciones para cada genotipo y así determinar cuál o cuáles materiales son los más estables.

Los parámetros b_i y $S^2 d_i$ para cada uno de los genotipos se presentan en el Cuadro 4.12. Además, el citado cuadro contiene las medias de rendimiento a través de los 15 ambientes y la significancia para cada uno de los parámetros que prueban las hipótesis de $M_1 = M_2 = \dots = M_4$, $b_i = 1$ y $S^2 d_i = 0$.

Al agrupar a los genotipos de acuerdo a la clasificación propuesta por Carballo y Márquez (1970) se formaron cinco categorías (Cuadro 4.13). En base a las pruebas de hipótesis anteriormente mencionadas se determinó que de los siete coeficientes de regresión solamente el de la variedad Santa Rosa es significativamente mayor que uno, el de la línea F76-7233-1 y la Variedad Júpiter fue menor que la unidad y el resto de los genotipos presentaron coeficientes de regresión iguales a uno. De acuerdo con esto, la variedad Santa Rosa responde bien en buenos ambientes, los siguientes dos materiales se adaptan a condiciones desfavorables y el resto de los genotipos responden bien tanto en buenos como en malos ambientes.

Respecto a las desviaciones de regresión solo las líneas F78-1220 y F76-7233-1 las tienen que son igual a cero y las otras cinco son mayores que cero, por lo que solo los dos materiales mencionados se consideran como consistentes y el resto como inconsistentes.

Para el presente estudio y según la clasificación mencionada anteriormente, el genotipo deseable con media de rendimiento alta y que no interaccione con el ambiente sería la línea F78-1220, la línea II-S6-GON-M61 presenta una de las medias de rendimiento más altas, responde bien tanto en ambientes favorables como desfavorables pero presenta la desventaja de que es inconsistente. La variedad Júpiter, material que es utilizado comercialmente en todo el Trópico

Húmedo de México; incluyendo Campeche, resultó ser el de -- más bajos rendimientos, presenta un coeficiente de regre--- sión igual a uno, lo que la hace bueno para todo tipo de am bientes pero sus desviaciones de regresión son diferentes - de cero por lo que es inconsistente.

Estimación de las Correlaciones Fenotípicas Simples.

La estimación del coeficiente de correlación propor ciona una medida del sentido y grado de asociación entre -- los caracteres involucrados. La utilidad práctica de selec cionar para un carácter dado como medida indirecta del ren dimiento depende de la magnitud del coeficiente de correla ción entre ambos caracteres. Algunos comentarios que se de rivan de la observación del cuadro 4.15, se dan a continua ción:

En cuanto al número de días que emplearon los geno tipos para llegar a cada una de las etapas fenológicas (R_2 , R_4 y R_7) para los malos ambientes no fueron suficientes (Cua dro A.1) y en los buenos se requieren de menos días, en for ma general se puede decir que se requieren genotipos que -- empleen menos días a R_4 . En el Cuadro A.1, se aprecian las medias por ambiente de cada uno de los caracteres. De la información presentada se desprende también que una vez que se ha iniciado el desarrollo reproductivo; después de R_2 , - el crecimiento vegetativo; número de entrenudos y altura, - afecta en forma negativa al rendimiento, ésto es debido á - que se da una competencia entre el estado vegetativo y el -

reproductivo, ya que los carbohidratos producidos por la planta durante la última etapa en lugar de que sean destinados a llenar el grano son utilizados para producir más follaje, el cual generalmente ya no es necesario. Por lo expuesto anteriormente para las condiciones de esta región se requieren genotipos que tengan un crecimiento vegetativo mínimo durante su etapa reproductiva.

El período reproductivo ($PR=R_7-R_2$), y el período de llenado de grano ($PLL=R_7-R_4$), estuvieron asociados en forma positiva con el rendimiento, pero el desarrollo vegetativo que se dio durante la duración de estos períodos estuvo correlacionado en forma negativa con la producción de grano.

