

ESTABILIDAD FENOTIPICA DE COMPUESTOS VARIETALES DE MAICES DE CLIMA FRIO

Por: Gabriel Alvarado A.*
Manuel Torregroza C.**

1. INTRODUCCION

El maíz es una especie cultivada —del grupo de los cereales—, con un muy amplio rango de adaptación Ecológica. Las zonas productoras de este cereal en el mundo, se ubican entre 30 y 55 grados de latitud y entre 0 y 2.800 mts. de altitud.

En los años 1961 a 1977, los países en desarrollo incrementaron el área sembrada en 33%, la producción en 66% y la productividad en 24%. Su importancia en la alimentación humana es creciente y su demanda es cada vez mayor, lo que justifica la necesidad de investigar en el cultivo con el fin de incrementar sus rendimientos por unidad de área.

EBERHART et al (1967), han sugerido algunos sistemas de mejoramiento, donde se propone la formación de compuestos varietales, a través de diferentes métodos, entre los que se destacan la mezcla de variedades parentales, la mezcla de las F1 del cruce de dichas variedades, y la mezcla de los cruzamientos de las F1 de las variedades parentales seleccionadas.

Durante los años 1972, 1973 y 1973-1974, en los Centros de Investigación Tibaitatá, Surbatá y Obonuco, respectivamente, se evaluaron tres (3) métodos de formación de compuestos, en cuatro (4) compuestos varietales de maíces de clima frío, en tres (3) generaciones de síntesis (Alvarado y Torregroza —1984— En trámite para publicación).

Con la información obtenida, se adelantó el análisis de adaptabilidad de compuestos varietales y de variedades parentales en una serie de cinco (5) ambientes, según la metodología propuesta por EBERHART y RUSSELL (1966).

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Interpretación y Significado de la Interacción Genotipo X Ambiente

ALLARD (1960) explicando el papel del genotipo y del ambiente en la variación continua, representó la expresión del fenotipo así:

$$A = \mu + a + e + ae$$

* Profesor Asociado de dedicación exclusiva

** Profesor Asociado de cátedra

Donde: A = Rendimiento de la variedad
 μ = Promedio de la población
 a = Efecto del genotipo
 e = Efecto de ambiente
 ae = Interacción genotipo X ambiente

TORREGROZA (1978), define la interacción genotipo X ambiente, como la "falta de un genotipo al no responder similarmente cuando se le siembra en toda una serie de ambientes". Introduce el término de estabilidad, significando la capacidad de un genotipo para responder en forma similar en un conjunto de ambientes.

Trabajando en papa, PLAISTED (1960) propuso un sistema de evaluación de la estabilidad, consistente en el estudio del componente de varianza genotipo X ambiente (σ^2 va) computando tantos análisis combinados de varianza, como variedades haya, omitiendo el efecto de un tratamiento en cada caso, de tal manera que el ANAVA que presente el mayor valor de σ^2 va, permitirá saber cuál variedad aporta la menor interacción, que indicará la mayor estabilidad del tratamiento omitido.

Citando a PLAISTED y PETERSON (1959), VARELA y FRANCO (1974), señalan un segundo sistema para calcular la estabilidad, consistente en la realización de todas las posibles combinaciones de pares de tratamientos o variedades, calculando para ellas la componente de la interacción genotipo X ambiente y con los promedios de las componentes, definen estabilidad de cada variedad.

FINLAY y WILKINSON (1963) evaluando variedades de cebada, calcularon la línea de regresión entre el rendimiento y el promedio de los genotipos probados en diferentes ambientes, y así introdujeron dos (2) parámetros de estabilidad:

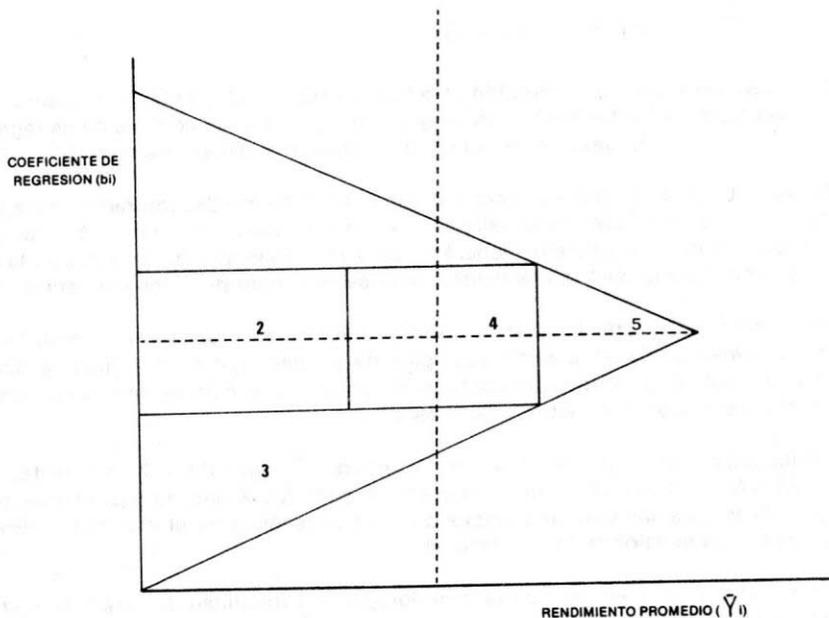
- El coeficiente de regresión que señala el comportamiento de una variedad a través de diferentes ambientes, y
- El promedio del rendimiento.

Concluyen que una variedad ideal, es aquella con un buen rendimiento potencial en ambientes desfavorables y una máxima estabilidad fenotípica, entendida como la indiferencia de un genotipo al cambio de ambiente.

Evaluando la adaptabilidad de variedades promisorias de trigo, VARELA y FRANCO (1974), aplicaron la metodología propuesta por FINLAY y WILKINSON (1963), zonificando en cinco (5) áreas, para la interpretación de la adaptabilidad varietal, así:

- Zona 1 = Adaptación a buenos ambientes
- Zona 2 = Desadaptación a todo ambiente
- Zona 3 = Adaptación a malos ambientes
- Zona 4 = Adaptación a ambientes promedios
- Zona 5 = Adaptación a todo ambiente

VARELA y FRANCO (1974), resumen la zonificación definida por los parámetros de estabilidad.



- Coeficiente de regresión y promedio de rendimiento - para la clasificación varietal, así:

Zona No.	Coeficiente de Regresión (bi)	RENDIMIENTO / HA		COMPORTAMIENTO SEGUN EL AMBIENTE		
		RANGO	PROMEDIO	bueno	regular	malo
1	1.0	Amplio	Menor y Mayor	Muy bueno	Regular	Malo
2	1.0	Estrecho	Menor	Malo	Malo	Malo
3	0 y 1.0	Amplio	Mayor y Menor	Malo	Regular	Bueno
4	1.0	Promedio	Igual	Regular	Regular	Regular
5	1.0	Estrecho	Mayor	Bueno	Bueno	Bueno

EBERHART y RUSSELL (1966), basados en la propuesta de regresión de FINLAY Y WILKINSON (1963), para evaluar híbridos triples de maíz, precisaron tres (3) parámetros de adaptabilidad fenotípica, así:

- Coeficiente de regresión entre el rendimiento promedio de cada variedad (β_i)
- Promedio de rendimiento (μ_i), y
- Desviación de la regresión ($\hat{\delta}_i$)

Además emplearon el índice ambiental, (I_j) del modelo de EBERHART y RUSSELL (1966), que es el siguiente:

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

De acuerdo con el modelo definido, una buena adaptabilidad se obtiene cuando una variedad presenta un promedio de rendimiento mayor que el general, un coeficiente de regresión igual a uno ($\beta_i = 1,0$) y los desvíos de la regresión iguales o cercanos a cero ($S^2_{di} = 0$).

