

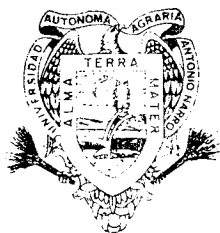
“Estimación de Parámetros de Estabilidad en Trigo Harinero
Bajo Condiciones de Temporal”

Watzbelí Méndez Estrada

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

Bucnavista, Saltillo, Coah.

Mayo de 1986

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

MAESTRO EN CIENCIAS. ESPECIALIDAD DE FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

Asesor principal: K. Sathyanarayanaiah
Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi

Asesor: [Signature]
Ing. M.C. Edgar Guzmán Medrano

Asesor: [Signature]
Ing. M.C. Carlos I. Suárez Flores



BIBLIOTECA
LOG. REBONATO
CO DE TESIS
A.A.A.N.

[Signature]
Dr. Jesús Torralba Elguézabal
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Mayo 1986

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jesús Torralba Elguézabal por su gran comprensión y muestras de amistad brindadas siempre.

Al Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi por su valiosa y desinteresada ayuda para la realización de este trabajo.

A los miembros del Comité Particular de Tesis por su oportuna colaboración.

A la Comisión de Becas "Celso de León" de la Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente a la Lic. Clara Luz Jimeno.

A la Comisión de Becas del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas por la confianza depositada para la realización del postgrado.

A la Srta. Myrna Ayala O. por su eficiente trabajo mecanográfico.

A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" y de especial manera a todos aquellos maestros que me brindaron de su saber.

DEDICATORIA

A mis padres:

Miguel Angel y Conchita
estímulos perpetuos hacia mi
superación

A mi esposa:

Rosa María
con amor y admiración por su infinita
comprensión y entereza para afrontar
las eventualidades

A mis hijos:

Pável Andrés y Omar Alejandro
recipiendarios de todo mi amor y esfuerzo
hacia un mejor futuro

A mis hermanos:

Alfa, América y Mario
con amor fraterno

A mis cuñados y sobrinos:

con todo el cariño de que son merecedores

A mis familiares y amigos en general

.COMPENDIO

Estimación de Parámetros de Estabilidad en Trigo Harinero
Bajo Condiciones de Temporal

POR

WOTZBELI MENDEZ ESTRADA

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

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

Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi - Asesor -

Palabras claves: Estabilidad, parámetros,
adaptación, genotipo,
ambiente, interacción.

Se evaluaron 12 genotipos de trigo harinero en 7 localidades del altiplano occidental de Guatemala bajo condiciones temporaleras. Los análisis de varianza de cada localidad y combinado revelaron diferencias significativas para el rendimiento de grano. Se utilizaron parámetros de estabilidad para clasificar genotipos según su grado de estabilidad y cuatro de ellos (ICTA-SARA 82, Chat "S", Azt 67- y Kal-) demostraron amplia adaptación y registraron altos rendimientos. Los testigos evidenciaron adaptación específica. Existieron correlaciones positivas y significativas

entre media rendimiento y los coeficientes de regresión, la media también se asoció con las desviaciones de regresión y los coeficientes mostraron correspondencia con las desviaciones de regresión.

ABSTRACT

Estimation of Stability Parameters in Wheat Under
Rainfed Conditions

BY

WOTZBELI MENDEZ ESTRADA

MASTER'S DEGREE

PLANT BREEDING

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

Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi - Asesor -

Key words: Stability, parameters, adaptation,
genotype, environment, interaction.

Twelve genotypes of wheat were evaluated in seven different localities in the occidental upland region of Guatemala under rainfed conditions.

The analysis of variance of each of the experiment and combined analysis allowed significant differences for grain yield. The stability parameters were used to classify the genotypes into their degree of adaptation and the four varieties (ICTA-SARA 82, Chat "S"-, Azt 67- and Cal-) demonstrated general adaptation and high stability in their yield performance. The check varieties showed specific adaptation. Significant and positive correlation

was observed between mean yield and regression coefficient,
mean yield and deviation from regression the regression
coefficient was associated with deviation from regression.

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Análisis de varianza individual para el diseño de bloques al azar	20
2	Análisis de varianza combinado para un diseño de bloques al azar	22
3	Análisis de varianza para la estimación de los parámetros de estabilidad	26
4	Clasificación de variedades con base en los parámetros de estabilidad	28
5	Análisis de varianza combinado para rendimiento de 12 genotipos de trigo en 7 localidades.	33
6	Promedio de rendimiento de trigo en 7 localidades	34
7	Análisis de estabilidad para 12 genotipos de trigo en 7 localidades	39
8	Valores de parámetros de estabilidad para 12 variedades en 7 localidades	40

Cuadro		Página
9	Clasificación de variedades de trigo según sus parámetros de estabilidad	42
10	Correlaciones entre los parámetros, media, coeficientes y desviaciones de regresión. .	43
11	Selección Tandem para los 12 genotipos de trigo a través de las siete localidades . .	44
12	Selección por niveles independientes de descarte para 12 genotipos de trigo en siete ambientes	45
13	Promedio de diferentes características agronómicas en trigo	47
14	Correlaciones entre diferentes características fenotípicas.	50

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Líneas de regresión de rendimientos de dos variedades y testigos de trigo sobre índices ambientales	36
2	Líneas de regresión de rendimientos de cuatro líneas avanzadas y testigos de trigo sobre índices ambientales	37

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	4
-GENOTIPO AMBIENTE	4
-PARAMETROS DE ESTABILIDAD	6
MATERIALES Y METODOS	15
-AREA DE TRABAJO	15
-MATERIAL BIOLÓGICO	17
-AMBIENTES	18
-MANEJO DE LOS EXPERIMENTOS	19
-DISEÑO EXPERIMENTAL Y TAMAÑO DE PARCELA.	19
-VARIABLES ESTUDIADAS	19
-ANÁLISIS DE LOS DATOS	20
-ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	23
-CORRELACIONES	27
-FORMAS DE SELECCIONAR	27
-SELECCION POR MEDIA DE RENDIMIENTO	29
-SELECCION TANDEM	29
-SELECCION POR NIVELES INDEPENDIENTES DE DESCARTE	29
-DATOS AGRONOMICOS	29

	Página
-ANALISIS DE CARACTERISTICAS AGRONOMICAS. . .	30
RESULTADOS	32
DISCUSION	51
CONCLUSIONES	57
RESUMEN	59
BIBLIOGRAFIA	61
APENDICE	64

INTRODUCCION

Los rendimientos de trigo de las últimas décadas fueron duplicados y triplicados, se desarrolló una revolución verde con el uso de variedades enanas y semi-enanas con otras características mejoradas, tales como: mayor número de espigas por planta, espigas más largas, con más granos por espiga, resistencia al acame, respuesta a altas aplicaciones de nitrógeno, eficiencia fotosintética, fotoin-sensibilidad y con resistencia a enfermedades e insectos. Estos rendimientos fueron incrementados bajo condiciones de ambientes muy productivos, con suelos fértiles, prácticas culturales adecuadas y oportunas, en fin, en pocas palabras, con bajos riesgos de producción; pero los mismos resultados no se han podido registrar bajo condiciones temporaleras, que implican condiciones totalmente desfavorables comparán-dolas con las áreas que han obtenido el alza tan espectacular de la producción. Bajo temporal se tienen escasas llu-vias con distribuciones erráticas, temperaturas, en ciertos casos, inadecuadas en el suelo y el aire y, como corolario la mayoría de las veces se cultivan variedades sin resulta-dos comprobados de amplia adaptación.

Parámetros de estabilidad es una de las metodolo -
gías que se puede utilizar para la identificación de -

genotipos con altos rendimientos bajo condiciones de temporal, implica la siembra de variedades en diferentes localidades y años. Resulta posible seleccionar materiales para áreas específicas y permite caracterizar los que tengan amplia adaptación con la consiguiente insensibilidad al ambiente.

Eberhart y Russell (1966) establecieron un método basado en la regresión para medir la estabilidad de las poblaciones, calcularon índices ambientales para cada localidad en varias pruebas; definieron que el coeficiente de regresión (β_i) y las desviaciones de regresión ($S^2 \delta_i$) de una variedad pueden definir la estabilidad de los materiales.

La información sobre identificación de variedades de trigo con amplia adaptación o adaptación general bajo condiciones temporales es escasa en la literatura publicada. En este trabajo se evaluaron 12 genotipos de trigo harinero a través de siete diferentes localidades bajo régimen de temporal con los siguientes objetivos:

- 1) Estimar parámetros de estabilidad y clasificar variedades según su comportamiento bajo condiciones temporales.
- 2) Identificar variedades con amplia adaptación y estabilidad que además tengan altos rendimientos por medio de diferentes métodos de selección.

- 3) Estimar correlaciones entre parámetros de estabilidad y diferentes características agronómicas.

REVISION DE LITERATURA

Genotipo Ambiente

Se considera genotipo a la carga de genes del núcleo o del citoplasma que definen la herencia de un carácter determinado y, ambiente lo podemos definir como la totalidad de condiciones externas de los factores que interaccionan con la vida y el desarrollo de los organismos en forma dinámica.

Según Falconer (1970) el valor fenotípico se divide en componentes debidos al genotipo y al medio ambiente, denominado ambiente a toda circunstancia no genética que puede originar desviaciones ambientales y la desviación ambiental media en la población en conjunto se toma como un valor de cero.

Briggs y Knowles (1967) mencionan que el ambiente modifica el efecto de la expresión de los poligenes, pero es difícil determinarlo porque existe la imposibilidad de medir este efecto en cada planta. Existen métodos sofisticados y complicados que se están desarrollando actualmente para determinar la herencia de caracteres cuantitativos. Estos métodos indicarán la contribución de la varianza de una población segregante por: genes con efectos aditivos, genes con efectos dominantes, interacción entre genes, efectos

epistáticos, efectos del ambiente y por la interacción de los genes con el ambiente.

Estos mismos autores mencionan respecto a la homeostasis lo siguiente: es un término propuesto por Canon para la habilidad del cuerpo humano de desarrollar y mantener un estado interno adecuado para la exposición a un amplio rango de ambientes. Ejemplos de variedades que exhiben homeostasis son: los cereales que son líneas puras que tienen ocupados millones de acres de cultivo, también variedades hortícolas propagadas clonalmente que tienen buen crecimiento en muchos países en el mundo, además cruza simples de maíz se han convertido en híbridos de uso popular. Como aplicación a cultivos de polinización cruzada la homeostasis genética será:

- 1) La habilidad de diferentes genotipos heterocigotes que desarrollan fenotipos similares.
- 2) La habilidad de algunos genotipos en un ambiente compensan a otros no bien adaptados y,
- 3) Diferentes organismos tienen diferentes requerimientos en los tres dimensionamientos espaciales de los cultivos.