Una alternativa para incrementar los rendimientos de varias especies y que ha sido utilizada con grandes logros en los últimos años es la de seleccionar materiales que tengan períodos reproductivos y de llenado de grano largos. Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con los encontrados por Reicosky et al. (1982), y con los de Metz et al. (1985), quienes trabajando con soya también encontraron que el incremento en la duración de estos períodos era una medida para aumentar el rendimiento, cuando se incorpora esta característica a materiales adaptados a las condiciones de la región.

Los componentes de rendimiento; tales como número de vainas por planta, número de granos por planta, y el peso de la semilla, estuvieron asociados en forma positiva con el rendimiento, estos resultados eran de esperarse ya que como componentes que son de este carácter, un incremento en cualquiera de ellos deberá conducir a un aumento en el rendimiento.

Los caracteres más constantes en su asociación con el rendimiento a través de todos los ambientes muestreados fueron: DR_4 , ER_4 , PR y el PLL por tal motivo estos caracteres fueron seleccionados, además del rendimiento, para -- construir los índices de selección, siendo este uno de los objetivos principales del presente trabajo, para tal efecto se estimaron las varianzas y covarianzas tanto genotípi cas como fenotípicas de los caracteres involucrados.

Correlaciones Genotípicas y Fenotípicas.

Al estimar las correlaciones genotípicas y fenotípicas (Cuadro 4.18) se encontró un alto grado de asociación entre el rendimiento y los períodos reproductivos y de llenado. El número de días y entrenudos a R_4 estuvo correlacionado en forma negativa y altamente significativa con rendimiento. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Dunphy et al. (1979) quienes al trabajar con soya encontraron una asociación positiva entre rendimiento y el período de llenado de grano, concluyen que el rendimiento de grano está en función de la duración de este - -

período, más que de la acumulación de materia seca en la se milla.

Las correlaciones genotípicas fueron mayores que -- las fenotípicas en todos los casos.

Los resultados obtenidos concuerdan con los que se obtuvieron en éste mismo trabajo al estimar las correlaciones simples entre el rendimiento y las 15 variables estudia das.

Heredabilidades y Coeficientes de Variación Genética.

La heredabilidad expresa la proporción de la varianzá total que es atribuible a los efectos medios de los genes, y esto es lo que determina el grado de parecido entre parientes, indica la confiabilidad del valor fenotípico como una indicación del valor reproductivo (Falconer, 1983).

En general todos los caracteres alcanzaron valores de heredabilidad altos, superiores al 70 por ciento. Dichos valores altos podrian tener explicación por ser hereda bilidades en sentido amplio. Los caracteres DR_4 , ER_4 y PR responderían bien a programas de selección y para el PLL y REND se lograrían avances más reducidos. Todo esto de -- acuerdo con los valores de heredabilidad que toman estos ca racteres (Cuadro 4.19).

Los valores de los coeficientes de variación genéti ca indican la variabilidad genética de un carácter. En - -

aquellos caracteres que tengan los valores de CVG más altos, la selección sera más efectiva. Esto debera ir también de acuerdo con sus valores de heredabilidad. El carácter rendimiento fue el que obtuvo el porcentaje de variación más alto (11.87 por ciento), ésto probablemente se debe a que los materiales utilizados son de gran diversidad genética.

Construcción y Evaluación de los Indices de Selección.

Con el propósito de evaluar los 31 índices de selección contruidos se les estimó a cada uno la eficiencia relativa que se lograba al hacer uso de ellos, los índices fueron comparados con un índice simple basado en rendimiento. La eficiencia relativa, así como el avance genético esperado de los diferentes índices se pueden apreciar en el cuadro 4.20 de donde se desprenden los siguientes comentarios:

Del grupo de los índices simples, el que estuvo basado en el número de días a R_4 y el que se basa en el período de llenado de grano mostraron eficiencias relativas superiores a la selección directa mediante el carácter rendimiento. Por lo tanto la selección de genotipo deberá ir en caminata hacia aquellos materiales que tengan menos días a R_4 y en los que el período de llenado de grano sea más amplio (Cuadro A.1), es decir, se deberán seleccionar genotipos con menor período vegetativo y mayor período de llenado de grano. Lo anterior se puede deber a que existe una es--

trecha correspondencia entre la eficiencia relativa del índice y el valor de la correlación genotípica del carácter en cuestión con la variable rendimiento. Por lo tanto, los caracteres más altamente correlacionados con rendimiento - serán más eficientes que los no correlacionados (Cuadro -- 4.17).