COMSTOCK y MOLL (1963) concluyen, que si el propósito del programa de mejoramiento es el desarrollo de variedades de altos rendimientos y amplia adaptación ambiental, el valor de la interacción genotipo X ambiente deberá ser bajo y precisan que incrementos en la magnitud de tal interacción disminuirá la efectividad de la selección de genotipos superiores.

MARTINEZ et. al. (1970), citan a WRIKE (1960) quien propuso el término "Ecovalencia", como una medida de adaptación ecológica de un genotipo en el ambiente donde se está evaluando. Así, el genotipo que contribuye con un valor bajo de la interacción genotipo X ambiente, genera un valor alto de ecovalencia.

Estudiando las implicaciones de la interacción genotipo X ambiente, ALLARD y BRADSHAW (1954), indican que la interacción genotipo X año, refleja valores generalmente inexplicables, además que, una amplia diversidad genética en el material evaluado induce a reducciones en el valor de tal interacción.

JOPPA et al (1971), empleando la metodología de estabilidad de parámetros propuesta por EBERHART y RUSSELL (1966), consideraron la desviación sobre la regresión como medida de la interacción variedad X ambiente. Al respecto, concluyeron que cada variedad tiene su propio valor de regresión y de desviación de la regresión. Propusieron el término de interacción específica —variedad X ambiente— cuando ocurre una causa específica, tal como un ataque de patógenos.

Aplicando la metodología de estabilidad de parámetros formulada por EBERHART y RUSSELL (1966), MARTINEZ et al (1970), en poblaciones de maíz Cundinamarca 365 y Ecuador 466, y en generaciones F₁, F₂ y F₄, destacan por su estabilidad la variable número de mazorcas/planta y la generación F₁ como la de mejor adaptabilidad.

MARECK y GARDNER (1979) evaluando la efectividad de la selección masal en poblaciones de maíz, en condiciones de cinco (5) localidades y tres (3) años de diferentes, encontraron que las poblaciones obtenidas por ese sistema de selección, interactuaban diferencialmente con los ambientes probados. Observaron una mayor efectividad de la selección masal, cuando las poblaciones de maíz se evalúan en ambientes favorables frente a ambientes desfavorables.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Siguiendo la metodología formulada por EBERHART et al (1967), el programa de maíz y sorgo del Instituto Colombiano Agropecuario, aplicó los siguientes métodos de la formación de compuestos varietales de maíz:

Método 1 = Mezcla de semilla de variedades parentales.

Método 2 = Semillas de las generaciones F₁ de los cruces varietales

Método 3 = Semillas híbridas resultantes del cruzamiento de las F₁ de cuatro (4) variedades con cada uno de los tres (3) métodos.

Fueron evaluados (4) compuestos varietales, así:

Compuesto I = Ecuador 410, Ecuador 466 y Ecuador 559.

Compuesto II = ROCAMEX V7I sin 3 (2MI), Harinoso Mosquera I sin 8 (2 MV II) y Boyacá 371.

Compuesto III = Ecuador 410, Ecuador 466, Ecuador 559 y Boyacá 371.

Compuesto IV = Ecuador 418, Ecuador 559 y Ecuador 609.

Para evaluar su estabilidad fenotípica, se adelantó una serie de cinco (5) experimentos, así:

AÑO	LOCALIDAD	DISEÑO EXPTAL.	No. DE REPLICACIONES	TAMAÑO PARCELA MT2.
1972	TABAITATA	LATTICE 7 X 7	4	2 X 10
1973 - 1 ^{1/}	TABAITATA	LATTICE 7 X 7	4	2 X 10
1973 - 2 ^{2/}	TABAITATA	LATTICE 7 X 7	4	2 X 10
1973	SURBATA	LATTICE 7 X 7	4	2 X 10
1973-74	OBONUCO	LATTICE 7 X 7	4	2 X 10

La tabla 1, presenta la genealogía de las variedades comerciales, compuestos varietales y testigos, evaluados en la serie de 5 experimentos.

1/ Primera siembra

2/ Segunda siembra

TABLA 1. Número y Genealogía de variedades comerciales, compuestos varietales y testigos, evaluados en Tibatitátá, Surbatá y Obonuco. Años 1972, 1973 y 1973-74.

No. VARIEDAD

GENEALOGIA

1. Mezcla variedad parental Comp. I Sin 1
2. Mezcla variedad parental Comp. II - Sin 1
3. Mezcla variedad parental Comp. III - Sin 1
4. Mezcla variedad parental Comp. IV - Sin 1
5. Mezcla F₁ Comp. I - Sin 1
6. Mezcla F₁ Comp. II - Sin 1
7. Mezcla F₁ Comp. III - Sin 1
8. Mezcla F₁ Comp. IV - Sin 1
9. Mezcla H. D. Comp. I - Sin 1
10. Mezcla H. D. Comp. II - Sin 1
11. Mezcla H. D. Comp. III - Sin 1
12. Mezcla H. D. Comp. IV - Sin 1
13. Mezcla variedad parental Comp. I - Sin 2
14. Mezcla variedad parental Comp. II - Sin 2
15. Mezcla variedad parental Comp. III - Sin 2
16. Mezcla variedad parental Comp. IV - Sin 2
17. Mezcla F₁ Comp. I - Sin 2
18. Mezcla F₁ Comp. II - Sin 2

Continuación Tabla 1

No. VARIEDAD	GENEALOGIA
19.	Mezcla F ₁ Comp. III - Sin 2
20.	Mezcla F ₁ Comp. IV - Sin 2
21.	Mezcla H. D. Comp. I - Sin 2
22.	Mezcla H. D. Comp. II - Sin 2
23.	Mezcla H. D. Comp. III - Sin 2
24.	Mezcla H. D. Comp. IV - Sin 2
25.	Mezcla variedad parental Comp. I - Sin 3
26.	Mezcla variedad parental Comp. II - Sin 3
27.	Mezcla variedad parental Comp. III - Sin 3
28.	Mezcla variedad parental Comp. IV - Sin 3
29.	Mezcla F ₁ Comp. I - Sin 3
30.	Mezcla F ₁ Comp. II - Sin 3
31.	Mezcla F ₁ Comp. III - Sin 3
32.	Mezcla F ₁ Comp. IV - Sin 3
33.	Mezcla H. D. Comp. I - Sin 3
34.	Mezcla H. D. Comp. II - Sin 3
35.	Mezcla H. D. Comp. III - Sin 3
36.	Mezcla H. D. Comp. IV - Sin 3
*37.	Ecu. 410 - 10 [#]
*38.	Ecu. 466 L. P. - 4 [#]
*39.	Ecu. 559 - 7 [#]
*40.	Roc. V. 7 I Sin 3 (2MI) [#]
*41.	Hso. Mosq. I Sin 8 (2MVII)
*42.	Diacol V. 551
*43.	Ecu. 418 - 5 [#]
*44.	Ecu. 609 - 7 [#]
**45.	Hso. Mosq. I Sin 11 (2MX) ICA V. 504
**46.	Hso. Mosq. I Sin 10 (2MX) x Chill. L. P.
**47.	(MIP. E. 573 x B.R.)S5 x R. V7 I Sin 3 (2MI) [#]
**48.	Diacol H. 501
**49.	ICA V. 553.