Lerner (1954) aplicó el término homeostasis para identificar la situación en la cual una población puede expresar un estado constante y comportarse regularmente por diferencias en los genotipos. Además hace referencia a la existencia de una conexión causal entre la variabilidad y

la aptitud. Cree que una mayor estabilidad es una propiedad general de los heterocigotes y la considera como la causa de su mayor aptitud.

Falconer (1970) manifiesta respecto a la interacción genotipo por medio ambiente, que una diferencia específica de ambiente no tiene el mismo efecto sobre diferentes genotipos, lo cual origina una interacción que puede adoptar varias formas. Una diferencia específica de ambiente puede tener un mayor efecto en algunos genotipos que en otros, o puede haber un cambio en el orden con respecto al mérito en una serie de genotipos, cuando estos se miden en diferentes ambientes. Esto significa que el genotipo A puede ser superior al genotipo B en el ambiente X, pero inferior en el Y.

Parámetros de Estabilidad

Allard y Bradshaw (1964) denominan a una variedad como "buena amortiguadora" o con flexibilidad para ajustar su expresión genotípica y fenotípica a cambios que se presentan en el ambiente, lo cual origina dos tipos diferentes de comportamientos:

- a) Individual, cuando cada individuo de una población se adapta a ambientes diferentes y
- b) Poblacional, cuando individuos con diferente capacidad de adaptación coexisten y se adaptan a ciertos ambientes.

Las poblaciones genéticamente homogéneas, homocigotas o líneas puras y heterocigóticas o cruza simples, dependen del amortiguamiento individual para tener estabilidad. En poblaciones heterogéneas puede estar presente el amortiguamiento individual como poblacional; en las especies de polinización libre se sabe que amortiguamiento individual se debe mayormente a una propiedad de los heterocigotes.

Eberhart y Russell (1966) mencionan que la interacción genotipo-ambiente se expresa para variedades, líneas puras, híbridos de cruza simples o dobles, cruza probadoras, líneas S_i , etc. y que para reducir la interacción hay que estratificar los ambientes y desarrollar genotipos para cada ambiente específico, con la finalidad de hacer efectiva una estratificación para las áreas de estudio, como también de los mismos materiales. Para probar variedades en distintas áreas en varios años resulta elevada la interacción genotipo-ambiente y es posible estudiar varias relaciones entre los diferentes factores ambientales, respecto al comportamiento fisiológico de los genotipos.

Por medio de esta metodología se tiene oportunidad de estudiar ideotipos acordes con los diferentes ambientes y se pueden evaluar los niveles de los factores del medio ambiente para poder caracterizar materiales con estabilidad, lo cual redunda en beneficios económicos al elevar la productividad.

Rasmusson (1968) estudió rendimiento y estabilidad en dos grupos de poblaciones de cebada, cada grupo con distinto nivel de diversidad genética, a saber: variedades, variedades homogéneas, simples mezclas mecánicas y mixturas complejas -híbridos masales-. Cada grupo se cultivó en dos localidades durante cinco años. Las variedades y las mezclas simples fueron de similar estabilidad y ambas tuvieron más baja la estabilidad que las mixturas complejas.

Perkins y Jinks (1968) estudiaron la variabilidad debida al ambiente y a la interacción genotipo ambiente en *Nicotiana rustica* y encontraron correlaciones positivas aunque pequeñas entre el comportamiento medio y el componente lineal (β_i) de la interacción genotipo x ambiente. No encontraron correlaciones entre los mismos factores del fenotipo y el componente no lineal ($S^2\delta_i$) de la interacción genotipo por ambiente, por esta razón, concluyeron que estos componentes son independientes y probablemente sujetos al control de diferentes sistemas genéticos.

Eberhart y Russell (1969) investigaron con 45 cruces simples y 45 cruces dobles de maíz, probadas en 24 localidades durante un período de cuatro años, determinando que las cruces simples tenían la misma estabilidad que las cruces dobles, también definieron que las cruces simples difieren en su habilidad de respuesta a condiciones favorables y que el cuadrado medio de las desviaciones parece ser el parámetro de estabilidad más importante y que probablemente

estén involucrados todos los tipos de acción génica en este tipo de estabilidad.

Carballo y Márquez (1971) efectuaron evaluaciones de híbridos y variedades de maíz en México, no encontrando correlación entre las medias varietales y los parámetros de estabilidad. En los ambientes de temporal trabajados, la correlación entre los coeficientes de regresión respecto a las desviaciones fue significativa y negativa. Además reportaron una selección efectiva mediante el uso de la metodología de Eberhart y Russell y pudieron estratificar las áreas para las que se adaptarían las variedades probadas, así como definieron áreas para las que se necesitaban poblaciones mejoradas nuevas. Los autores consideran que en siembras de temporal las condiciones impredecibles son mayores y hay, por lo tanto, una mejor detección de la respuesta de las variedades a esas condiciones, por lo que será más factible la identificación de genotipos verdaderamente estables.

Jowet (1972) hizo estudios con líneas, cruza simple y cruza triple de sorgo para grano, obtuvo desviaciones de regresión más bajas para las cruza triples que para las cruza simples. Lo cual se adjudica a la existencia de poblaciones con amortiguamiento. Algunas cruza simples mostraron particularmente bajas desviaciones, por lo que mencionó que pueden ser características heredables

Fripp y Caten (1973) al estudiar las interacciones genético-ambientales en *Schizophyllum communae*, encontraron una asociación positiva entre la expresión media y sensibilidad lineal de un conjunto de medios ambientes de composición diversa y en otro conjunto de medios más uniformes, esta asociación no se presentó. Definieron que diferentes sistemas genéticos actúan en medios ambientes diferentes y que bajo algunas circunstancias la expresión media y la sensibilidad lineal están determinadas por sistemas genéticos separados y concluyeron que la expresión media y la sensibilidad están influenciadas por los ambientes que se prueben.

Córdova (1975) refiere que en las pruebas de evaluación de materiales cuando se analizan por la media de rendimiento, como se acostumbra en algunos programas de mejoramiento, se logra una idea sobre la interacción genotipo-ambiente, pero no se obtiene información de la magnitud de la estabilidad de los materiales, además hace notar que si la influencia del medio ambiente no fuera grande, no se necesitaría replicar los ensayos en diferentes localidades, lo cual permite identificar genotipos de mayor rango de adaptabilidad. Por medio de localidades y años múltiples se pueden estimar los componentes de varianza que nos dan información de la importancia de las interacciones entre genotipos, localidades y años de investigación. En su trabajo estudió el efecto de número de líneas endogámicas sobre el comportamiento de sintéticos en maíz y, encontró asociación positiva entre el rendimiento y el coeficiente de

regresión β_i . Existió correlación negativa y significativa entre la media y las desviaciones de regresión.

Busch, Hammond y Forhberg (1975) probaron en 28 poblaciones resultantes de cruzas entre parientes de trigo ojo de primavera y evaluaron como F_1 s en un ambiente, como F_2 en seis ambientes y como F_3 masa en cinco ambientes. El análisis de regresión de respuesta en ambientes \times rendimientos indicó que la generación masal tiene el mismo rango de valores de β_i como el de sus progenitores. Los valores de las desviaciones sobre la regresión fueron más pequeños para la generación masal que para sus progenitores, pero las desviaciones de regresión no fueron diferentes significativamente.

Eagles y Frey (1976) analizaron con 80 F_9 de líneas derivadas de avena en 24 ambientes para calcular medias de rendimiento para grano y para rendimiento de paja, además de varianzas de estabilidad. Las correlaciones entre arreglos para medias de rendimiento sobre diferentes subgrupos tuvo rangos de 0.78 a 0.85 y 0.81 a 0.86 para rendimiento de paja. Las varianzas de los parámetros de estabilidad fueron solamente repetibles en una área limitada para los materiales y los ambientes evaluados.

Chávez (1977) evaluó 23 variedades de avena en siete localidades y estratificó ambientes; encontró alta correlación entre la media del rendimiento y el coeficiente de regresión, probablemente debida a que estos dos parámetros pertenecen a un mismo sistema genético, o bien que se

haya seleccionado en el mismo sentido para mejorar a ambos paralelamente. Consideró efectiva la selección bajo la metodología empleada para elevar los rendimientos y estableció que para mejorar la estabilidad se requiere estimar estos parámetros para poder orientar la selección en este sentido, o sea para rendimientos altos y para estabilidad.

Dávila (1978) al investigar con 20 materiales de maíz en Chimaltenango (altiplano central de Guatemala) pudo seleccionar los materiales de acuerdo a su estabilidad y adaptación por los parámetros de estabilidad. Encontró correlaciones entre la media de rendimiento y los coeficientes de regresión ($r = 0.99$) y entre la media del rendimiento y las desviaciones de regresión ($r = 0.66$).

Ghaderi, Everson y Cress (1980) probaron 41 genotipos que comprendieron siete variedades y 34 líneas avanzadas de trigo de invierno, los cuales se plantaron en ocho localidades, dos años en cada una. Se probó rendimiento y se usó un grupo de localidades con estratos acordes basados en la similitud del efecto genotipo x localidad para formar grupos para el análisis. Se pretendió que esta forma de análisis se puede usar para la selección de sitios de evaluación para generaciones de prueba tempranas y para el desarrollo de genotipos con adaptabilidad ancha y estrecha. El análisis de estabilidad de los parámetros, media, coeficientes de regresión y las desviaciones de la misma, fueron calculadas para cada genotipo. La clasificación por estratos agrupó efectivamente series de genotipos con respuestas

de estabilidad más o menos similares. Fueron clasificadas tres amplias categorías respecto a sus características de estabilidad. El análisis por estratos pudo ser usado suplementariamente como una herramienta para el análisis de reacciones de adaptación en pruebas de rendimiento de genotipos de trigo.

Ozaeta (1980) estudió genotipos de maíz en la región tropical de Guatemala y analizó por medio de parámetros de estabilidad, las interacciones con el ambiente para poder seleccionar materiales promisorios. Encontró correlación significativa y positiva para las medias de rendimiento respecto a los β_i y obtuvo valores negativos entre la media de rendimiento y las $S^2\delta_i$ y entre los β_i y las $S^2\delta_i$.

Rajaram *et al.* (1983) reporta pruebas de rendimiento y estabilidad para líneas avanzadas de trigos harineros tales como Veery "S", Bobwhite "S" y Alondra "S", portadores de la translocación 1B/1R. Estas líneas son derivadas de cruza triples entre trigos invernales rusos y estadounidenses. Después de seis años de pruebas en los que mostraron adaptación a las condiciones de México y, buen comportamiento en varios países del mundo. La línea Bobwhite "S" tiene alta resistencia a *Septoria tritici* y Alondra "S" es moderadamente tolerante a toxicidad de aluminio.