Los índices basados en la combinación de dos caracteres en general fueron más eficientes que los índices de un solo carácter.

Los índices $I_1(1.2.5)$, $I_1(2.3.5)$, $I_1(1.2.4)$, $I_1(2.3.4)$ y el $I_1(2.4.5)$ dentro del grupo de los índices de - - tres caracteres, fueron los más eficientes debido a la asociación que tuvieron los caracteres involucrados en ellos con el rendimiento.

Los índices basados en la combinación de cuatro caracteres fueron los mejores, todos tuvieron eficiencias relativas superiores al 116 por ciento, a excepción del índice $I_1(1.3.4.5)$ que tubo la eficiencia más baja de éste grupo (114 por ciento).

El índice construido con la combinación de los cinco caracteres que intervinieron en la construcción de los índices fue el mejor, con una ganancia genética esperada - de 407 kilogramos por hectárea y una eficiencia relativa - de 116.6 por ciento.

Los resultados encontrados sugieren que la superioridad de un índice se incrementa a medida que se le van adicionando caracteres; sin embargo a partir de cuatro caracteres los incrementos que se lograron en eficiencia van siendo cada vez más reducidos. Estos resultados coinciden por los encontrados por Javier (1974) y Oyervides (1979).

Por otro lado, cabe mencionar que dentro de cada grupo de índices, la inclusión del carácter rendimiento en general tendió a disminuir la eficiencia de estos. Debido a ésta consideración se decidió no incluir en la construcción de los índices de éste trabajo a aquellos caracteres que son componentes del rendimiento, aun cuando estos mostraban correlaciones altamente significativas con éste carácter (Cuadro 4.15) ya que como menciona Oyervides (1979) si se quiere aprovechar al máximo las ventajas que la metodología de índices de selección predice, se debe poner especial atención al empleo de caracteres que no sean componentes del rendimiento para construir los índices.

La selección de los genotipos superiores utilizando los valores del mejor índice se basó indirectamente en los valores I de los individuos. En el cuadro 4.21. se -- aprecia que las variedades que mostraron los valores más -- altos para el índice fueron las que tuvieron los más altos rendimientos. Lo anterior indica la utilidad de esta metodología para seleccionar genotipos de soya con alta capacidad de producción.

CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados al principio de este trabajo y de acuerdo con los resultados obtenidos se derivan las siguientes conclusiones:

1. La línea F78-1220 se considera como un material deseable ya que de acuerdo con los valores de sus parámetros de estabilidad se clasifica como un material estable y además posee una media de rendimiento alta.
2. La línea II-S6-GON-M61 fue otro de los mejores materiales, presenta una de las medias de rendimiento más alta, su adaptación es a todo tipo de ambientes aun cuando presenta la desventaja de que es inconsistente.
3. La variedad Júpiter, testigo comercial utilizado en la región presentó los más bajos rendimientos, su adaptación estuvo limitada a los malos ambientes y fue inconsistente en su respuesta.
4. De acuerdo con los coeficientes de correlación obtenidos, una forma indirecta de obtener materiales rendidores es seleccionar genotipos con largos periodos reproductivos y de llenado de grano, y que además presenten un mínimo desarrollo vegetativo durante la duración de éstos periodos.

5. La eficiencia relativa de los índices de selección se incrementó con la adición de caracteres al índice, sin embargo, los incrementos que se obtienen después de la combinación de cuatro caracteres es mínima.
6. El índice más eficiente fue el que se obtuvo con la combinación de los cinco caracteres; REND, DR₄, ER₄, PR y PLL.
7. Los índices de selección proporcionan un método para integrar información de varias características en un solo parámetro, esto con propósitos de efectuar selección.