- * Variedades Parentales
 ** Testigos

En todos los experimentos, se siguieron las prácticas culturales recomendadas por el programa de maíz y sorgo del ICA.

Los caracteres agronómicos considerados fueron: población de plantas/parcela, rendimiento/parcela y porcentaje de humedad de los granos en la cosecha. El rendimiento/parcela fue corregido por población y por humedad.

3.2. Análisis estadístico para la evaluación de la adaptabilidad de las poblaciones estudiadas.

1. Estadísticas descriptivas por tratamiento y ambiente
2. Cálculo de parámetros de estabilidad por tratamiento

Con el empleo del sistema de análisis estadístico, SAS, fue computada la información correspondiente, a partir del modelo LATTICE simple 7×7 , con 4 replicaciones, para la variable rendimiento/parcela. Igualmente, fueron calculados los parámetros de estabilidad, según modelos propuestos por FINLAY y WILKINSON (1963) y EBERHART y RUSSELL (1966).

El análisis de la información, se efectuó en un computador electrónico IBM., sistema 360, con el uso del paquete SAS, con la programación de la Oficina Central de Biometría y Estadística del CNT Tibaitatá del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA.

Con la información obtenida en los análisis de varianza, fue computado el análisis combinado de varianza, según la metodología propuesta por COCHRAN y COX (1965), involucrado en el paquete SAS, para una serie de experimentos.

El modelo estadístico es el siguiente:

$$\text{donde: } Y_{ijk} = \mu + A_j + V_i + VA_{ij} + R_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

- Y_{ijk} = Rendimiento/parcela de la variedad i en el ambiente j y replicación
 μ = Rendimiento promedio general.
 V_i = Efecto del genotipo i .
 A_j = Efecto del ambiente j .
 VA_{ij} = Efecto de la interacción del ambiente j con el genotipo i de la variedad i .
 ϵ_{ijk} = Error experimental de la parcela

El modelo de los parámetros de estabilidad, según EBERHART y RUSSELL (1966), es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_{ij} + \beta_{ij} + S_{ij}$$

- Con $i = 1, 2, \dots, v$
 $j = 1, 2, \dots, n$

- Donde: Y_{ij} = Promedio de producción/parcela de la variedad i en el ambiente j .
 μ_i = Promedio de la variedad i en todos los ambientes
 β_i = Coeficiente de regresión de la variedad i a través de todos los ambientes.
 \hat{S}_{ij} = Desviación de la variedad i respecto a su línea de regresión en el ambiente j .
 I_j = Índice ambiental. Computado como el promedio de todas las variedades en el ambiente j menos el promedio general empleado para calcular i .

Los parámetros ideales para la adaptabilidad de las variedades, son:

- Parámetro del promedio, cuando μ_i es mayor que el promedio general.
- Parámetro de la regresión. Si, $b_i = 1.0$, existirá una relación creciente y constante entre el ambiente en que está la variedad y su rendimiento/parcela.
- Parámetro de la desviación de la regresión. Si, $S^2_{di} = 0.0$, la variedad a través de todos los ambientes se ajustará a la línea de regresión —adaptabilidad absoluta—.

La estimación de los parámetros resulta de la siguiente fórmula:

$$Y_{ij} = \bar{x}_i + b_{ij} + S^2_{di}$$

Así: $\bar{x}_i = \frac{\sum_j Y_{ij}}{\eta}$, estima el parámetro del promedio

$b_i = \frac{\sum_j Y_{ij}^2}{\sum_j i^2_j}$, estima el parámetro de la regresión

$S^2_{di} = \frac{\sum_j \hat{S}^2_{ij}}{(\eta - 2)}$ — $\frac{S^2_{\epsilon}}{\gamma}$, estima el parámetro de la desviación de la regresión.

$i_j = \frac{\sum_j Y_{ij}}{v} - \frac{\sum_{ij} Y_{ij}}{v \eta}$, es el índice ambiental.

donde:

S^2_{di} = Varianza del error combinado

γ = Número de aplicaciones

η = Número de observaciones

$$\sum_j S^2_{ij} = \sum_j Y^2_{ij} - \frac{Y_i}{\eta} - \frac{\left(\sum_j Y_{ij}\right)^2}{\sum i^2_j}$$

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Con las observaciones de campo de la variable rendimiento, fueron computados los correspondientes análisis de varianza individuales para cada un de los cinco ambientes señalados. En todos los casos se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos.

Computando el análisis de varianza combinado, como puede verse en la tabla 2, se presentarán diferencias altamente significativas entre tratamientos, entre ambientes y el valor de la interacción genotipo X ambiente.

4.2. Análisis de adaptabilidad de compuestos varietales y de variedades de maíz.

4.2.1. Rendimiento promedio frente al coeficiente de regresión.

Del ANAVA combinado que se presenta en la TABLA 2, puede concluirse que los compuestos varietales y variedades probadas presentaron un comportamiento del rendimiento y de su adaptación, diferente entre sí. La alta significancia encontrada entre ambientes, claramente señala una variada condición climática en los mismos.

En tanto, que la significación estadística de la interacción tratamientos X ambientes, señala un comportamiento diferencial de los genotipos en los diferentes ambientes donde fueron probados y evaluados.

TABLA 2. Análisis de varianza combinado, para la variable rendimiento/parcela, en la evaluación de compuestos varietales de maíz. Tibaitatá, Surbatá y Obonuco. 1972, 1973 y 1973-74.

FUENTES DE VARIACION	G. L.	C. M.	Fc
Replicaciones	15	33,720**	8,18
Tratamientos	48	57,801**	14,02
Ambientes	4	2.016,076**	488,86
Tratam. X Ambiente	191	8,404**	3,04
Error	717	4,124	
TOTAL			

La TABLA 3, presenta los índices ambientales, los promedios de rendimiento y los coeficientes de variación obtenidos para los cinco ambientes estudiados.

TABLA 3. Índices ambientales, rendimientos promedios y coeficientes de variación para los cinco ambientes estudiados.

No.	LOCALIDAD	INDICE AMBIENTAL	RENDIMIENTO PROMEDIO-kg/parcela	COEFICIENTE de variación (%)
5	Obonuco-80	-4,5232	7,220	21,05
1	Tibaitatá-72	-1,8824	9,861	23,29
2	Tibaitatá-73-1 ^{1/}	0,8919	12,635	19,74
3	Tibaitatá-73-2 ^{2/}	1,6938	13,437	28,81
4	Surbatá -73	3,7276	15,471	21,90

La tabla 4, presenta los rendimientos promedios a los parámetros de estabilidad, correspondientes a los 49 genotipos de compuestos varietales y variedades del de maíz en evacuación, descritos en la TABLA 1.

Considerando la TABLA 4, puede verse que las variedades números 5, 23, 30, 35, 38, 40 y 44, muestran un coeficiente de regresión (b i) estadísticamente diferente de 1.0, esto señala que los 41 genotipos restantes, o sea el 83,67%, manifiestan un buen índice de adaptabilidad.

Según la zonificación propuesta por FINLAY y WILKINSON (1963) y considerando conjuntamente los parámetros del promedio y de la regresión, los diferentes genotipos se catalogan como lo muestra la FIGURA 1, de la siguiente manera:

Zona 1. Específicas para buenos ambientes: las variedades con coeficientes de regresión más alto. Conforman este grupo las variedades números 7, 35, 38 y La 46, representando el 8,16% del total probado.