Mier (1984) estimó la estabilidad en rendimiento de 21 variedades de frijol en 10 ambientes en zonas templadas de México para identificar materiales con adaptación general y específica. Por medio de la metodología de

parámetros de estabilidad logró caracterizar ocho variedades como estables, otras cinco materiales tuvieron buen comportamiento en todos los ambientes pero fueron inconsistentes por tener $S^2\delta_i$ diferente de cero, o sea de comportamiento impredecible y el resto de los materiales fueron caracterizados para definir el tipo de ambientes para los cuales tienen buen comportamiento.

Flores (1985) observó en genotipos de papa en diferentes ambientes de México y por medio de la metodología de Eberhart y Russell seleccionó genotipos de amplia adaptación. Obtuvo correlaciones significativa y negativa entre $S^2\delta_i$ y β_i para el agrupamiento de papa "no comercial".

MATERIALES Y METODOS

Area de Trabajo

Se establecieron siete ensayos en los departamentos de Quetzaltenango y San Marcos del altiplano occidental de Guatemala¹, durante el año 1983, se evaluaron líneas avanzadas y variedades del Programa de Trigo del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), para la consecución de los objetivos planteados en esta investigación.

El Departamento de Quetzaltenango se caracteriza por las condiciones generales siguientes: Según la clasificación ecológica del Dr. Holdridge (1959) tiene un clima en formaciones tropicales de bosque seco montano bajo y bosque húmedo montano bajo. La zona agrícola se localiza entre alturas sobre el nivel del mar de 2,300 a 2,500 metros. La temperatura promedio máxima anual es de 22°C y la mínima es de 6°C. La humedad relativa promedio anual es de 76 por ciento. La precipitación pluvial promedio anual, es de aproximadamente 1,200 mm.

Los suelos están formados a partir de materiales con cenizas volcánicas predominantes, pómez tipo ignimbrita

¹ El país de Guatemala está dividido en departamentos.

y roca piroclástica reciente. La textura es franco-arcillo arenosa, también existe en gran cantidad la textura franca o franco arcillosa. La estructura más generalizada es la de bloques rectangulares medianos, moderadamente desarrollados y, en algunas áreas estructura granular.

En el Departamento de San Marcos las condiciones no varían mucho respecto a las del departamento de Quetzaltenango y en forma resumida son las siguientes:

La altitud está comprendida entre 2000 y 3000 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación pluvial promedio anual de 1324 mm en las partes altas y de 1050 mm en las más bajas.

Los suelos en las partes altas son predominantemente de las series Camanchá fase erosionada, que se caracteriza por ser de relieve ondulado a fuertemente ondulado, de declive del 10 por ciento con buen drenaje, de textura y consistencia franca y friable, con una fertilidad natural alta. También está la serie Patzité que tiene un relieve escarpado, con un declive del 50 por ciento, de textura y consistencia franco arcillosa, fina y de fertilidad natural regular. Ambas series, la Camanchá y la Patzité, tienen como limitante el peligro de la erosión. Los suelos en las partes bajas de San Marcos corresponden a las series Quetzaltenango.

Los experimentos en los dos departamentos estuvieron en los sitios siguientes:

En el Departamento de Quetzaltenango:

San Rafael en el Valle

San Antonio en los Llanos del Pinal

Sigüilá en el Municipio de San Juan Ostuncalco

En el Departamento de San Marcos:

Paconché en el Valle

Esquipulas Palo Gordo, Municipio

Comitancillo, Municipio

Río Blanco, parte alta

Material Biológico

En este trabajo se usaron nueve líneas avanzadas del Programa de Mejoramiento del ICTA, originadas de selecciones efectuadas en viveros de observación llevados a cabo en Guatemala provenientes del CIMMYT así como del plan de cruzas realizadas en el país. Y además tres variedades testigos, la variedad ICTA SARA 82, la Chivito 77 y la variedad propia o tradicional de los agricultores de cada sitio en el que se experimentó.

Estos recursos genéticos poseen una amplia variabilidad para rendimiento y características agronómicas deseables y apropiadas al área de investigación.

Los genotipos son los siguientes:

Variedad o cruza	Genealogía
CTA-SARA 82	CM38089-G-1Y-4M-1Y-3M-1Y-0Y
hivito 77	-----
C//Ka1/Sr-	CG7742-C-1X-2X-IJ-0X
hat "S"-	CM33090-T-1M-4Y-0M-57B-0Y
nv "S"-	CM37705-G-2Y-2Y-3M-1Y-0M-47Y-0B
uc "S"/Emu "S"-	CM52324-6M-1Y-1M-2Y-0M
zteca 67/Mon "S"-	CM27760-9Ch-1Ch-13Ch-2Ch-0Ch
up 73/Emu "S"//Gjo "S"-	CM43598-II-8Y-1M-1Y-2Y-1M-0Y
on/Yr 70/T.aest.//Ka1/Bb-	CM41860-A-5M-2Y-2M-1Y-0M
aya "S"/Mon "S"-	CM29251-4M-3Y-2M-2Y-1B-0Y
al/Bb//Ald "S"/7C-	CM37357-0-5Y-1M-4Y-1M-0Y
estigo	-----

Ambientes

Los siete experimentos se consideraron como un ambiente para fines del análisis de estabilidad. El área investigada fue de aproximadamente 60,000 ha con condiciones ambientales debido a la variabilidad de suelos, climas y prácticas agronómicas que acostumbran dar los agricultores tanto a sus terrenos como a sus propios cultivos.

Manejo de los Experimentos

Se mantuvo como fecha de siembra la que tradicionalmente usa el agricultor en su terreno y se dieron prácticas agronómicas basadas en las recomendaciones existentes para cada localidad. Todos los experimentos se condujeron con lluvias estacionales, o sea bajo el régimen de temporal. El ciclo normal del cultivo de trigo en las áreas estudiadas comprende unos cinco meses aproximadamente. Se siembra desde junio hasta agosto, dependiendo de la implantación de las lluvias.

Diseño Experimental y Tamaño de Parcelas

Todos los experimentos se plantaron con un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y unidades experimentales de 7.2 m², sembradas al voleo.

VARIABLES ESTUDIADAS

Se analizó el rendimiento y se le hizo un ajuste al 104 por ciento de humedad. Además se evaluaron otras características de planta, como lo son: días a flor, madurez fisiológica, altura de planta. Incidencia de enfermedades, especialmente: roya amarilla, roya de la hoja, *Septoria* sp. y *Fusarium* sp.

Análisis de los Datos

Se usó el modelo de un diseño de bloques al azar para el análisis de manera que cada localidad se ajustó al modelo:

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

donde:

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

μ = media general del carácter medido

B_j = efecto de bloques

E_{ij} = error intrabloque o intraparcela

Los bloques son aleatorios y los tratamientos son fijos. De las condiciones anteriores se origina un análisis de varianza de esta manera:

Cuadro 1. Análisis de varianza individual para el diseño de bloques al azar.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Esperanza de cuadrados medios
Bloques	$(b-1)$	
Variedades	$(v-1)$	$\sigma_e^2 + r \left(\frac{\sum v_i^2}{v-1} \right)$
Error experimental	$(v-1)(b-1)$	σ_e^2

Se efectuó un análisis de varianza combinado de las siete localidades para poder establecer el comportamiento de cada variedad.

Se usó el siguiente modelo para este combinado:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + L_k + R_{j(k)} + (GL)_{ik} + E_{ijk}$$

$$(i = 1, 2, \dots, v)$$

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

$$(k = 1, 2, \dots, l)$$

donde:

Y_{ijk} = valor del carácter y del i -ésimo genotipo en la j -ésima repetición en la k -ésima localidad

μ = media general

G_i = efecto del i -ésimo genotipo

L_k = efecto de la k -ésima localidad

$(GL)_{ik}$ = efecto de la ik -ésima observación asociado con la interacción genotipo x localidad, y

E_{ijk} = efecto aleatorio asociado con la ijk -ésima observación dentro de la k -ésima localidad

En este modelo las suposiciones consisten en considerar que los errores no están correlacionados, tienen media cero y varianza constante; los ambientes son aleatorios, seleccionados como una muestra de lugares en donde se cultiva trigo y las variedades son fijas. Las esperanzas de los cuadrados medios se presentan en el Cuadro 2 del análisis de varianza. La comparación de medias entre los tratamientos

Cuadro 2. Análisis de varianza combinado para un diseño de bloques al azar

Fuentes de variación	Grados de libertad	Esperanza de cuadrados medios
Localidades	$(1-1)$	
Repeticiones (loc)	$1(r-1)$	
Variedades	$(v-1)$	$\sigma^2e + r\sigma^2v + r1\left(\frac{\sum v_i}{v-1}\right)$
Variedad x localidad	$(v-1)(1-1)$	$\sigma^2e + r\sigma^2v$
Error	$1(r-1)(v-1)$	σ^2e

se efectuó por medio de la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Análisis de Estabilidad

El modelo que se usó fue el propuesto por Eberhart y Russell (1966) para estimar los parámetros de estabilidad de los materiales sometidos a la evaluación, posteriormente a determinar si la interacción genético ambiental es significativa en el análisis de varianza combinado.

Para efectuar las regresiones sobre los índices ambientales para poder evaluar la respuesta de los materiales a los diferentes ambientes se usó el modelo estadístico siguiente:

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

donde:

Y_{ij} = la media varietal de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente ($i = 1, 2, \dots, n$)

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

β_i = coeficiente de regresión que mide la res - puesta de la variedad i en varios ambientes

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

I_j = índice ambiental obtenido con el promedio de todas las variedades en el j -ésimo am - biente menos la media general

Para la estimación de los parámetros de estabilidad se usaron las fórmulas siguientes:

Para los índices ambientales,

$$I_j = \left(\frac{\sum_i Y_{ij}}{v} \right) - \left(\frac{\sum_{ij} Y_{ij}}{vn} \right) \text{ con la restricción:}$$

$$\sum I_j = 0$$

Para los coeficientes de regresión se usó,

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

Para las desviaciones de regresión se usó:

$\delta_{ij} = (Y_{ij} - \bar{Y}_{ij})$, estos valores se elevan al cuadrado y se suman para obtener el estimador del parámetro de estabilidad $S^2 \delta_i$:

$$S^2 \delta_i = \left(\frac{\sum \delta_{ij}^2}{n-2} \right) - S^2 e / r \quad \text{en el que}$$

$\sum_j \hat{\delta}_{ij}^2 = \left(\frac{\sum_i Y_{ij}^2}{n} \right) - \frac{(\sum_j Y_{ij} I_j)^2}{\sum_j I_j^2}$ y $S^2 e / r$ es el estimador del error conjunto, r el número de repeticiones en cada ambiente y se puede estimar de acuerdo a:

$$S^2 e = \frac{\sum_i S.C.E.i}{\sum_i G.L.E.i}$$

Para obtener los grados de libertad del error con - junto se suman los grados de libertad del error de todos los ambientes incluidos en el agrupamiento determinado.

