

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**CAMBIOS FENOTIPICOS Y PARAMETROS DE  
ESTABILIDAD DE CUATRO POBLACIONES  
DE MAIZ (Zea mays L.)**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

**PRESENTA**

**ALEJANDRO ARIZPE MONTEMAYOR**

**MARIN, N. L.,**

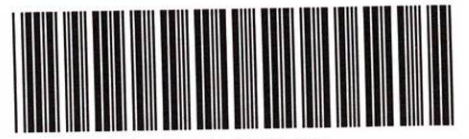
**DICIEMBRE DE 1985.**

SB191

.M2

A7

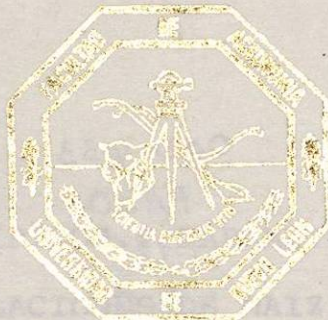
C.1



1080060890

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMIA



TESIS  
CAMBIOS FENOTÍPICOS Y PARÁMETROS DE  
ESTABILIDAD DE CUATRO POBLACIONES  
DE MAIZ (Zea mays L.)

ALEJANDRO ARIZPE MONTEMAYOR

TESIS


QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

ALEJANDRO ARIZPE MONTEMAYOR

MARIN, N. L.,  
MARIN, N. L.,

DICIEMBRE DE 1985.  
DICIEMBRE DE 1985.

005384 

T  
SB 191  
.M2  
A7



040.633  
FA30  
1985  
C.5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA

CAMBIOS FENOTIPICOS Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD  
DE CUATRO POBLACIONES DE MAIZ (Zea mays L.)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

ALEJANDRO ARIZPE MONTEMAYOR

MARIN, N.L.

DICIEMBRE DE 1985.

La presente investigación se desarrolló dentro del programa de Maíz del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo para las Zonas bajas del Estado de Nuevo León del CIA-FAUANL, aprobada por la Comisión Revisora de Tesis como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista.

COMISION REVISORA



---

ING. M. C. CESAR H. RIVERA FIGUEROA



---

ING. M. C. LUIS A. MARTINEZ ROEL



---

ING. M. C. JAVIER GARCIA CANALES

## DEDICATORIAS

### A DIOS NUESTRO SEÑOR

Gracias Señor por todas aquellas veces en que yo me encontraba desanimado y sin fuerzas, mediante tu misericordia - lograste darme suficiente ánimo para seguir adelante, principalmente en estos últimos años, los más difíciles de mi vida.

"Desde lo alto riegas las montañas y se llena la tierra de frutos, obra tuya.

Tu haces brotar el pasto del ganado y las plantas que sirven a los hombres para que de la tierra obtengan su alimento".

(SALMO 104, 13-14).

### A MIS PADRES:

SR. JESUS ARIZPE GARZA

SRA. ENRIQUETA MONTEMAYOR DE ARIZPE

Gracias por todo el amor y confianza que siempre me han brindado. A través de sus esfuerzos y desveladas -- han hecho posible la culminación de mi carrera.



A MIS HERMANOS:

GUADALUPE DE JESUS  
LUIS GUSTAVO Y YOLANDA  
JESUS ANGEL  
MARIA DE LOURDES  
GERARDO MARTIN

Por todo el apoyo y motivación que  
siempre me han dado.

A MIS SOBRINOS:

LUIS GUSTAVO Y GABRIEL  
Con cariño.

A MIS ABUELOS:

SR. RICARDO ARIZPE QUINTANILLA (+)  
SRA. GUADALUPE GARZA DE ARIZPE  
  
SR. JESUS MONTEMAYOR GARZA  
SRA. JOSEFA GONZALEZ DE MONTEMAYOR (+)

A todos mis familiares y amistades.

A Don FRANCISCO ROBLES SALAZAR y CLETO BOTELLO GUTIERREZ,  
por sus enseñanzas agrícolas.

A Don OSCAR ARIZPE MANRIQUEZ. Primer Neolonés que a sus 51  
años de edad conquistó la cumbre más alta de América: El --  
Aconcagua. Ejemplo a seguir de todo deportista, particular-  
mente de montañistas. Descanse en paz el condor regiomontano.