** Significativo al nivel del 1% de probabilidad.

^{1/} Primera siembra
^{2/} Segunda siembra

Zona 2. Desadaptación a todo ambiente (pobre adaptación): Las variedades números 5, 33 y 37, representando el 6,12% de los genotipos evaluados.

Zona 3. Específicas para malos ambientes. Representadas por aquellas variedades con coeficientes de regresión más bajos. Se ubican aquí las variedades números 39, 40, 43 y 44. Todas las variedades aquí ubicadas son variedades parentales de los compuestos y representan el 8,16% de los genotipos probados.

Zona 4. Adaptación a ambientes promedios (Adaptación promedia). En esta zona se localizan todas las variedades cuyo coeficiente de regresión es muy próximo a 1.0. Integran este grupo las variedades números 1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 21, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 36 y 42. Representa este grupo de variedades el 59,18% del total evaluado.

Zona 5. Adaptación buena. Las variedades números 2, 14, 15, 22, 41, 45, 47, 48 y 49. Representan el 18,37% de los genotipos evaluados.

TABLA 4. Rendimientos promedios y parámetros de estabilidad de 49 compuestos y variedades de maíz.

VARIEDAD No.	RENDIMIENTO PROMEDIO (Yi) Kg/PARCELA	% VS PROMEDIO GENERAL.	COEFICIENTE DE REGRESION (bi)	DESVIACIONES DE LA REGRESION (S ² di)
1	11,96	1,85	0,96354	1,0325
2	14,47	23,22	1,11869	1,3964
3	12,52	6,62	1,02596	0,0096
4	11,65	- 0,79	1,16743	0,3132
5	10,07	-14,25	0,83016*	0,1994
6	11,58	- 1,39	0,78264	0,6509
7	12,35	5,17	1,32523	1,3903
8	12,25	4,32	1,03055	3,1285
9	10,82	- 7,86	1,04611	1,0247
10	11,59	- 1,30	0,80456	2,9353
11	12,44	5,94	1,03633	1,6586
12	10,79	- 8,12	0,85761	0,7528
13	11,42	- 2,75	0,95025	0,1239
14	13,68	16,49	1,08551	0,6143
15	12,85	9,43	1,16726**	0,1454
16	11,47	- 2,32	1,09832	1,6503
17	11,65	- 0,79	0,90725	5,4974
18	12,56	6,96	1,04799	0,8774

* Significativo al 5% de Probabilidad

** Significativo al 1% de probabilidad.

Continuación Tabla 4

VARIEDAD No.	RENDIMIENTO PROMEDIO (YI) Kg/PARCELA	% VS PROMEDIO GENERAL	COEFICIENTE DE REGRESION (bl)	DESVIACION DE LA REGRESION) (S ² dl)
19	10,97	- 6,58	0,83482	7,3300
20	11,51	- 1,98	0,98670	0,2612
21	11,03	- 6,07	1,05767	0,558
22	13,05	10,96	1,14832	6,2484
23	12,31	4,83	1,24259**	0,1116
24	10,85	- 7,60	0,94899	1,5059
25	12,18	3,72	0,83303	0,6974
26	12,58	7,13	1,06496	9,7032
27	11,93	1,59	0,99952	0,2914
28	11,38	- 3,09	1,13675	1,9409
29	10,82	- 7,86	1,17306	2,6941
30	11,73	- 0,11	1,18499*	0,2402
31	11,19	- 4,71	0,97443	0,1899
32	11,15	- 5,05	1,09216	0,1711
33	9,07	-22,76	0,98986	7,7509
34	10,86	- 7,52	0,87182	0,3238
35	12,57	7,04	1,33093*	1,0967
36	11,19	- 4,71	1,01128	0,8567
37	10,16	-13,48	0,81307	2,5885
38	12,03	- 2,44	1,66738**	0,8101
39	9,10	-22,51	0,71031	1,8085
40	6,23	-46,95	-0,29102**	1,7642
41	13,67	16,41	1,05957	1,7257
42	11,34	- 3,43	0,91304	0,7117
43	9,61	-18,16	0,57716	4,0897
44	8,25	-29,76	0,67909*	0,9803
45	14,80	26,03	0,94212	0,5223
46	16,02	36,42	1,25606	1,7484
47	14,40	22,63	1,17907	2,3222
48	14,19	20,84	1,24357	4,5891
49	13,45	14,54	1,15020	2,2826