Por medio del modelo que estamos especificando se puede dividir la interacción genotipo-ambiente en dos -

componentes:

- 1) Variación debida a la respuesta lineal que tiene una variedad con distintos índices ambientales y,
- 2) Desviaciones inexplicables de la regresión sobre el índice ambiental.

El comportamiento de cada variedad se puede predecir usando los estimadores de los parámetros μ_i y β_i , así:

$$\hat{Y}_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j$$

En el Cuadro 3 se presenta el análisis de varianza propuesto por Eberhart y Russell (1966). Las hipótesis que se prueban por medio del análisis son:

- a) Igualdad de medias: $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_v$
lo cual se prueba por medio de $F = CM_1/CM_3$
(Cuadro 3)
- b) Igualdad de los coeficientes de regresión:
 $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_v$. La F adecuada para probar esta hipótesis es: $F = CM_2/CM_3$
- c) Desviaciones de regresión igual a cero para cada variedad se prueba con:
 $F = (\sum \delta^2_{ij}/n-2)/\text{error conjunto } (CM_4)$
La regla de decisión consiste en:
Si $F_c > F_t \alpha = 5\%(n-2, n(r-1)(v-1))$ se rechaza la hipótesis nula

Cuadro 3. Análisis de varianza para la estimación de los parámetros de estabilidad

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios
Total	$nv - 1$	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - F.C.$	
Variedades (V)	$v - 1$	$\frac{1}{n} \sum_i Y_i^2 - F.C.$	CM1
Ambientes (E)	$(n-1)$	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - Y_i^2/n$	
E x V	$(v-1)(n-1)$		
E (lineal)	1	$\frac{1}{v} (\sum_j Y_{.j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	CM2
E x V (lineal)	$v - 1$	$\sum_i (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 - S.C.E. (lineal)$	
Desviación conjunta	$V(n-2)$	$\sum_i \sum_j \delta_{ij}^2$	CM3
Genotipo 1	$n - 2$	$ \sum_j Y_{ij} \frac{(Y_i.)}{n} - (\sum_j Y_{1j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
Genotipo 2	$n - 2$		
⋮			
Genotipo v	$n - 2$	$ \sum_j Y_{vj} - \frac{(Y_v.)^2}{n} - (\sum_j Y_{vk} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
Error conjunto	$n(v-1)(n-1)$		CM4

- d) La hipótesis de que los β_j pueden diferir de la unidad, o sea $\beta_j = 1$, se prueba por medio de una prueba de t:

$$t_c = \frac{\beta_j - 1}{\sqrt{\frac{(\sum_j \delta_{ij}^2) / (n-2)}{\sum_j I^2 j}}}$$

La regla de decisión es:

Si $t_c > t_t$, $\alpha / 2 = 2.5\%$ (b-2) se rechaza la hipótesis nula

Para clasificar los materiales genotípicos que se probaron respecto a estabilidad y consistencia se usó la metodología establecida por Carballo y Márquez (1971) en el Cuadro 4.

Correlaciones

Se determinaron los grados de asociación existentes entre la media de rendimiento con respecto a β_j y a $S\delta_i^2$. Así como también entre β_j y $S^2\delta_i$.

Formas de Seleccionar

Se emplearon tres métodos para seleccionar los genotipos con base en los parámetros de estabilidad siguientes: La media de rendimiento, los coeficientes de regresión y las desviaciones de regresión.

Cuadro 4. Clasificación de variedades con base en los parámetros de estabilidad.

β	$S^2\delta_i$	Descripción
1.0	0.0	Genotipo estable
1.0	>0.0	Buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistente
<1.0	0.0	Responde mejor en ambientes desfavorables, consistente
<1.0	>0.0	Responde mejor en ambientes desfavorables e inconsistente
<1.0	0.0	Responde mejor en buenos ambientes, consistente
>1.0	>0.0	Responde mejor en buenos ambientes e inconsistente

Selección por Media de Rendimiento

Se establecieron los rendimientos más altos de los 12 genotipos y se clasificaron de mayor a menor, a la vez se definió la significancia de las diferencias entre los diferentes materiales. Para ello se usó la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Selección Tandem

Se comenzó con determinar los genotipos con media mayor a la media general y, dentro de éstos se seleccionaron los estables, o sea con $\beta_i = 1$ y con $S\delta_i = 0$. Los materiales que reunieron estos tres requisitos fueron los seleccionados.

Selección por Niveles Independientes de Descarte

Se hizo selección para μ , β y $S^2\delta$, independientemente para cada parámetro incluyendo a los 12 genotipos y se seleccionaron los que quedaron comprendidos dentro de los límites considerados deseables para cada uno de los tres parámetros.

Datos Agronómicos

Entre las características más importantes que se tomaron están las siguientes: número de días a flor, días a madurez fisiológica, altura de planta y la incidencia de las enfermedades siguientes: *Fusarium sp.*, *Septoria sp.*, -

Puccinia recondita y *Puccinia striiformis*. Para la obtención de los resultados se promediaron los datos de los siete experimentos para cada característica y en el caso de las enfermedades se tomó la moda estadística de los grados más altos de infección; en las cuatro enfermedades evaluadas la calificación se basó en el grado de daño causado por el patógeno y no precisamente por la reacción de respuesta de la planta. Las escalas usadas en el caso de las dos royas y del *Fusarium sp.*, se efectuaron en porcentaje y para *Septoria sp.* se utilizó una escala de cero a diez, dependiendo del grado de infección, se usó cero para calificar la ausencia total de daño y 10 para la infección de toda la planta.

Análisis de las Características Agronómicas

Los datos tomados en porcentaje se transformaron por medio de la fórmula:

$$\sqrt{x + \frac{1}{2}}$$

Y los datos de *Septoria sp.* tomados en la escala de cero a diez se transformaron por medio de arcoseno, cuya expresión matemática es:

$$\text{arcoseno } \sqrt{\frac{x}{10}} \quad \text{o bien} \quad \text{seno}^{-1} \sqrt{\frac{x}{10}}$$

Se efectuaron correlaciones simples para cada característica, luego se estimaron las correlaciones de cada

característica versus todas las demás para la construcción de la matriz de correlaciones. Las correlaciones se calcularon por medio de la fórmula de Pearson:

$$r^2 = (\Sigma xy)^2 / \Sigma x^2 y^2$$

RESULTADOS

En el análisis de varianza combinado de las siete localidades (Cuadro 5) se reveló que los genotipos fueron significativos al uno por ciento de probabilidad. También existió significancia para ambientes, para la interacción genotipo x ambiente, con lo que se interpreta que las variedades se comportaron diferencialmente a través de los diversos ambientes. Con los resultados apuntados se consideró necesario inferir estadísticamente la expresión de los materiales en interacción con los ambientes. O sea que se cumple con uno de los requisitos para poder efectuar el análisis de estabilidad. El coeficiente de variación para este análisis de varianza fue de 13.95 por ciento que es altamente confiable.

En el Cuadro 6 se presentan las medias de rendimientos por sitio experimental y para cada variedad. Las medias generales para cada experimento indican que hubo una amplia variabilidad lo cual está corroborado por los índices ambientales (I_j) los que tuvieron una distribución de 43 por ciento favorables o positivos y 57 por ciento desfavorables o negativos, esta distribución de ambientes se considera representativa de las condiciones ambientales para las que se probaron los genotipos. Los ambientes más ricos -

Cuadro 5. Análisis de varianza combinado para rendimiento de 12 genotipos de trigo en 7 localidades

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Cuadrados medios
Ambientes	6	78.62**
Rep./Am.	21	0.69**
Genotipos	11	4.62**
Genotipos x Amb.	66	0.82**
Error	231	0.23
Total	335	
Coeficiente de variación		13.95%

** Significancia al 1% de probabilidad

Cuadro 6. Promedio de rendimiento de trigo en 7 localidades

Variedades	Rendimiento de grano (kg/ha)							X
	San Rafael	San Antonio	Sigüila	Paconché	Esquipulas Palo gordo	Comitancillo	Río Blanco	
Chivito 77	5060	4940	2820	3030	2510	3710	4860	3850
CITA-SARA 82	5580	6490	3860	3270	2830	4090	4100	4320
Az 67-	4640	5490	2860	2870	2160	3300	4350	3670
Maya "S"-	4590	5130	1910	1870	1490	2150	4880	3150
Chat "S"-	5160	5540	3140	2170	2950	3750	4100	3830
Mnv "S"-	4650	4850	2940	1420	1650	1580	4240	3050
Emu "S"-	4670	5190	2990	2030	2090	1540	3960	3210
Jup 73-	5170	5230	2020	2250	2020	1660	4470	3260
Bon/Yr-	4440	5560	2340	2430	1500	3600	4000	3410
Kal-	4830	5970	2100	2600	2220	2870	3680	3470
CC//Kal/Sr-	3900	4490	2330	2270	1800	2320	3730	2980
Testigo	4390	4850	2580	1880	1850	2660	3320	3070
\bar{X}	4760	5310	2650	2340	2090	2770	4140	3440
Indices ambientales (Ij)	1.30	1.87	-0.78	-1.10	-1.35	-0.67	0.70	
C.V. (%)	14.16	16.96	14.62	19.23	15.79	14.75	18.27	

C.V. = Coeficientes de variación

fueron en su orden San Antonio con un Ij de 1.87 y una media de rendimiento de 5,310 kg/ha le siguió la localidad de San Rafael con un Ij de 1.32 y una media de 4,760 kg/ha a continuación estuvo el sitio de Río Blanco con un Ij positivo y una media de 4,140 kg/ha. Las localidades de Comitancillo, Sigüilá, Paconché y Esquipulas Palo Gordo, fueron las más pobres, en el orden en que se encuentran, Comitancillo con Ij mayor entre las cuatro y Esquipulas Palo Gordo la más baja de todas las localidades evaluadas.