RESUMEN

La expresión de los caracteres de una variedad está influida por el genotipo, por el ambiente y por la interacción genotipo-ambiente. Por otro lado, se ha demostrado teóricamente que un índice de selección que combine información de varios caracteres altamente heredables y estrechamente correlacionados con el carácter por mejorar, permiten al fitomejorador lograr un avance más rápido en el proceso de selección.

El objetivo del presente estudio fue el de estimar los parámetros de estabilidad y los índices de selección en siete variedades de soya.

Para lograr el anterior objetivo se evaluaron las siete variedades en un total de 15 ambientes del estado de Campeche, dichos ambientes estuvieron distribuidos en un período de cuatro años (1981-1984).

En la estimación de la estabilidad se utilizó la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966). De acuerdo con los resultados obtenidos se encontró que la línea F78-1220 resultó ser la más estable seguida por la línea II-S6-GON-M61. La primera de ellas tuvo una media general de rendimiento de 1 689 kilogramos por hectárea y

el de la segunda fue de 1 783.

La variedad Júpiter, que es el testigo comercial - utilizado en todo el Trópico Húmedo de México, presentó - los más bajos rendimientos; 1 369 kilogramos por hectárea, además su adaptación estuvo limitada a los malos ambientes y su respuesta fue impredecible.

En lo referente a los índices de selección; de las 20 variables medidas se seleccionaron cinco que fueron las que intervinieron en la construcción de dichos índices. -- La selección de las variables se basó en el grado de aso--ciación que existe entre cada una de ellas y el rendimien--to. Las variables seleccionadas fueron; número de días a R_4 , número de entrenudos a R_4 , período reproductivo, perf--odo de llenado de grano y el rendimiento.

Los resultados que se obtuvieron de la combinación de estos cinco caracteres indican que los índices de selec--ción proporcionan un método para combinar varias caracte--rísticas en un solo parámetro que facilite la selección de materiales.

El mejor índice resultó de la combinación de los - cinco caracteres; con un avance genético esperado de 407 - kilogramos por hectárea y una eficiencia relativa de 117 - por ciento.

LITERATURA CITADA

- Aguilar M., I. y R.M. Fischer. 1975. Análisis del crecimiento y rendimiento de 30 genotipos de trigo bajo condiciones ambientales óptimas de cultivo. *Agrocien-*
cia. 21:185-198. Chapingo, México.
- Allard, R.W. and A.D. Bradshaw. 1964. Implications of genotype environmental interactions in applied plant --
breeding. *Crop Sci.* 4(5):503-507. United States -
of America.
- . and P.E. Hansche. 1964. Some parameters or popula-
tion variability their implications in plant bree-
ding. *Adv. Agron.* 16:281-325. United States of --
America.
- Beaver, J.S. and R.R. Johnson. 1981. Yield stability of de-
terminate and indeterminate soybeans adapted to the
northern United States. *Crop Sci.* 21(3):449-454. -
United States of America.
- Bradshaw, A.D. 1965. Evolutionary significance of phenoty-
pic plasticity in plants. *Adv. Genet.* 13:115-155.
United States of America.
- Brim, C.A., H.W. Johnson and C.C. Cockerham. 1959. Multi-
ple selection criteria in soybeans. *Agron. J.* 51 -
(1):43-46. United States of America.
- Bucio A.L. 1966. Environmental and genotype-environmental
componentes of variability. I. Inbred lines. *Here-*
dity. 21(3):387-397. United States of America.
- Byth D.E., B.E. Caldwell and C.R. Weber. 1969. Specific --
and non-specific index in soybeans. [*Glycine max* -
(L) Merr.]. *Crop Sci.* 9(6):702. United States of
America.
- . and C.R. Weber and B.E. Caldwell. 1969. Correlated
truncation selection for yield in soybeans. *Crop -*
Sci. 9(6):699-702. United States of America.