* Significativo al 5% de probabilidad

** Significativa al 1% de probabilidad.

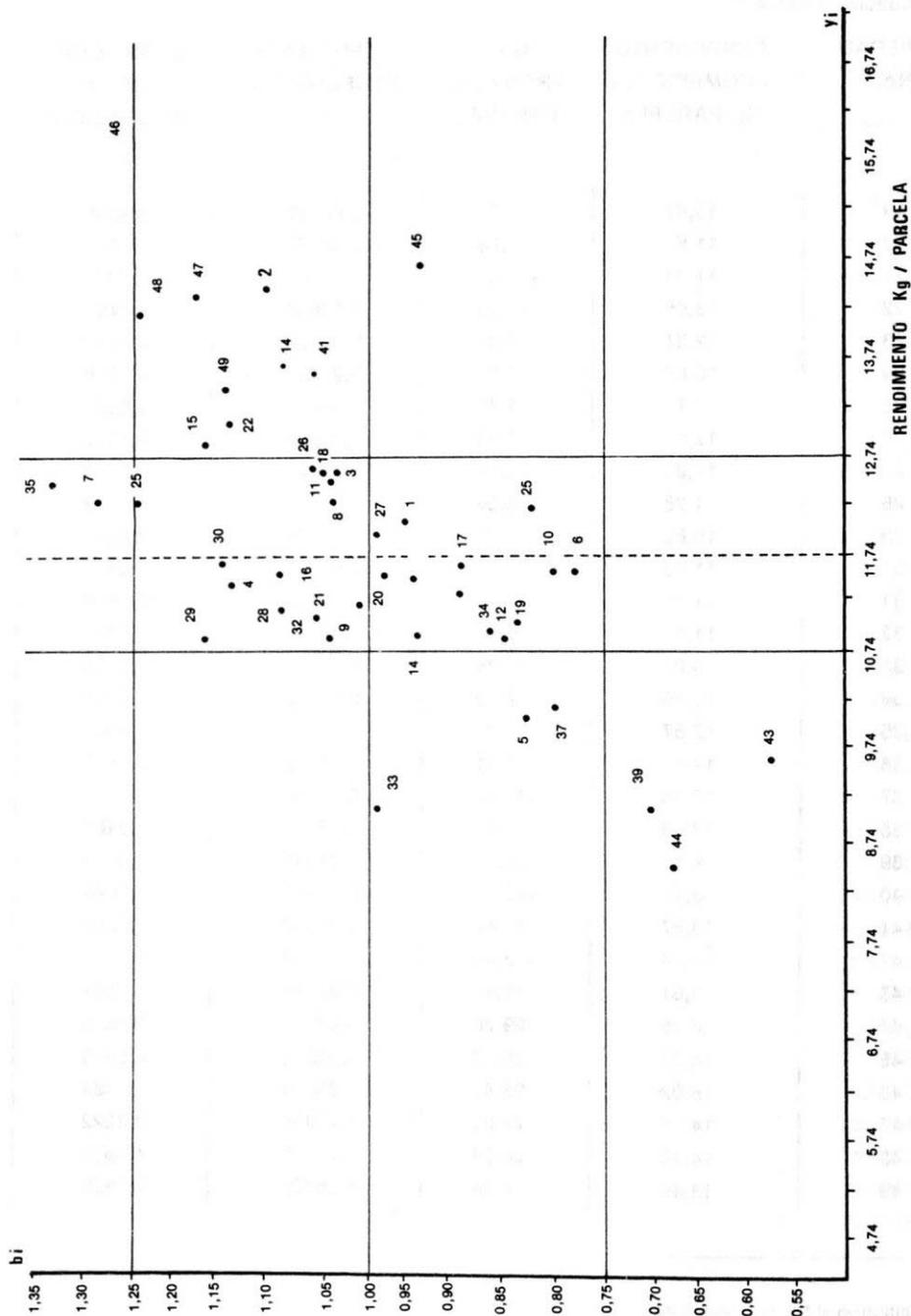


Figura 1. ubicación de las Variedades por su rendimiento y coeficiente de regresión. Tibaitatá, Surbatá, Obonuco. 1972. 1973. 1973-74

4.2.2. Desviación de la Regresión

Analizando la TABLA 4, puede observarse que las desviaciones de la regresión no mostraron diferencias significativas, lo cual puede ser interpretado como una medida de estabilidad de los genotipos evaluados en los ambientes en los cuales fueron probados.

4.2.3. Línea de Regresión.

Analizando las diferentes líneas de regresión —una para cada genotipo— y de acuerdo con la zona donde se ubicaron las variedades, según el modelo propuesto por EBERHART y RUSSELL (1966), se obtuvieron los siguientes resultados:

Variedades específicas para buenos ambientes (zona 1), pueden verse en la figura 2. En este grupo se destaca como la de mejor comportamiento del grupo la variedad número 46. Su línea de regresión supera siempre la promedia. Su comportamiento es creciente en la medida en que mejora el índice ambiental. Su principal característica es presentar muy buena producción cuando se siembra en ambientes favorables.

Variedades de adaptación pobre (zona 2, figura 3) La variedad número 33, como la de más bajos rendimientos del grupo. Su línea de regresión siempre se ubicó debajo de la promedia. Su producción es baja en todos los ambientes. Las variedades de este grupo no son aconsejables cuando se hacen recomendaciones de adaptabilidad.

Variedades específicas para malos ambientes (zona 3, figura 4). La exponente más clara de este grupo de variedades fue la número 40. Su línea de regresión superó a la promedia en el ambiente más pobre, su principal característica es que su producción cae severamente cuando mejoran los índices ambientales.

Variedades de adaptabilidad promedia (zona 4, figura 5). La variedad de mejor rendimiento del grupo fue la número 23. La característica fundamental del grupo es el efecto ambiental constante sobre los genotipos probados.

Variedades de adaptación buena (zona 5, figura 6). La variedad número 48 fue la mejor del grupo, superando al promedio en todos los ambientes. Las variedades del grupo son recomendables para todos los ambientes evaluados debido a su buena capacidad productiva en cualquiera de ellos.

5. CONCLUSIONES.

5.1. Pese al número limitado de localidades, los ambientes evaluados pueden clasificarse en tres (3) grupos :

5.1.1. Buenos ambientes: Tibaitatá 1973-2 (segunda siembra) y Surbatá 1973. Como ambientes recomendables para las poblaciones de maíz probadas.

5.1.2. Ambientes promedios: Tibaitatá 1973-1 (primera siembra). Estos ambientes son los de menor influencia sobre los genotipos probados.

5.1.3. Malos ambientes: Tibaitatá 1972 y Obonuco 1973-74, que mostraron condiciones ambientales adversas para la producción de maíz.

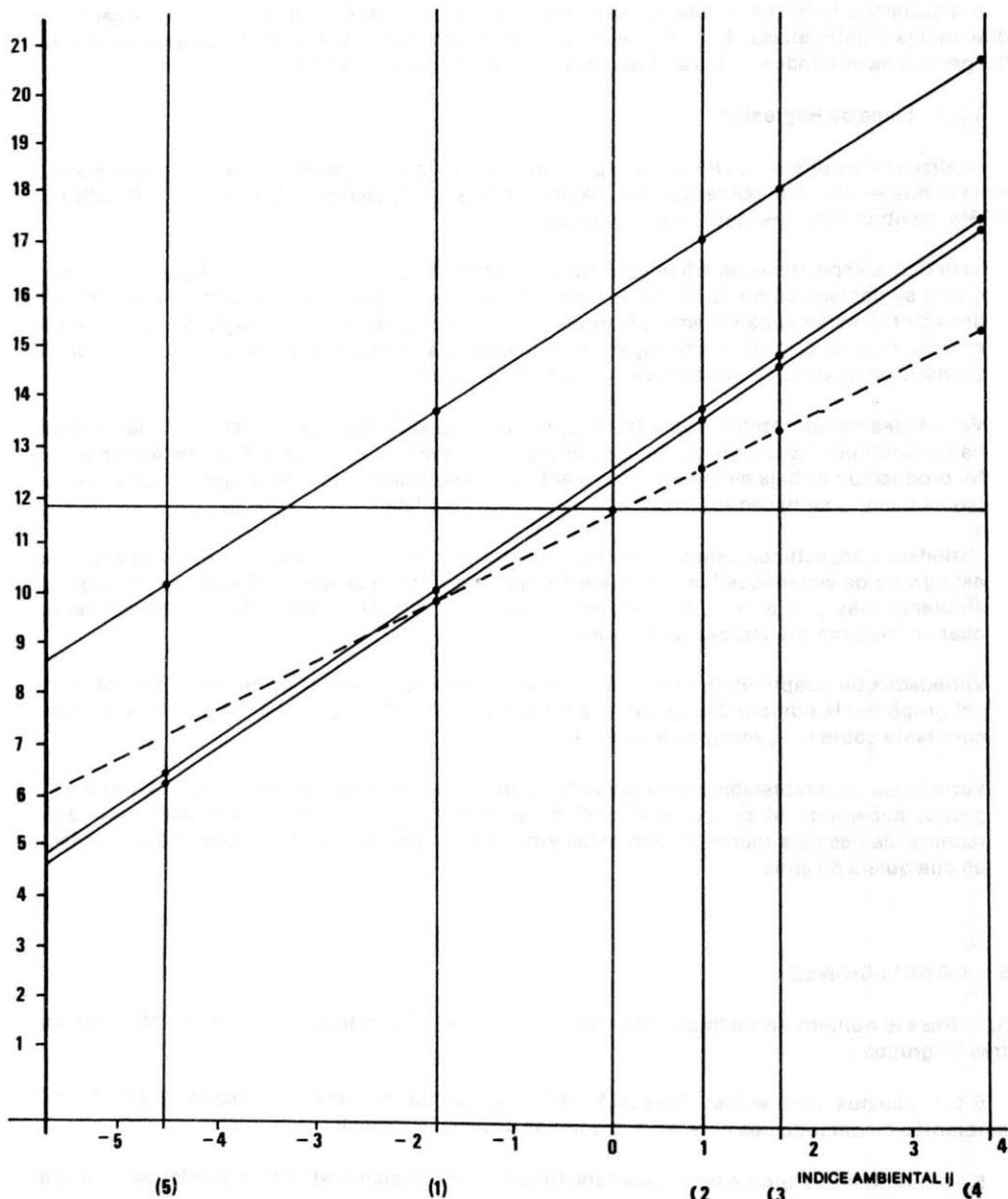


FIGURA 2. Líneas de regresión (Índice ambiental Vs rendimiento para las variedades de la zona 1 (específicas para buenos ambientes) Tibaitatá, Surbatá y Obonuco. 1972, 1973 y 1973 - 74.