La performance de los genotipos destaca a la variedad ICTA-SARA 82, con un 10.8 por ciento más de producción respecto a Chivito 77 y un 25.58 por ciento respecto al promedio general (3,440 kg/ha), aparte de ser la más alta rendidora mantuvo un comportamiento uniforme tanto en ambientes ricos, como pobres. De igual manera se expresaron los genotipos Chat "S"- , Azt 67-, Kal- y Bon-, observable en las Figuras 1 y 2. La variedad Chivito 77 tiene un alto rendimiento pero su expresión es un poco errática en su manifestación en los diferentes ambientes, tendiendo a rendir mejor en los pobres. También en estas figuras se destaca el bajo rendimiento de los testigos que estuvieron un 10.76 por ciento por debajo del promedio general.

Los coeficientes de variación (Cuadro 6) de cada experimento, oscilaron entre 14.16 por ciento para la localidad de San Rafael, hasta 19.23 por ciento para Paconché, lo cual prueba que la información es confiable.

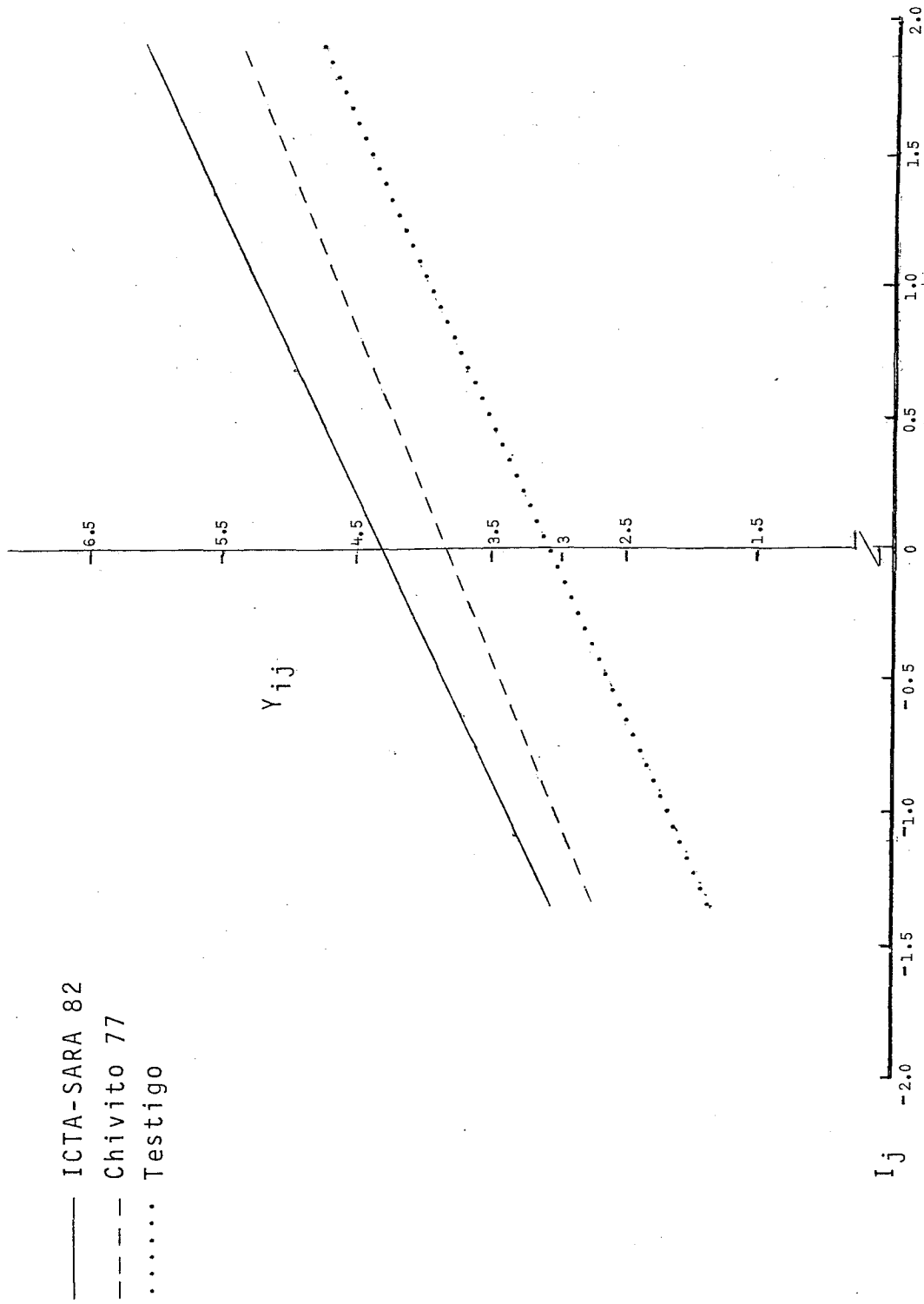


Figura 1. Líneas de regresión de rendimiento de dos variedades y testigos de trigo sobre índices ambientales.

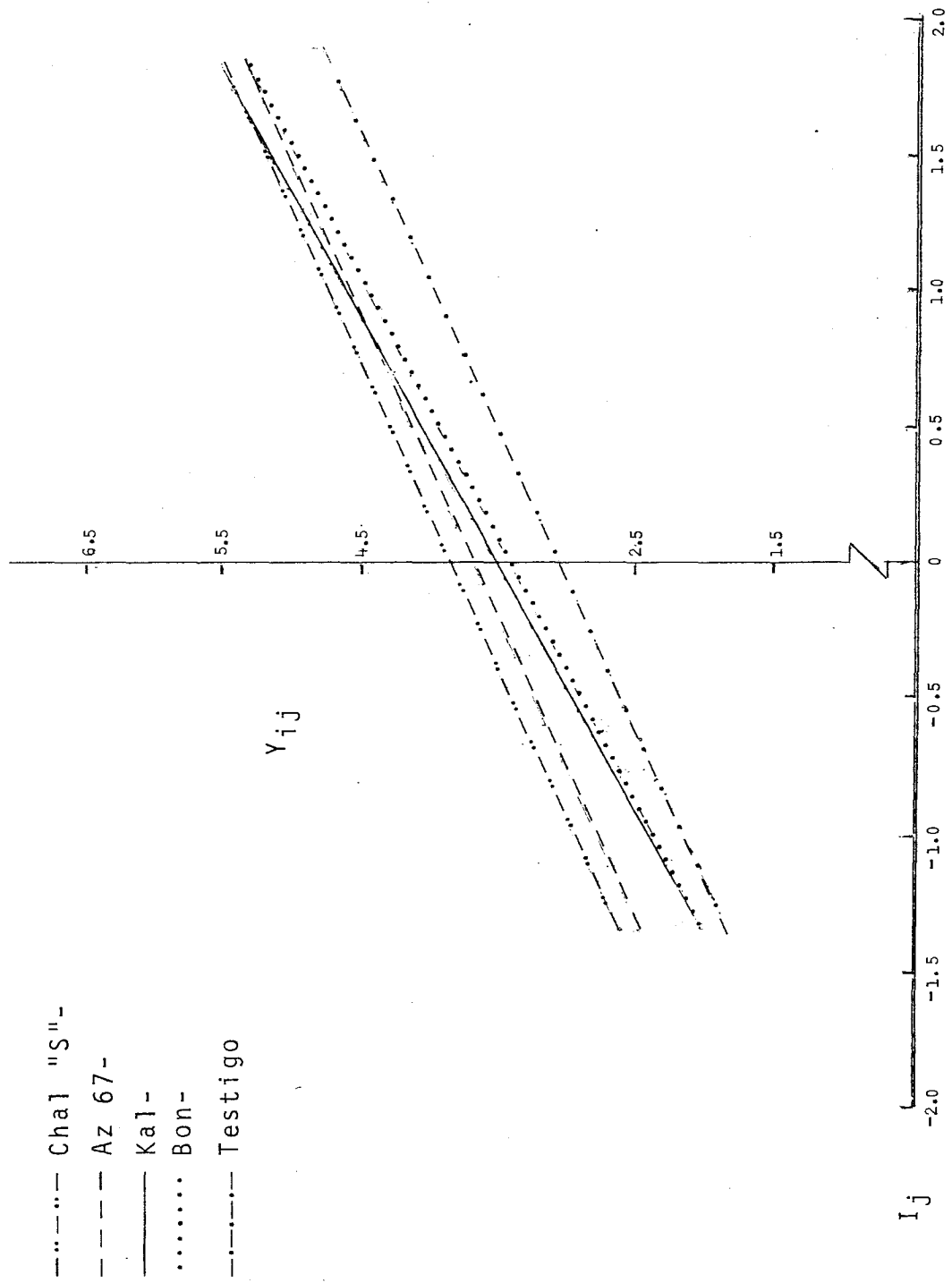


Figura 2. Líneas de regresión de rendimientos de cuatro líneas avanzadas y testigos de trigo sobre índices ambientales.

En el Cuadro 7 se presenta el análisis de estabilidad, en donde existió significancia para variedades al uno por ciento de probabilidad, esto indica que los materiales son diferentes. Además existió alta significancia para la interacción variedad x ambiente y por lo tanto se probó que existieron diferencias en la expresión de las desviaciones de regresión para cada genotipo.

En el Cuadro 8 se presentan los parámetros β_i , $S^2\delta_i$ y las medias de rendimiento, obtenidos por medio de la metodología de Eberhart y Russell (1966) así como la significancia originada para los β_i cuando son estadísticamente iguales a uno y para las $S^2\delta_i$ cuando son iguales a cero. Por el análisis de las medias de rendimiento por medio de la prueba de rangos múltiples se comprobó lo discutido en el Cuadro 7 respecto a los rendimientos sobresalientes de las variedades ICTA SARA 82, Chivito 77 y Chat "S"-, cabe mencionar que las dos primeras son variedades liberadas, mientras que Chat "S"- es una selección alta rendidora en generaciones avanzadas. La línea Az 67-, también tuvo un alto rendimiento con 3,670 kg/ha y se comportó diferente a las tres primeras y a las que le siguieron en orden descendente. Las líneas Maya "S"-, testigo, Mnv "S"- y CC//kal/Sr- prácticamente fueron las menos rendidoras y guardan poca diferencia unas de otras.