- Caldwell, B.E. and C.R. Weber. 1965. General average and - specific selection indices for yield in F_4 y F_5 - soybean populations. Crop Sci. 5(3):223 -226. 5 - United States of America.
- Carballo C.A. y F. Márquez S. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Agrociencia. 5:129- - 146. Chapingo, México.
- Comstock, R.E. and R.H. Moll. 1963. Genotype environment interactions. Symposium on statistical genetics and plant breeding. NAS-NRC. Pub. 982. p. 164-196. United States of America.
- Dunphy, E.J., J.J. Hanway and D.E. Green. 1979. Soybean - yields in relation to days between specific developmental stages. Agron. J. 71(6):917-920. Uni-- ted States of America.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parametrs for comparing varieties. Crop Sci. 6(1):36-40. - United States of America.
- Falconer, D.S. 1983. Introducción a la genética cuantitativa. C E C S A. México. p. 369-382.
- Fatunlay, T. and K.J. Frey. 1976. Repeatability of regression stability indexes for grain yield of oats - (Avena sativa L). Euphytica. 25:21-28. United - States of America.
- Fehr, W.R. and C.E. Caviness. 1971. Stages of soybean development. Coperative Extension Service. Iowa - State University of Science and Technology. Spec. Rep. 80. Ames, Iowa USA. p. 1-12.
- , ——, D.T. Burmood and J.S. Pennington. 1971. Stages of development descriptions for soybeans. [Glycine max. (L) Merr.]. Crop Sci. 11(6):929-930. -- United States of America.
- Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of -- adaptation in a plant breeding program. Aust. J. Agr. Res. 14:742-754. Quensland, Australia.
- Gómez M., N. 1977. Estabilidad del rendimiento y delimitación de áreas del cultivo de sorgo para grano en México. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, -- E N A. Chapingo, México.

- Hanway, J.J. and H.E. Thompson. 1967. How a soybean plant develops. Iowa Coop Ext. Serv. Spec. Rep. 53. United States of America.
- , and —. 1971. Dry matter accumulation in soybean [*Glycine max.* (L) Merr.], Plants as influenced by N, P, and K fertilization. Agron. J. 63(2):227-230. United States of America.
- Hanson, W.D. and H.W. Johnson. 1957. Methods for calculating and evaluating a general selection index obtained by pooling information from two or more experiments. Genetics. 42(4):421-432.
- Hazel, L.N. and J.L. Lush. 1942. The efficiency of three methods of selection. J. Heredity. 33:393-399. -- United States of America.
- Henderson, J.B. and E.J. Kamprath. 1970. Nutrient and dry matter accumulation by soybeans. N.C. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. 197. United States of America.
- Hill, J. 1975. Genotype environment interactions: A challenge for plant breeding. J. Agr. Sci. 85:477-493. United States of America.
- Howell, R.W. 1960. Physiology of the soybean. Adv. Agron. 12:265-310. United States of America.
- Javier T., G., J. Molina G. y E. Casas D. 1974. Correlaciones genéticas e índices de selección en la genotecnia de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Agrociencia. 16:21-37. Chapingo, México.
- Johnson, H.W., H.F. Robinson and R.E. Comstock. 1955. Genotypic and phenotypic correlations in soybeans -- and their implications in selection. Agron. J. 47(10):477-483. United States of America.
- Jones, P.G. and D.R. Laing. 1978. The effects of phenological and meteorological factors on soybean yield. Agr. Meteorol. 19:485-495. Amsterdam, the Netherlands.
- Kalton, R.R., C.R. Weber and J.C. Eldridge. 1949. The -- effect of injury simulating hail damage to soybeans. Iowa. Agric. Exp. Stn. Res. Bull. 359. United States of America.
- Lawn, R. J. and D.E. Byth. 1974. Response of soybeans to planting date in South-Eastern Queensland II: Vegetative and Reproductive Development. Aust. J. Agr. Res. 25:723-737. Queensland, Australia.