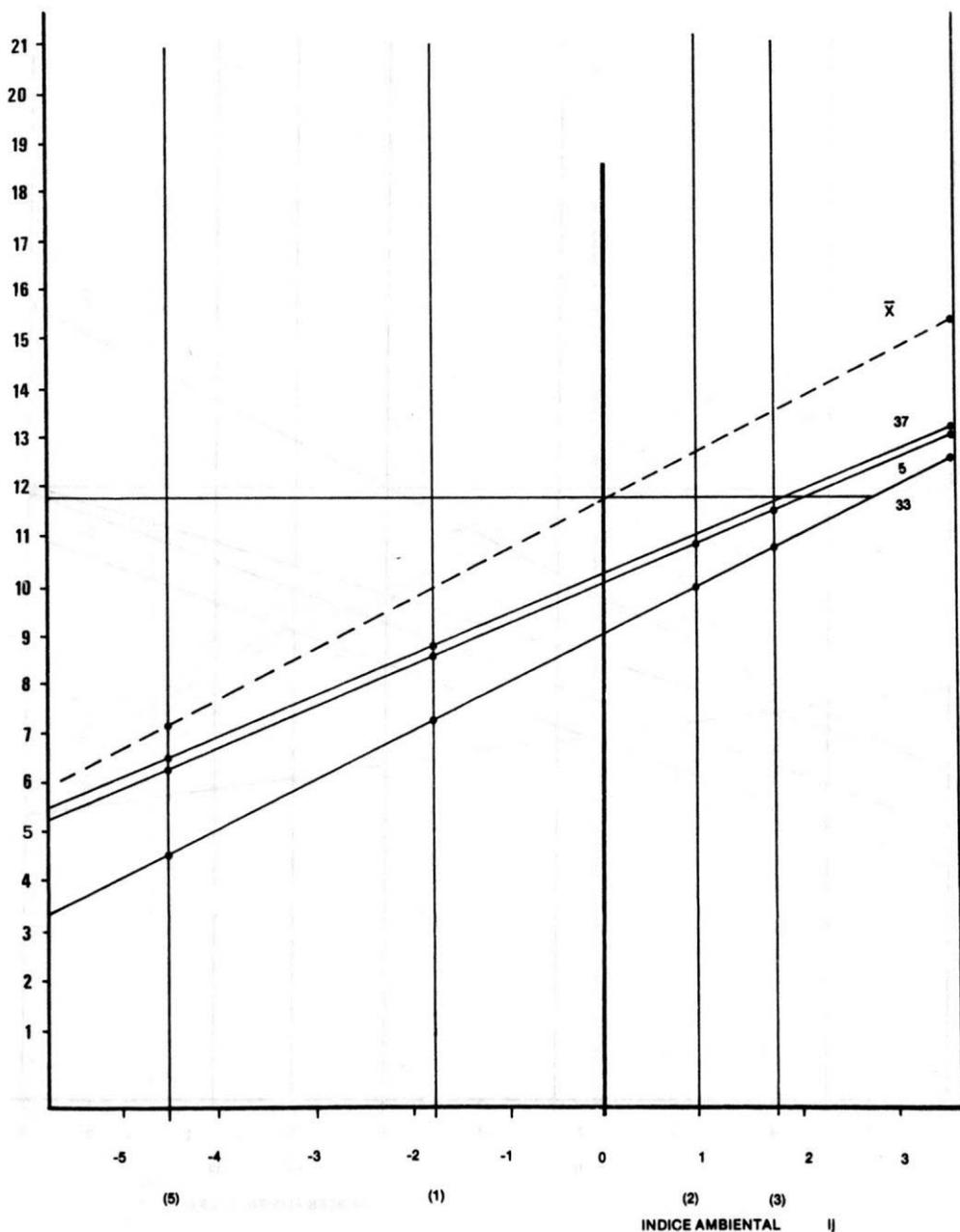


FIGURA 3. Líneas de regresión (índice ambiental Vs rendimiento) para las variedades de la zona 2 (adaptación pobre) Tibaitatá, Surbatá y Obonuco. 1972, 1973 y 1973 - 74.