En cuanto a los coeficientes de regresión únicamente Chivito 77, Jup 73-, Maya- y CC//kal- los tienen diferentes de uno. Chivito 77 y CC//kal- tienen coeficientes -

Cuadro 7. Análisis de estabilidad para 12 genotipos de trigo en 7 localidades.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F.C.
Total	83		
Variedades	11	1.15	6.21 **
Ambientes	72		
V x A	66		
Ambiente (lineal)	1		
V x A (lineal)	11	10.90	58.64 **
Desv. ponderada	60	0.19	
Chivito 77	5	0.16	2.32 NS
ICTA-SARA 82	5	0.25	3.64 NS
Az 67/Mon "S"-	5	0.05	0.75 NS
Maya "S"/Mon "S"-	5	0.20	2.97 NS
Chat "S"-	5	0.20	2.93 NS
Mnv "S"-	5	0.31	4.57 *
Buc "S"/E mu "S"-	5	0.28	4.12 NS
Jup 73-	5	0.26	3.80 NS
Bon/Yr-	5	0.26	3.89 NS
Kal-	5	0.19	2.86 NS
CC/Kal/Sr-	5	0.02	0.32 NS
Testigo	5	0.06	0.88 NS
Error ponderado	231	-	-

* Significancia al 5% de probabilidad

** Significancia al 1% de probabilidad

NS No significativas

Cuadro 8. Valores de parámetros de estabilidad para 12 variedades en 7 localidades

Genotipos	\bar{X} kg/ha	β_i	$S^2\delta_i$	Prueba de ⁽¹⁾ Duncan
ICTA-SARA 82	4320	0.94 NS	0.18 NS	a
Chivito 77	4850	0.81 *	0.09 NS	b
Chat "S"-	3830	0.89 NS	0.13 NS	b
Az 67/Mon "S"-	3670	0.91 NS	0.02 NS	c
Kal/Bb//Ald "S"-	3470	1.09 NS	0.13 NS	d
Bon/Yr-	3410	1.03 NS	0.19 NS	d
Jup 73/Emu "S"-	3260	1.21 *	0.19 NS	e
Buc "S"/Emu "S"-	3210	1.04 NS	0.21 NS	e f
Maya "S"/Mon "S"-	3150	1.23 *	0.13 NS	e f g
Testigo	3070	0.90 NS	0.01 NS	f g h
Mnv "S"-	3050	1.13 NS	0.24 *	g h
CC//Kal/Sr-	2980	0.80 *	0.05 NS	h

* δ ** para los β_i son diferentes de 1 al 5% y 1% de probabilidad respectivamente.

* para las $S^2\delta_i$ son diferentes de 0 al 5% de probabilidad.

(1) medios seguidos de una misma letra son estadísticamente iguales

NS para $\beta_i = 1$

NS para $S^2\delta_i = 0$

menores que uno, o sea que se comportan mejor en ambientes pobres y, con Jup 73- y Maya- sucede lo contrario, esto es que responden mejor en ambientes ricos por tener coeficientes de regresión mayores a uno, toda la clasificación anterior según Carballo y Márquez (1971).

Con respecto a las desviaciones de regresión todos los materiales fueron iguales a cero con excepción de la línea Mnv "S"- que fue significativamente mayor, estos genotipos con desviaciones cero se comportan en forma consistente a través de los diferentes ambientes y el material mayor a cero (Mnv "S") es inconsistente. ICTA SARA 82, Chat "S"-, Az 67-, kal/Bb-, Bon/Yr 70-, Buc "S"- y Mnv "S"- fueron estables, según se puede observar en el Cuadro 9.

Chivito y CC//kal-, responden mejor en ambientes desfavorables en forma consistente, Jup 73- responde mejor en ambientes ricos en forma consistente por tener desviaciones iguales a cero.

El testigo de los agricultores, respondió bien en todos los ambientes aunque en forma inconsistente.

Se calcularon las correlaciones entre los parámetros para medir el grado de asociación entre la media y la sensibilidad lineal al ambiente (β_i) y la sensibilidad errática a los cambios del ambiente ($S^2\delta_i$). Se encontró (Cuadro 10) un grado alto, positivo y significativo de asociación entre la media de rendimiento y los coeficientes de regresión, para la correlación entre la media y las desviaciones de regresión hubo significancia positiva. Y para la

Cuadro 9. Clasificación de variedades de trigo según sus parámetros de estabilidad

Genotipos	Rendimiento (kg/ha)	β_i	$S^2\delta_i$	Descripción
ICTA-SARA 82	4320	1	0	Estable
Chivito 77	3850	<1	0	Responde mejor en ambientes desfavorables consistentemente
Chat "S"	3830	1	0	Estable
Az 67/Mon "S"	3670	1	0	Estable
Ka1/Bb//A1d "S"	3470	1	0	Estable
Bon/Yr 70-	3410	1	0	Estable
Jup 73/Emu "S"	3260	>1	0	Responde mejor en ambientes ricos consistentemente
Buc "S"/Emu "S"	3210	1	0	Estable
Maya "S"/Mon "S"	3150	>1	0	Responde mejor en buenos ambientes consistentemente
Testigo	3070	1	>0	Responde bien en todos los ambientes inconsistentemente
Mnv "S"	3050	1	0	Estable
CC//Ka1/Sr-	2980	<1	0	Responde mejor en ambientes desfavorables consistentemente

correlación entre β_i y $S^2\delta_i$ se presentó alta significancia positiva.

Cuadro 10. Correlaciones entre los parámetros, media, coeficientes y desviaciones de regresión.

Parámetros	β_i	$S^2\delta_i$
μ	0.98 **	0.79 **
β_i	-	0.84 **

** Significancia al 1%

En el Cuadro 11 se encuentra la selección Tandem para los genotipos. Este método contempla el uso de los tres parámetros en forma escalonada (μ , β_i y $S^2\delta_i$). Para la media se usa como límite inferior el promedio general de los genotipos a través de todos los ambientes, en este caso 3,440 kg/ha y para $\beta_i = 1$ y $S^2\delta_i = 0$. El resultado que se obtuvo permitió seleccionar a ICTA SARA 82, Chat "S"- , Az 67- y kal/Bb-, o sea el 33 por ciento de los genotipos muy similar a la selección efectuada con la prueba de rangos múltiples. Quedó fuera de la selección la variedad Chivito 77 que según la caracterización por medio de los parámetros de estabilidad tiene un $\beta_i < 1$.

En el Cuadro 12 aparece la selección efectuada por niveles independientes de descarte, en donde ICTA SARA 82, Chivito 77, Chat "S"- , Az 67-, kal/Bb- y Bon/Yr 70-, fueron seleccionadas y representan el 50 por ciento de los genotipos. Los límites de selección fueron media mayor a 3,400

Cuadro 11. Selección Tandem para doce genotipos de trigo a través de siete localidades.

Genotipos	\bar{X} (kg/ha)	β	$S^2 \delta$
ICTA-SARA 82	4320	0.94	0.18 (S)
Chivito 77	3850	0.81 *	0.09
Chat "S"-	3830	0.89	0.13 (S)
Az 67/Mon "S"-	3670	0.91	0.02 (S)
Kal/Bb-	3470	1.09	0.13 (S)
Bon/Yr-	3410	1.03	0.19
Jup 73-	3260	1.20 *	0.19
Buc "S"/Emu "S"	3210	1.04	0.21
Maya "S"/Mon "S"	3150	1.23 **	0.13
Testigo	3070	0.90	0.01
Mnv "S"-	3050	1.13	0.24 *
CC//Kal/Sr-	2980	0.80	0.05
Límites de selección	3440	0.85-1.15	0-0.22

(S) = Genotipos seleccionados

Cuadro 12. Selección por niveles independientes de descarte para 12 genotipos de trigo en siete ambientes

Genotipos	\bar{X} (kg/ha)	β_i	$S^2\delta_i$
ICTA-SARA 82	4320 *	0.94 *	0.18 * (S)
Chivito 77	3850 *	0.81 *	0.09 * (S)
Chat "S"	3830 *	0.89 *	0.13 * (S)
Az 67/Mon "S"	3670 *	0.91 *	0.02 * (S)
Kal/Bb-	3470 *	1.09 *	0.13 * (S)
Bon/Yr-	3410 *	1.03 *	0.19 * (S)
Jup 73-	3260	1.20	0.19 *
Buc "S"-	3210	1.04 *	0.21
Maya "S"-	3150	1.23	0.13
Testigo	3070	0.90 *	0.01 *
Mnv "S"	3050	1.13 *	0.24
CC//Kal-	2980	0.80 *	0.05 *
Límites de selección	3400	0.80-1.19	0-0.20

* Genotipos seleccionados en cada nivel independiente

(S) Genotipos seleccionados en los tres niveles

kg/ha para los β_i entre 0.80 a 1.19 y para las $S^2\delta_i$ entre 0 a 0.22. Para este método el mejorador puede fijar los límites según su criterio y experiencia. También se observó que algunas variedades que dejó fuera el método Tandem aquí se mantuvieron dentro de las elegidas, como el caso de la variedad Chivito 77.

En el Cuadro 13 se detallan los caracteres fenotípicos evaluados, la característica días a flor es muy importante, contribuye indirectamente al rendimiento, la floración varió entre 62 y 80 días con un promedio de 71 días y para madurez fisiológica hubo un rango de 129 días a 144, con un porcentaje de 132 días. Las variedades Maya-, CC//Kal/Sr-, Azteca 67- y Bon- fueron precoces, tuvieron de 129 a 134 días a la madurez, estas líneas tienen mecanismos de escapes para condiciones desfavorables. Las variedades ICTA SARA 82, Chivito 77, Chat "S"- y Buc "S"- maduraron entre los 141 y 144 días por lo que se les considera tardías y los genotipos intermedios fueron Mnv "S"- , Jup 73-, Kal- y el testigo.

La altura de los materiales estudiados varió entre 85 y 105 días con un promedio de 95 cm. Las variedades CC//Kal/Sr- y Mnv "S"- tuvieron 85 cm por lo que se consideran enanas. Las más altas fueron ICTA SARA 82 y Chivito 77, no hubo una variación muy amplia respecto a este carácter.

Respecto a las enfermedades, las variedades menos dañadas por *Fusarium sp.* fueron ICTA SARA 82, Chivito 77-,

Cuadro 13. Promedio de diferentes características agronómicas en trigo

Genotipos	Rendimiento (kg/ha)	Días a flor	Madurez fisiológica	Altura (cm)	Enfermedades			
					<i>Fusarium</i> (%)	<i>Septoria</i> (0-10) (%)	<i>P. redondita</i> (%)	
							<i>P. striiformis</i> (%)	
ICTA-SARA 82	4320	80	144	105	40	5	20	0
Chivito 77	3850	76	143	105	30	7	20	5
CC/Ka1/Sr-	2980	65	132	85	60	7	80	10
Chat "S"-	3830	79	142	100	40	7	05	0
Mnv "S"-	3050	73	140	85	80	6	20	60
Buc "S"-	3210	69	141	95	60	6	10	10
Azteca 67-	3670	69	134	100	60	7	30	5
Jup 73-	3260	71	135	95	80	6	10	20
Bon-	3410	69	134	90	60	4	20	0
Maya "S"-	3150	62	129	90	80	6	30	5
Ka1-	3470	65	138	95	50	4	05	5
Testigo	3070	67	139	95	70	7	60	0
Promedio	3439	71	138	95	95	6	26	10

Chat "S"- y Kal- y las más afectadas fueron Maya "S"-, Jup 73-, Mnv "S"- y el testigo; las otras o sean CC//Kal/Sr-, Buc "S"-, Azteca 67- y Bon-, se pueden considerar con susceptibilidad intermedia.