- Ma, R.H. 1946. In: Johnson, H.W. and R.L. Bernard. (Comp.) 1962. Soybean genetics and breeding. Adv. Agron. - Academic Press. p. 186. New York, USA.
- Márquez S., F. 1973. Relationship between genotype environment interaction and stability parameters. Crop -- Sci. 13(6):577-579. United States of America.
- . 1976. Obtención de un índice socio-agronómico de adaptabilidad para la selección de variedades de -- plantas cultivadas. VII Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Guayaquil, Ecuador.
- Metz, G.L., D.E. Green and R.M. Shibles. 1985. Reproductive duration and date of maturity in populations of three wide soybean crosses. Crop Sci. 25(1):171- - 176. United States of America.
- Moll, R.H. and C.W. Stuber. 1974. Quantitative genetics empirical results to plant breeding, Adv. Agron. 26 (4):287-295. United States of America.
- Mungomery, V.E., E. Shorter and D.E. Byth. 1974. Genotype for environment interactions and environmental adaptation. I. Pattern analysis-application to soybean populations. Aust. J. Agr. Res. 25:59-72. Queensland, Australia.
- Nieto H., J., H. Gutiérrez L. y R. Reza A. 1982. Selección de cultivares de soya para zonas tropicales según -- el número de entrenudos. Agric. Tec. Méx. 8(2):155 -167. México.
- M. Rivera de L. y J. Sánchez. 1983. Agrupación de ambientes en el Trópico Mexicano de acuerdo al desarrollo fenológico de 10 cultivares de soya. Agric. Tec. Mex. 9(1):45-63. México.
- Oyervides G., A. 1980. Adaptabilidad, estabilidad y productividad de variedades tropicales de maíz. (Zea mays L). Tesis Profesional. U A A A N, Buenavista, Saltillo Coah. México.
- Oyervides G., M. 1979. Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índices de selección en variedades tropicales de maíz adaptadas a Nayarit. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Plaisted, R.L. and L.C. Peterson. 1959. A technique for -- evaluating the ability of selection to yield consistently over locations. Am. P. J. 37:166-172. United States of America.

- Reicosky, D.A., J.H. Orf. and CH. Poneleit. 1982. Soybean germplasm evaluation for length of the seed filling period. *Crop Sci.* 22(2):319-322. United States of America.
- Rivera de L., M. 1983. Estimación de la estabilidad en el rendimiento de 10 variedades de soya [Glycine -- max (L) Merr.]. Tesis Profesional. U A A A N. - Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Robertson, A. 1959. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics.* 15(3):223-226. United States of America.
- Runge, E.C.A. and R.T. Odell. 1960. The relation between precipitation, temperature and yield of soybeans on the Agronomy South Farm, Urbana IL. *Agron. J.* 52(5):245-247. United States of America.
- Schutz, W.M. and R.L. Bernard. 1967. Genotype x environment interactions in the regional testing of soybean strains. *Crop Sci.* 7(2):125-130. United States of America.
- Scott, W.O. and S.R. Aldrich. 1970. Modern soybean production. Farm Q. Cincinnati OH. United States of America.
- Searle, S.R. 1965. The value of indirect selection: I. -- Mass selection. *Biometrics.* 21(3):682-707. United States of America.
- Smith, F.H. 1936. A discriminant function for plant selection. *Ann. of Eugenics.* 7:240-250. United States of America.
- Smith, R.R., D.E. Byth., B.E. Caldwell and C.R. Weber. -- 1967. Phenotypic stability in soybean populations. *Crop Sci.* 7(6):590-592. United States of America.
- Sprague, G.F. 1966. Quantitative genetics in plant improvement. Plant breeding a symposium held at Iowa State University. The Iowa State University -- Press. 315-354. Iowa. USA.
- Weather spoon, J.H. and J.B. Wentz. 1934. In: Norman, A.G. (Ed.). 1963. The soybean, genetics, breeding, -- physiology, nutrition and management. Academic Press. p. 38. New York, USA.