## AGRADECIMIENTOS

AL ING. M.C. CESAR H. RIVERA FIGUEROA

Por su gran amistad, paciencia y enseñanzas, contribuyó grandemente a la culminación del presente escrito.

AL ING. M.C. LUIS A. MARTINEZ ROEL

Por su valiosísima ayuda en la revisión, corrección y sugerencias hechas al presente escrito.

AL ING. M.C. JAVIER GARCIA CANALES

Por su participación en la revisión y corrección del manuscrito.

A LOS INGS. M.C. MARCO VINICIO GAMEZ MEZA y  
NAHUM ESPINOZA MORENO.

Por su colaboración en lo referente a los análisis estadísticos de la presente investigación.

Al Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la FAUANL en especial al coordinador ING. M.C. FRANCISCO ZAVALA GARCIA, al personal técnico y de campo cuya participación hizo posible la realización de éste trabajo.

A la memoria del Técnico Agrícola RAYMUNDO MONTALVO TURRUBIATES(+), cuya capacidad, responsabilidad y sentido de colaboración son dignos de imitarse.

A todos los profesores de la FAUANL por sus enseñanzas.

A la Srita. JOSEFINA TIJERINA ZUÑIGA

Por la elaboración mecanográfica del presente escrito.

A mis amigos, compañeros y demás personas que contribuyeron al desarrollo y terminación de éste ambicioso y anhelado documento, gracias.

"La más grande contribución que podrían -  
hacer en ésta década los mejoradores del maíz,  
sería la de formar genotipos tolerantes a al--  
tas densidades de población"

(G.H.Stringfield, 1964).

## CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE	xiv
INDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN	1
SUMMARY	3
I. INTRODUCCION. . . . .	5
II. REVISION DE LITERATURA . . . . .	9
2.1. Densidades de población . . . . .	9
2.1.1. Resumen acerca de los cambios fenotípicos y fisiológicos propiciados por la densidad de población sobre diferentes características de maíz . . . . .	24
2.2. Interacción genotipo-ambiente. . . . .	28
2.3. Parámetros de estabilidad . . . . .	31
2.3.1. Resumen sobre parámetros de estabilidad . . . . .	40
2.4. Correlaciones fenotípicas . . . . .	43
2.4.1. Resumen sobre correlaciones fenotípicas . . . . .	52
2.5. Conceptos sobre heredabilidad . . . . .	57
2.6. Resultados sobre heredabilidad . . . . .	60
2.6.1. Resumen sobre la heredabilidad en relación con el genotipo y el ambiente . . . . .	64
III. MATERIALES Y METODOS . . . . .	67
3.1. Localización del experimento . . . . .	67
3.2. Material experimental . . . . .	67
3.3. Diseño experimental . . . . .	68
3.4. Ambientes agronómicos de prueba . . . . .	70
3.5. Manejo del experimento . . . . .	71

3.6. Cosecha y toma de muestras . . . . .	71
3.7. Características de estudio . . . . .	73
3.8. Análisis estadístico . . . . .	75
3.8.1. Análisis de varianza factorial. . . . .	75
3.8.2. Análisis de varianza combinado. . . . .	78
3.8.3. Análisis de varianza de parámetros de estabilidad . . . . .	80
3.9. Prueba de hipótesis (parámetros de estabilidad) . . . . .	81
3.10 Correlaciones fenotípicas . . . . .	83
3.11 Varianza fenotípica del rendimiento individual . . . . .	84
3.12 Heredabilidad . . . . .	84
IV. RESULTADOS . . . . .	85
4.1. Análisis de varianza factorial . . . . .	85
4.1.1. Prueba de significancia entre medias . . . . .	87
4.2. Análisis de varianza combinado . . . . .	95
4.3. Análisis de varianza de parámetros de estabilidad . . . . .	97
4.4. Varianza fenotípica del rendimiento individual. . . . .	102
4.5. Correlaciones fenotípicas entre características por genotipo, densidad y en forma combinada . . . . .	108
4.6. Heredabilidad . . . . .	116
V. DISCUSION . . . . .	119
VI. CONCLUSIONES . . . . .	134
VII. RECOMENDACIONES . . . . .	137
VIII. BIBLIOGRAFIA . . . . .	138
IX. APENDICE . . . . .	152