La *Septoria sp.* en más del 58 por ciento el área foliar afectada fue mínima, esto es con un grado máximo de seis en la escala de calificación. Los materiales dentro de este rango fueron ICTA SARA 82, Mnv "S"-, Buc "S"-, Jup 73-, Bon-, Maya "S" y Kal-.

En la situación de *Puccinia recondita*, se consideraron adecuados los genotipos con calificaciones menores o iguales al porcentaje promedio (26 por ciento), estuvieron dentro de este rango: ICTA SARA 82, Chivito 77, Chat "S", Mnv-, Buc "S"-, Jup 73-, Bon- y Kal-, los demás ya tienen afección que puede incidir económicamente en la producción. Y en el caso de *Puccinia striiformis* todos los materiales anduvieron dentro de límites aceptables, exceptuando la variedad Mnv "S"- que reportó un 60 por ciento de afección.

Las variedades menos afectadas por enfermedades fueron ICTA SARA 82 y Kal-, estuvieron dentro de rangos aceptables de baja susceptibilidad de las cuatro enfermedades calificadas y, dentro de estos dos genotipos destaca Kal- por ser la más precoz y por haberse mantenido dentro de las seis más altas rendidoras.

Los genotipos Chivito 77 y Chat "S"- también presentaron alto grado de sanidad y fueron afectadas únicamente por *Septoria sp.*

Las correlaciones simples fenotípicas entre diferentes características agronómicas se presentan en el Cuadro 14. existieron correlaciones positivas y significativas al cinco por ciento de probabilidad entre rendimiento con días a floración ($r = 0.75$) y entre rendimiento con altura de planta ($r = 0.86$). Entre el mismo rendimiento y *Fusarium sp.* se encontró asociación negativa y significativa. Por los resultados se establece que la altura de planta favorece un mayor rendimiento mientras que a mayor incidencia de *Fusarium sp.* se puede esperar una reducción del mismo.

También se encontró correlación significativa y negativa entre altura de planta con la afección por *Fusarium sp.* lo cual se interpretaría como una reducción de la altura de la planta al presentarse la enfermedad.

Cuadro 14. Correlaciones entre diferentes características fenotípicas

	Días a flor	Madurez fisiológica	Altura	<i>Fusarium</i>	<i>Septoria</i>	<i>P. recondita</i>	<i>P. striformis</i>
Rendimiento	0.75*	0.57	0.86*	-0.78*	-0.13	-0.45	-0.42
Días a flor		0.80*	0.63	-0.59	0.11	-0.43	0.05
Madurez fisiológica			0.61	-0.62	0.03	-0.41	0.05
Altura				-0.72*	0.12	-0.40	-0.52
<i>Fusarium</i>					0.00	0.22	0.52
<i>Septoria</i>						0.44	0.05
<i>P. recondita</i>							-0.09

* Significancia al 0.05% de probabilidad

DISCUSION

En esta investigación se evaluaron 12 variedades a través de siete localidades en ambientes contrastantes, respecto a suelo, topografía, temperatura, precipitación pluvial, etc. La distribución de lluvias difirió en los sitios experimentales, el ciclo de cultivo se desarrolló bajo condiciones de temporal y la precipitación pluvial media anual osciló entre 1050 mm en los valles y 1324 mm en las partes altas o montañosas.

El estudio de parámetros de estabilidad es uno de los mejores métodos para identificar variedades resistentes a condiciones temporales y que usan el criterio de genética cuantitativa.

Los coeficientes de variación de los ensayos individuales (Cuadro 6) oscilaron entre 14.16 por ciento a 19.23 por ciento, lo cual se encuentra dentro de márgenes permisibles para considerar la información altamente confiable.

Un requisito para efectuar el análisis de estabilidad consiste en tener una adecuada distribución de los ambientes (Ij), en este trabajo se tuvieron 43 por ciento de favorables y 57 por ciento de desfavorables; ello permitió la expresión de los materiales en diferentes medios.

Al efectuar el análisis de varianza para los siete ambientes en forma combinada (Cuadro 5) existió significancia estadística tanto para variedades como para la interacción variedades x ambientes lineales, con estos resultados se cumplió con otro requisito para efectuar el análisis de estabilidad.

Los parámetros de estabilidad, según la metodología de Eberhart y Russell (1966) permiten obtener la información necesaria para clasificar las variedades según su grado de estabilidad y para efectuar la selección y tratar de explicar los efectos genéticos resultantes.

La sensibilidad al ambiente (Cuadro 9) casi no existió en los materiales, la excepción fue el genotipo Mnv "S" que tuvo una desviación de regresión mayor a cero y los otros once genotipos demostraron consistencia que puede ser un indicio que los materiales indeseables han sido eliminados a través de las diferentes generaciones de selección.

El 58 por ciento de los materiales fueron estables y los más altos rendidores dentro de ellos fueron ICTA SARA 82, Chat "S", Az 67- y Kal/Bb-. También fue notorio que el material usado como testigo dio una respuesta lógica al tener coeficiente de regresión igual a la unidad pero de comportamiento impredecible por tener desviaciones de regresión diferentes de cero. Si se toma en cuenta que cada agricultor aportó su semilla tradicional en cada caso, es algo normal esperar que exista adaptación específica sin

los sitios del universo de estudio.

Según los resultados obtenidos referentes a que la mayoría de materiales tuvieron desviaciones de regresión iguales a cero, Eberhart y Russell (1969) mencionan en este sentido que las desviaciones son las que más aportan a la condición de adaptabilidad, y de acuerdo a Carballo y Márquez (1970) los mejores genotipos son los que no interactúan con el ambiente y preferencialmente si son altos rendidores.

Márquez, Ramírez y Córdova (1983) también definen que las variedades de bajo rendimiento, tendrían la tendencia a rendir menos que las de alto rendimiento en ambientes favorables y más que las altas rendidoras en ambientes desfavorables, de donde no es recomendable usar las de bajo rendimiento porque se desaprovecha el potencial de productividad de los buenos ambientes.

Briggs y Knowles (1967) indicaron que las variedades superiores son el resultado de una combinación de genes que coopera con fluctuaciones del ambiente y produce rendimientos estables, o sea que las variedades ICTA SARA 82, Chat "S", Az 67 y Kal/Bb-, tienen adaptación general lo que significa que tienen habilidades para rendir mejor en un rango de amplias fluctuaciones en el ambiente. Actualmente los fitomejoradores en el programa de trigo investigan como objetivo principal, la identificación de variedades con amplia adaptación con base en los rendimientos. Estas

variedades tienen habilidad de modificar su genotipo en diferentes ambientes y producen rendimientos apreciables en lugares como las probadas en este trabajo.

Las correlaciones fueron positivas y con alta significancia para la media respecto a los coeficientes de regresión ($r = 0.98$), para la media versus las desviaciones de regresión ($r = 0.79$) y para los coeficientes respecto a las desviaciones ($r = 0.84$) de donde se establece la actuación asociada de estos parámetros en la expresión del rendimiento, lo cual podría ser indicio de la actuación de sistemas genéticos comunes para los materiales evaluados y bajo las condiciones imperantes el año de la experimentación.

Visto de otra manera, al existir correlación entre la media, los coeficientes y las desviaciones de regresión, no funcionan sistemas genéticos independientes y, la selección se torna más difícil para estos caracteres si se quiere hacer para cada uno de ellos en forma aislada. Por ejemplo, al existir correlación positiva entre la media y los coeficientes de regresión, propicia que al seleccionar para medias de rendimiento altas, se estará seleccionando para coeficientes altos y ellos responderán únicamente en ambientes favorables.

Carballo y Márquez (1970), Córdova y Márquez (1975) y Ozaeta (1980) encontraron correlación entre la media de rendimiento y los coeficientes de regresión pero no encontraron para la media y las desviaciones de regresión.

Dávila (1978) trabajó parámetros de estabilidad con maíz y encontró correlación entre la media y los coeficientes de regresión ($r = 0.99$) y entre la media y las desviaciones de regresión ($r = 0.66$). También Carballo y Márquez (1970) encontraron correlación significativa y negativa entre coeficientes y desviaciones de regresión en variedades temporales de maíz.

Respecto a los métodos de selección de los materiales usados en este estudio, al considerar únicamente la media de rendimiento mediante la prueba de rangos múltiples, se estableció la superioridad de los genotipos ICTA SARA 82, Chivito, Chat "S", Az 67-, Kal-, Bon- y Jup 73 (Cuadro 8). Estos son los materiales más importantes económicamente, pero tienen el inconveniente que los parámetros de estabilidad estuvieron correlacionados y al seleccionar únicamente por la media de rendimiento se dirigirla hacia poblaciones de materiales que se expresarían como buenos rendidores en ambientes ricos especialmente.

Al usar el método de selección "Tandem" (Cuadro 11) en el que se usa el promedio general de todos los materiales, en el presente caso 3,440 kg/ha, para aceptar o rechazar genotipos y dentro de estos primeramente clasificados, volver a seleccionar los estables ($\beta_i = 1$ y $S^2\delta_i = 0$) entonces se seleccionaron los materiales: ICTA SARA 82, Chat "S", Az 67- y Kal- que corresponden al 33 por ciento de entradas; fue evidente la eliminación de Chivito por no tener $\beta_i = 1$.

Con el método de niveles independientes de descarte (Cuadro 12) se fijan niveles para los parámetros media, β_i y $S^2\delta_i$, de acuerdo al criterio del mejorador basado en los requerimientos del tipo de variedad propio para su zona de trabajo, tanto de los agricultores como de las condiciones ambientales reinantes. Aparte de lo anterior, el criterio a seguir por el mejorador tiene bastante fundamento en la experiencia y conocimiento respecto a las características genéticas y, de heredabilidad de los materiales que se manejan. Los materiales promisorios con este método de selección fueron ICTA SARA, Chivito, Chat "S", Az 67-, Kal- y Bon/Yr-. En este caso se observa que nuevamente quedó dentro de la selección la variedad Chivito la cual como se dijo antes, puede ser recomendada para ciertas áreas de escasa fertilidad para las que puede resultar adecuada y es necesario remarcar que debió su clasificación a la amplitud que se permitió como límite de selección para los β_i .