- Weaver, D.B., D.L. Thurlow and R.M. Petterson. 1983. Stability parameters of soybean cultivars in maturity groups VI, VII, and VIII. *Crop Sci.* 23(3):569-571. United States of America.
- Weber, C.R. and B.R. Moorthy. 1952. Heritable and nonheritable relationships and variability of oil content and agronomic characters in the F₂ Generation of soybean crosses. *Agron. J.* 44²(4):202-209. United States of America.
- Weiss, M.G., C.R. Weber., L.F. Williams and A.H. Probst. 1952. Correlation of agronomic characters in soybeans, as influenced by variety and time of planting. *Agron. J.* 44(6):289-297. United States of America.
- Woodwort, C.M. 1933. In: Norman, A.G. (Ed). 1963. The soybean, genetics, breeding, physiology, nutrition and management, Academic Press. p. 38. New York. USA.
- Yoshino, Y., K. Ozaki and M. Saito. 1955. In: Johnson, H.W., and R.L. Bernard. (Comp.). 1962. Soybean genetics and breeding *Adv. Agron.* Academic Press. p. 186. New York, USA.

A P E N D I C E

Cuadro A.1. Medias generales de los caracteres estudiados en cada uno de los ambientes muestreados

| Amb No. | Variables Directas | | | | | | Variables Generadas | | | | | | Comp de Rend | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|---------------------|-----|------|-----|------------------|-----|----------------|-----|---|-----|----|----|----|-----|------|-----|------|--|
| | R ₂ | | R ₄ | | R ₇ | | PR | | PLL | | TLL ^a | | Ptas Vnas Sems | | | | | | | | | | | |
| | Días | Ent | Días | Ent | Días | Ent | Días | Ent | Días | Ent | Días | Ent | X | Pta | X | Pta | | | | | | | | |
| (-) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 067 | 39 | 10 | 53 | 52 | 11 | 62 | 86 | 12 | 68 | 48 | 2 | 14 | 35 | 1 | 6 | 31 | 24 | 23 | 40 | 13.2 | 40 | 13.2 | |
| 2 | 432 | 42 | 7 | 43 | 59 | 11 | 60 | 100 | 12 | 67 | 58 | 4 | 24 | 40 | 1 | 7 | 36 | 24 | 23 | 40 | 12.1 | 40 | 12.1 | |
| 3 | 460 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 463 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 466 | 38 | 8 | 42 | 52 | 10 | 51 | 89 | 11 | 56 | 51 | 2 | 13 | 37 | 0 | 4 | 40 | 12 | 45 | 76 | 12.0 | 76 | 12.0 | |
| 1 | 622 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 640 | 44 | 8 | 40 | 60 | 11 | 49 | 97 | 11 | 54 | 53 | 3 | 13 | 37 | 1 | 5 | 44 | 10 | | | | | | |
| (+) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 803 | 40 | 10 | 63 | 53 | 12 | 74 | 92 | 13 | 76 | 51 | 3 | 14 | 39 | 1 | 4 | 46 | 20 | 48 | 94 | 15.2 | 94 | 15.2 | |
| 14 | 820 | 43 | 11 | 54 | 56 | 13 | 65 | 91 | 14 | 71 | 48 | 3 | 17 | 35 | 1 | 6 | 52 | 8 | | | | | | |
| 7 | 851 | 39 | 10 | 63 | 51 | 12 | 76 | 92 | 13 | 78 | 53 | 2 | 16 | 40 | 1 | 3 | 45 | 23 | 53 | 97 | 15.5 | 97 | 15.5 | |
| 9 | 878 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 971 | 40 | 10 | 61 | 53 | 12 | 72 | 92 | 13 | 73 | 52 | 2 | 13 | 39 | 1 | 3 | 50 | 21 | 55 | 104 | 16.0 | 104 | 16.0 | |
| 8 | 977 | 41 | 10 | 44 | 55 | 11 | 56 | 98 | 11 | 60 | 50 | 2 | 16 | 43 | 1 | 5 | 46 | 24 | 33 | 66 | 15.6 | 66 | 15.6 | |
| 13 | 003 | 42 | 10 | 60 | 55 | 13 | 74 | 90 | 14 | 79 | 48 | 4 | 20 | 35 | 1 | 5 | 56 | 15 | 23 | 40 | 13.2 | 40 | 13.2 | |
| 4 | 016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - | 1 450 | 41 | 8 | 45 | 56 | 11 | 56 | 93 | 12 | 61 | 53 | 3 | 16 | 37 | 1 | 6 | 38 | 18 | 30 | 52 | 12.1 | 52 | 12.1 | |
| + | 1 915 | 41 | 10 | 58 | 54 | 12 | 70 | 93 | 13 | 73 | 50 | 3 | 16 | 39 | 1 | 4 | 49 | 19 | 42 | 80 | 15.1 | 80 | 15.1 | |
| /- | 1 698 | 41 | 9 | 52 | 55 | 12 | 64 | 93 | 12 | 68 | 51 | 3 | 16 | 38 | 1 | 5 | 45 | 18 | 38 | 70 | 14.1 | 70 | 14.1 | |