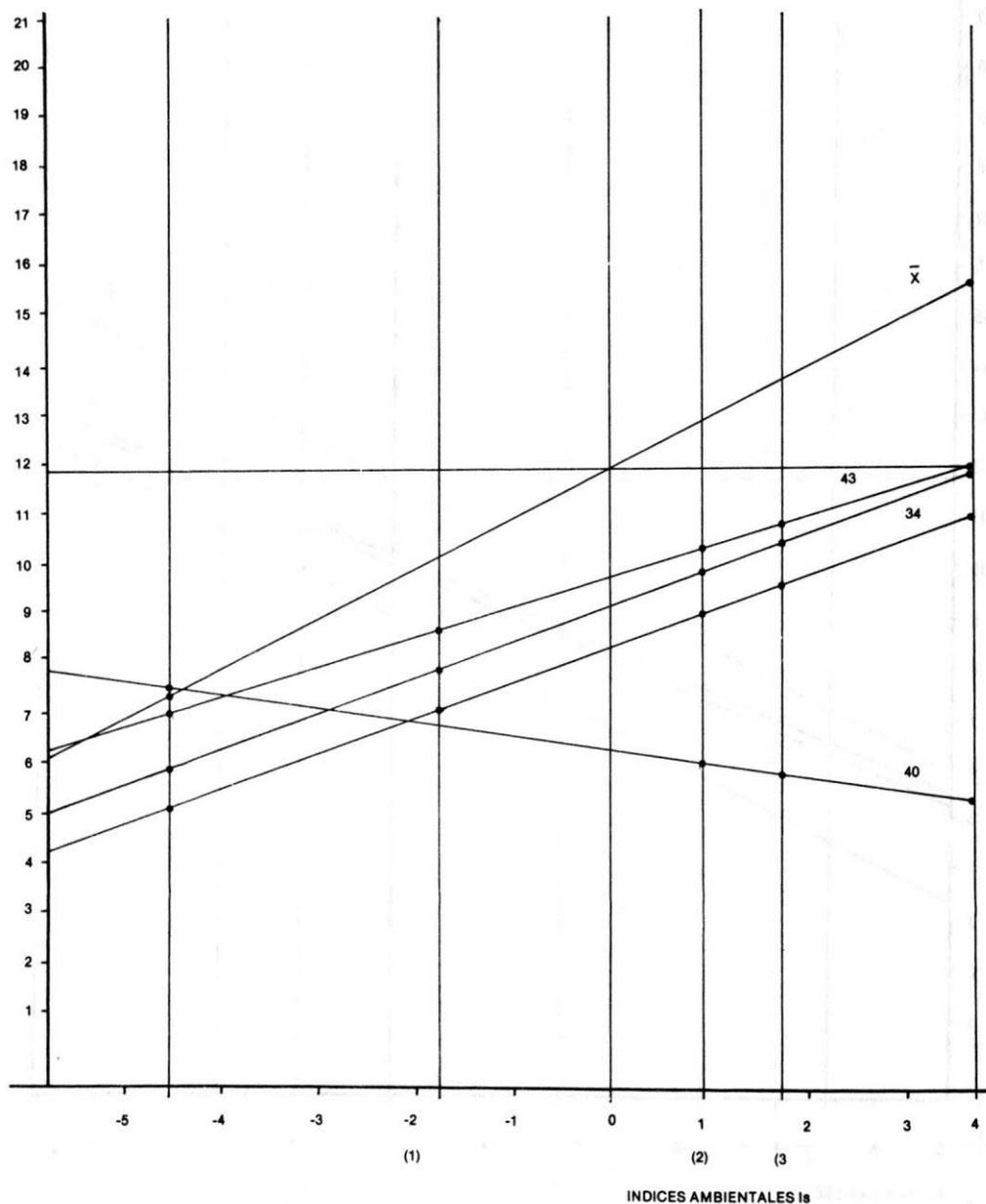


FIGURA 4. Líneas de regresión (índice de ambiente Vs rendimiento) para las variedades de la zona 3 (específicas para malos ambientes). Tibaitatá, Surabatá y Obonuco 1972, 1973, 1973 - 74.

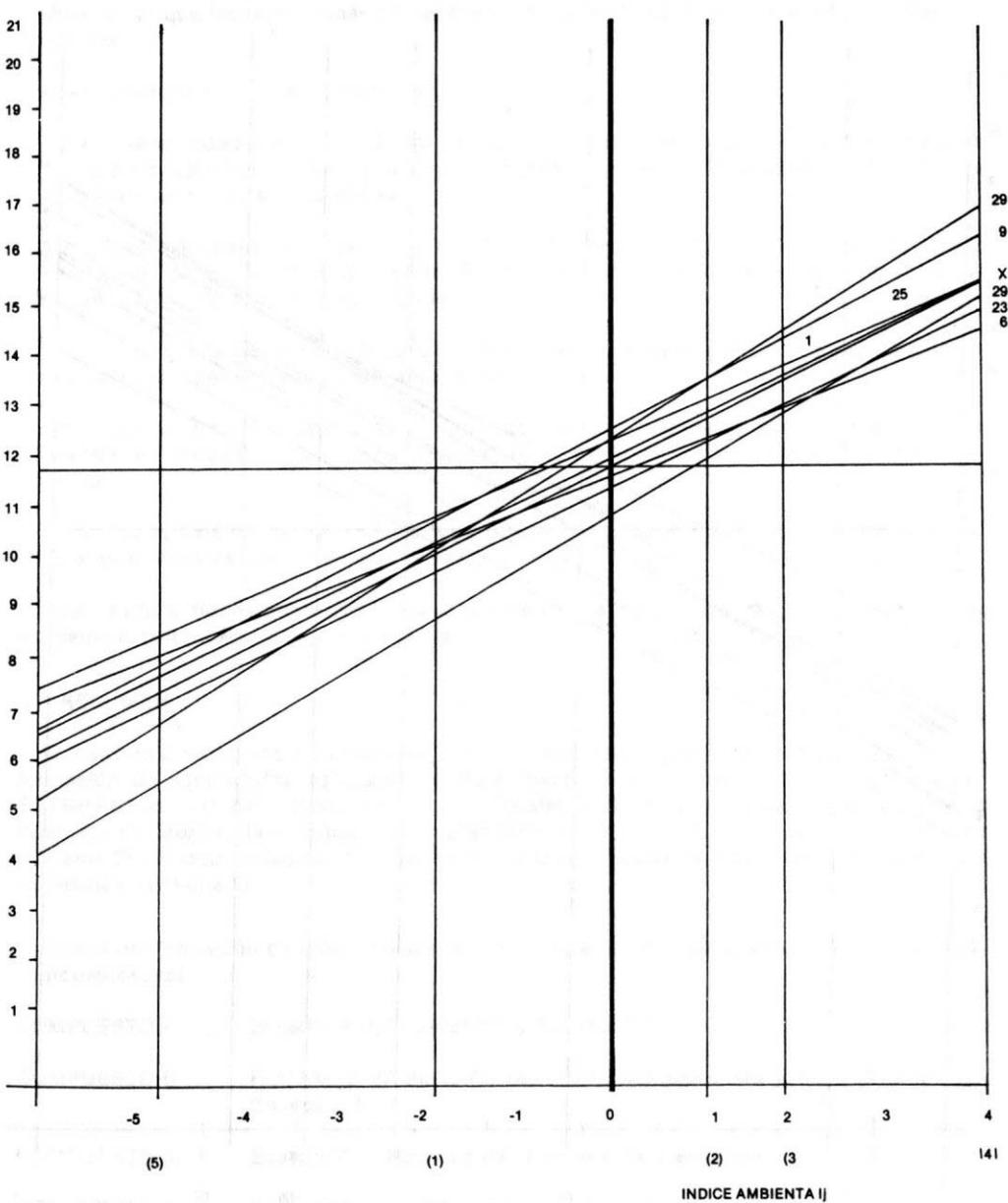


FIGURA 5. Líneas de regresión (índice ambiental Vs rendimiento) para las variedades de la zona 4 (adaptación promedio). Tibaitatá, Surbatá y Obonuco. 1972, 1973 y 1973 - 74.