CONCLUSIONES

- 1) Se expresó una amplia gama de variabilidad del carácter rendimiento en las variedades evaluadas a través de las diferentes localidades.
- 2) Se contó con una adecuada distribución de ambientes (Ij) entre ricos y pobres.
- 3) Fue posible identificar cuatro genotipos sobresalientes: ICTA SARA 82, Chat "S"- , Azteca 67- y Kal- que mantuvieron altos rendimientos a través de los diversos ambientes. Los cuatro materiales demostraron ser estables, sus coeficientes de regresión fueron iguales a la unidad y sus desviaciones de regresión iguales a cero.
- 4) Los testigos evidenciaron adaptación específica.
- 5) Se obtuvieron correlaciones positivas y altamente significativas entre la media de rendimiento y los coeficientes de regresión, la media y las desviaciones y entre los coeficientes y las desviaciones de regresión.
- 6) Las correlaciones fenotípicas determinaron asociación entre rendimientos con las variables

días a flor y altura de planta. Estos caracteres se pueden utilizar indirectamente para seleccionar poblaciones altas rendidoras.

- 7) Se considera que la metodología de parámetros de estabilidad es una magnífica herramienta para clasificar variedades adecuadas para el área estudiada bajo las condiciones prevalecientes del ambiente durante el año de la experimentación.
- 8) Dentro del sistema de mejoramiento es recomendable continuar las evaluaciones de los genotipos seleccionados, por medio de parcelas de prueba, con la finalidad de llegar a liberar variedades para uso comercial.

RESUMEN

Se evaluaron 12 genotipos de trigo harinero con amplia gama de variabilidad con respecto a sus características agronómicas, a través de siete localidades: San Rafael, San Antonio y Sigüilá del Valle de Quetzaltenango y Paconché, Esquipulas Palo Gordo, Comitancillo y Río Blanco en el Valle y partes altas de San Marcos, en el altiplano occidental de Guatemala.

Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones en cada localidad con el objetivo de clasificar variedades de adaptación general y específica mediante la utilización del método de parámetros de estabilidad y, de esta manera poder estudiar las correlaciones entre las diferentes variables. Se pudo captar una adecuada distribución de ambientes (Ij) porque existieron 43 por ciento de ambientes ricos (localidades de San Rafael, San Antonio y Río Blanco) y 57 por ciento de ambientes pobres (Sigüilá, Paconché, Esquipulas Palo Gordo y Comitancillo).

En el análisis de varianza combinado para las siete localidades se obtuvo un coeficiente de variación de 13.95 por ciento, lo cual evidencia una alta confiabilidad de la información analizada. Y existió alta significancia para genotipos y para la interacción genotipos x ambientes, lo

que justificó plenamente el uso de la metodología de parámetros de estabilidad.

Los rendimientos estuvieron entre 2090 y 5310 kg/ha con 60.75 por ciento de variación, al considerar simultáneamente todos los ambientes y variedades; lo cual indica la existencia de amplia gama de variabilidad para los genotipos evaluados y, la captación de una considerable magnitud de expresión de los ambientes.

Dentro de los genotipos en estudio, llegaron a destacar por sus altos rendimientos, coeficientes de regresión igual a la unidad y desviaciones iguales a cero: ICTA SARA 82, Chat "S", Azteca 67- y Kal-, por lo tanto el programa de mejoramiento puede considerarlas para efectuar parcelas de prueba en un mayor número de ambientes con la finalidad de llegar a liberarlas como futuras variedades comerciales. Los testigos empleados demostraron una adaptación estrecha.

Se obtuvieron correlaciones positivas y altamente significativas entre las relaciones de los parámetros: se asoció la media de rendimiento con los coeficientes de regresión ($r = 0.98$), con las desviaciones ($r = 0.79$) y también hubo correlación entre los coeficientes y las desviaciones de regresión ($r = 0.84$).

LITERATURA CITADA

- Allard, R.W., and A.D. Bradshaw. 1964. Implications of Genotipe-Enviromental Interactions in Applied Plant Breeding. *Crop. Sci.* 4:503-508. United States of America.
- Briggs, F.N., and P.F. Knowles. 1967. Introduction to Plant Breeding. Reinhold Publishing Corporation. United States of America. 426 p.
- Busch, R.H., J. Hammond, and R.C. Frohberg. 1975. Stability and the Performance of Hart Red Spring Wheat Bulks for Grain Yield. *Crop. Sci.* 16:256-259. United States of America.
- Carballo C., A. 1970. Comparación de Variedades de Maíz de El Bajío y la Mesa Central por su Rendimiento y Estabilidad. Tesis. Maestría. Colegio de Postgradua - dos. Chapingo, México. 88 p.
- Chávez C., J. 1977. Estabilidad del Rendimiento de Avena (*Avena sativa* L.) en Agrupamientos Ambientales. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 65 p.
- Córdova, H.S. 1975. Efecto del Número de Líneas Endogámicas sobre el Rendimiento y la Estabilidad de las Líneas Sintéticas Derivadas del Maíz (*Zea mays* L.). Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 117 p.
- Dávila, F.A. 1978. Utilización de los Parámetros de Estabilidad para Evaluar el Comportamiento de Variedades Criollas de Maíz (*Zea mays* L.) en el Departamento de Chimaltenango. Tesis. Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. 49 p.
- Eagles, H.A., and J. Frey. 1976. Repeatability of the Stability-variance Parameter in Oats. *Crop. Sci.* 17:253-256. United States of America.
- _____ and P.N. Hinz, and J. Frey. 1976. Selection of Superior Cultivars of Oats by Using Regression Coefficients. *Crop. Sci.* 17:101-105. United States

- Eberhart, S.A., and W.A. Russell. 1966. Stability Parameters for Comparing Varieties. *Crop. Sci.* 6:36-40. United States of America.
- _____. 1969. Yield and Stability for a 10 Line Diallel of Single-Cross and Double Cross Maize Hybrids. *Crop. Sci.* 9:357-360. United States of America.
- Falconer, D.S. 1980. *Introducción a la Genética Cuantitativa*. C.E.C.S.A. México. 430 p.
- Finlay, K.W., and G.N. Wilkinson. 1963. The Analysis of Adaptation in a Plant-Breeding Programme. *Aust. J. Agr. Rev.* 14:742-754. Australia.
- Flores G., F. 1985. Estabilidad del Rendimiento de Clones Experimentales de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en diferentes Areas Productoras de México. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila. México.
- Fripp, Y.J. and C.E. Caten. 1973. Genotype Environmental Interactions in *Schizophyllum commune* III. The Relationship Between Mean Expression and Sensitivity to Change in Environment. *Heredity.* 30:341-349. United States of America.
- Ghaderi, A., E.H. Everson, and C.E. Cress. 1980. Classification of Environments and Genotypes in Wheat. 20: 707-710. United States of America.
- Hill, J. 1975. Genotype-environment Interactions a Challenge for Plant Breeding. *J. Agri. Sci., Camb.* 85:477-493. Great Britain.
- Holdridge, L.R. 1959. Mapa Ecológico de Guatemala. *Materiales de Enseñanza en Café y Cacao*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Guatemala. 16.
- Jowett, D. 1972. Yield Stability Parameters for *Sorghum* in West Africa. *Crop. Sci.* 12:314-317. United States of America.
- Lerner, I.M. 1954. *Genetics Homeostasis*. Oliver & Boyd. Edimburg, Great Britain. 409 p.
- Little, T.M., and J.F. Hills. 1976. *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura*. Ed. Trillas. México. 270 p.

- Márquez S., F. 1973. Relationship Between Genotype Environmental Interaction and Stability Parameters. *Crop. Sci.* 13:577-579. United States of America.
- _____. 1976. El Problema de la Interacción Genético-Ambiental en Genotecnia Vegetal. Patena. Chapingo, México. 113 p.
- _____. P. Ramírez y H. Córdova. 1983. Variedades Sintéticas de Maíz. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. 70 p.
- Mier, R. 1984. Estabilidad en Rendimiento de Frijol *Phaseolus vulgaris* L. en la Zona Templada Húmeda de México. *Agricultura Técnica de México.* 10(2):133-151. México.
- Ozaeta M., M.R. 1980. Selección de Variedades de Maíz por Rendimiento Medio y Parámetros de Estabilidad. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila. México. 90 p.
- Palomo G., A. y J. Molina G. 1975. Estabilidad del Rendimiento en Variedades del Algodonero (*G. hirsutum*, L.) para la Comarca Lagunera. *Agrociencia.* 21:67-76. Chapingo, México.
- _____. y J. Molina G. 1975. Interacción Genotipo Medio Ambiente en Algodonero (*G. hirsutum* L.) para la Comarca Lagunera. *Agrociencia.* 21:145-153. México.
- Perkins, J.M., and J.L. Jinks. 1968. Environmental and Genotype Environmental Components of Variability. IV. Non Linear Interactions for Multiple Inbred Lines. *Heredity.* 23:339-356. United States of America.
- Rajaran, S., Ch.E. Mann, G. Ortiz-Ferrara, and A. Mujeb-Kazi. 1983. Adaptation, Stability and High Yield Potential of Certain 1B/1R CIMMYT Wheats. Proc. 6th International Wheat Genetics. Symposium. Kyoto, Japan.
- Rasmusson, D.C. 1968. Yield and Stability of Yield of Barley Populations. *Crop. Sci.* 8:600-602. United States of America.
- Wright, A.J. 1976. The Significance Breeding of Lineal Regression Analysis of Genotype-environment Interactions. *Heredity.* 37(1):83-93. United States of America.

APENDICE A

ANALISIS DE VARIANZA INDIVIDUALES PARA 12 GENOTIPOS
DE TRIGO EN 7 LOCALIDADES

Ambientes	Fuentes de variación	g.l.	C.M.	F
1	Repeticiones	3	0.09	
	Tratamientos	11	1.38	3.04*
	Error	33	0.45	
2	Repeticiones	3	0.28	
	Tratamientos	11	1.48	1.82
	Error	33	0.81	
3	Repeticiones	3	0.39	
	Tratamientos	11	1.25	8.26*
	Error	33	0.15	
4	Repeticiones	3	0.90	
	Tratamientos	11	1.12	4.50**
	Error	33	0.20	
5	Repeticiones	3	0.46	
	Tratamientos	11	0.92	8.36**
	Error	33	0.11	
6	Repeticiones	3	0.63	
	Tratamientos	11	3.34	20.86**
	Error	33	0.16	
7	Repeticiones	3	1.87	
	Tratamientos	11	0.85	1.53 N
	Error	33	0.57	

** Significativa al 0.05% de probabilidad

NS No significativa