a) kilogramos/hectárea b) centímetros c) gramos
00280
U.H.A.A.N.

Cuadro A.2. Cuadrados medios y productos cruzados medios de los análisis de varianza - combinados para los caracteres que intervinieron en la construcción de los índices de selección.

| Fuente de variación | Grados de libertad | CM | C u a d r a d o s m e d i o s | | | | |
|---------------------|--------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------|--------------|
| | | | REND(x_1) | DR ₄ (x_2) | ER ₄ (x_3) | PR(x_4) | PLL(x_5) |
| Ambientes | 9 | CM ₅ | 2 551 783.41 | 259.36 | 28.84 | 358.61 | 216.00 |
| Rep/Amb | 30 | CM ₄ | 258 194.20 | 0.00 | 0.81 | 0.00 | 0.00 |
| Genotipos | 6 | CM ₃ | 2 323 336.66 | 973.66 | 29.76 | 123.31 | 140.00 |
| Gen x Amb | 54 | CM ₂ | 688 238.23 | 15.77 | 2.13 | 19.19 | 30.37 |
| Error | 180 | CM ₁ | 75 764.04 | 0.00 | 0.33 | 0.00 | 0.00 |

Cuadro A.2.continuación.

| Fuente de variación | Grados de libertad | PCM | Productos cruzados medios | | | | | |
|---------------------|--------------------|------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|--|
| | | | x_1x_2 | x_1x_3 | x_1x_4 | x_1x_5 | x_2x_3 | |
| Ambientes | 9 | PCM ₅ | | | | | | |
| Rep/Amb | 30 | PCM ₄ | | | | | | |
| Genotipos | 6 | PCM ₃ | -35 091.04 | -3 831.90 | 10 446.66 | 16 835.70 | 145.27 | |
| Gen x Amb | 54 | PCM ₂ | -895.77 | -6.71 | 1 424.95 | 2 554.77 | 0.26 | |
| Error | 180 | PCM ₁ | | | | | | |

Cuadro A.2.continuación.

| Fuente de variación | Grados de libertad | PCM | Productos cruzados medios | | | | | |
|---------------------|--------------------|---------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| | | | $x_2 \times x_4$ | $x_2 \times x_5$ | $x_3 \times x_4$ | $x_3 \times x_5$ | $x_4 \times x_5$ | |
| Ambientes | 9 | PCM_5 | | | | | | |
| Rep/Amb | 30 | PCM_4 | | | | | | |
| Genotipos | 6 | PCM_3 | -77.51 | -296.60 | 10.29 | -33.37 | 90.37 | |
| Gen x Amb | 54 | PCM_2 | 0.47 | -9.47 | -0.10 | 13.02 | 17.66 | |
| Error | 180 | PCM_1 | | | | | | |