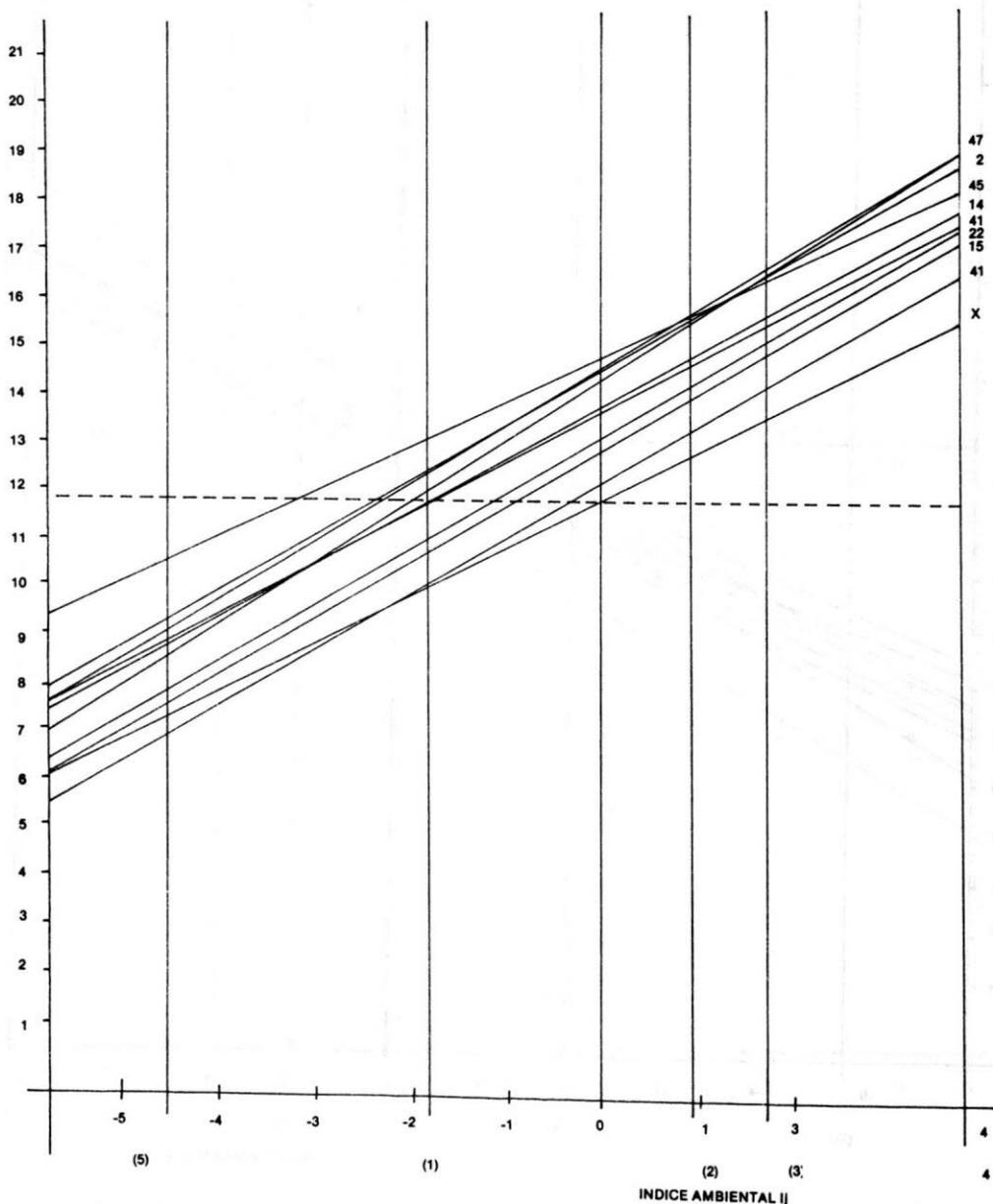


FIGURA 6. Líneas de Regresión (Índice ambiental Vs rendimiento) para las variedades de la zona 5 (buena adaptación), Tibaltatá, Surbatá y Obonuco. 1972, 1973 y 1973 - 74.

5.1.4. El alcance de las conclusiones anteriores se limita a esos años, y genotipos evaluados, ya que las condiciones climáticas en esas localidades en dichos años pueden ser diferentes.

5.2. En cuanto al comportamiento varietal:

5.2.1. Las variedades números 2, 14, 15, 22, 41, 45, 47 y 49, pueden recomendarse para cualquiera de los cinco (5) ambientes, ya que presentan excelente adaptabilidad y buenos rendimientos en todas las localidades.

5.2.2. Las variedades números 1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 36, y 42; con rendimiento y adaptabilidad promedias, consideradas como de buen comportamiento agronómico.

5.2.3. Las variedades números 5, 33 Y 37, no son recomendables por su bajo rendimiento en todas las localidades y su muy pobre adaptación.

5.2.4. Las variedades números 7, 35, 38 Y 46, exhiben buenos rendimientos en buenos ambientes, en tanto que reducen su potencial de rendimiento en condiciones poco favorables o adversas.

5.2.5. Las variedades números 39, 40, 43 y 44 son recomendables para ambientes adversos. En buenos ambientes son superadas fácilmente.

5.2.6. El 84% de los genotipos evacuados mostró una buena adaptación —coeficiente de regresión estadísticamente igual a la unidad.

6. RESUMEN

El Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, a través del programa de maíz, sorgo, inició la formación de compuestos varietales de maíz, basados en la metodología propuesta por EBERHART et al (1967), consistente en tres (3) sistemas: Mezcla de variedades parentales (Sistema 1), Mezcla de semillas de generaciones F1 de los cruces de dichas variedades (Sistema 2) y Mezcla de las semillas de los híbridos resultantes de cruzar las F1 de cuatro (4) variedades (Sistema 3).

Para la conformación de tales poblaciones, el programa de maíz y sorgo utilizó cuatro (4) compuestos, así:

COMPUESTO I : Ecuador 410, Ecuador 366 y Ecuador 559.

COMPUESTO II : ROCAMEZ V7 Sin 3 (W MI), Harinoso Mosquera I Sin 8 (2 M V II) y Boyacá 371.

COMPUESTO III : Ecuador 410, Ecuador 466, Ecuador 559 y Boyacá 371.

COMPUESTO IV : Ecuador 418, Ecuador 559 y Ecuador 609.

En los años de 1972, 1973 y 1973-74, en Tibaitatá, Surbatá y Obonuco, fueron evaluados los compuestos varietales y variedades parentales, por medio de una serie de cinco (5) experimentos, arreglados en diseños LATTICE de 7 x 7, con cuatro (4) replicaciones.

Con la información de campo del comportamiento del rendimiento de las 49 poblaciones evaluadas en los cinco (5) ambientes, se hicieron pruebas de adaptabilidad a través del cálculo de parámetros de estabilidad propuestos por FINLAY y WILKINSON (1963) y EBERHART y RUSSELL (1966).

Los resultados señalan que en general los genotipos probados presentan adaptabilidad promedio y buenos rendimientos en los diferentes ambientes.

7. BIBLIOGRAFIA

1. ALLARD, R. W. Roles of genotype and environment in continuous variation: In principles of plant breeding John Willey N. Y. pp. 89-98. 1960.
2. ALLARD, R. W. And A. D. BRADSHAW, Implications of genotype environmental interactions. Crop Science (Estados Unidos) Vol. 4: 503-508. 1954.
3. COMSTOCK, R. E. And R. H. MOLL., Genotype environment interactions. Statistical genetics and plant breeding. Nat. Acad. Sci. Nat. Res. Council Publ. 982 pp. 164-196. 1963.
4. EBERHART, S. A., M. N. HARRISON And F. OGADA. A. Comprehensive breeding System. Der Zuchter (Alemania) Vol. 37:169-174. 1967.
5. EBERHART, S. A. And W. A. RUSSELL, Stability parameters for comparing varieties. Crop Science (Estados Unidos) Vol. 6:36-40. 1966.
6. FINLAY, R. W. And WILKINSON. The analysis of adaption in a plant breeding programme. Aust. Jour of Agric. Res (Australia) Vol. 14:742-754. 1962.
7. JOPPA, L. R., K.L. LEBSOCK And H. BUSH. Yield stability of selected spring wheat cultivars (*Triticum aestivum* L. em Tall) in the uniform regional nurseries, 1959 to 1968. Crop science (Estados Unidos) Vol. 11:238-241. 1971.
8. MARECK, J. H. And C. O. GARDNER. Responses to mass selection in maize and stability of resultivo populations. Crop science (Estados Unidos) Vol. 19:779-782. 1979.
9. MARTINEZ, O., M. TORREGROZA y R. MARTINEZ. Estabilidad Fenotípica de poblaciones heterocitogas en maíces de clima frío. Fitotecnia Latinoamericana (Costa Rica) Vol. 7:71-84. 1970.
10. PLAISTED, R. L. A shorter method for evaluativo the ability of selections to yield consistently over locations. Am Pot Jour (Estados Unidos) Vol. 37:166-172. 1960.
11. TORREGOZA, M. Métodos de mejoramiento de plantas alógamas, Programa de Estudios para Graduados en Ciencias Agrarias U. N.- ICA. (Colombia) 1978).
12. VARELA, D y J. FRANCO. Adaptabilidad de variedades promisorias de trigo. 1972. Rev. ICA - separata (Colombia) Vol. IX:361-388. 1974.