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Heredabilidad ( $H^2$ ) de nueve características de planta en maíz estimada por el método de componentes de varianza . . . . .	65
2	Heredabilidad ( $H^2$ ) de siete características de mazorca en maíz estimada por el método de componentes de varianza . . . . .	66
3	Combinaciones o tratamientos establecidos en un diseño de bloques al azar con los factores genotipo, densidad y niveles de nitrógeno . . . . .	69
4	Ambientes agronómicos seleccionados para -- comparar cuatro genotipos de maíz en el ciclo Verano-Otoño de 1981 (Marín, N.L.) . .	70
5	Análisis de varianza para un diseño bloques al azar con arreglo en parcelas subdivididas con v genotipos, d densidades y n nitrógeno en r repeticiones . . . . .	77
6	Análisis de varianza para un experimento -- con ambientes agronómicos bajo un diseño de bloques al azar, que incluye las esperanzas de los cuadrados medios . . . . .	79
7	Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad . . . . .	82
8	Situaciones posibles derivadas del valor -- que pueden tener los parámetros de estabilidad (Carballo y Márquez, 1970) . . . . .	83

Cuadro		Página
9	Análisis de varianza, significancia estadística, media general y coeficientes de variación de diecinueve características de Maíz. Marín, N.L. 1981. . . . .	86
10	Medias de diecinueve características registradas en cuatro genotipos de maíz, tres densidades de población y tres niveles de nitrógeno y su comparación por el método de Tukey. Marín, N.L. 1981. . . . .	88
11	Cuadrados medios, significancia estadística, media general y coeficiente de variación de quince características estimadas a partir de un análisis combinado de varianza. Marín, N.L. 1981. . . . .	96
12	Cuadrados medios de cuatro características de maíz estimados en un análisis de varianza para evaluar la estabilidad de cuatro genotipos de maíz, Marín, N.L. 1981. . . .	98
13	Peso promedio de mazorca por planta y parámetros de estabilidad en cuatro genotipos de maíz evaluados en nueve ambientes agronómicos . Marín, N.L. 1981. . . . .	100
14	Peso promedio de grano por planta y parámetros de estabilidad en cuatro genotipos de maíz evaluados en nueve ambientes agronómicos. Marín, N.L. 1981. . . . .	100
15	Rendimiento de mazorca y parámetros de estabilidad para cuatro genotipos de maíz -- evaluados en nueve ambientes agronómicos. Marín, N.L. 1981. . . . .	101



Cuadro		Página
16	Rendimiento de grano y parámetros de <u>estabilidad</u> para cuatro genotipos de maíz <u>evaluados</u> en nueve ambientes agronómicos. -- Marín, N.L. 1981 . . . . .	101
17	Varianza fenotípica de los caracteres peso de mazorca y grano por planta de <u>cuatro</u> genotipos de maíz en tres densidades de población. Marín, N.L. 1981. . . . .	107
18	Coefficientes de correlación fenotípica <u>entre</u> peso de grano por planta (P.G.P.) y <u>seis</u> características de mazorca de cuatro genotipos de maíz. Marín, N.L. 1981 . . . . .	111
19	Coefficientes de correlación fenotípica <u>entre</u> peso de grano por planta (P.G.P.) y <u>seis</u> características de mazorca de cuatro genotipos de maíz en tres densidades de <u>población</u> . Marín, N.L. 1981. . . . .	111
20	Coefficientes de correlación fenotípica <u>entre</u> altura de la planta (A.P.) y <u>diez</u> características de planta de cuatro genotipos de maíz. Marín, N.L. 1981. . . . .	113
21	Coefficientes de correlación fenotípica <u>entre</u> altura de la planta (A.P.) y <u>diez</u> características de cuatro genotipos de maíz en tres densidades de <u>población</u> . Marín, N.L. 1981. . . . .	113

22	Coeficientes de correlación fenotípica <u>g</u> énerales entre características de planta y de mazorca estimados en cuatro genotipos de maíz, tres densidades de población y tres niveles de nitrógeno. Marín, N.L. -- 1981. . . . .	115
23	Heredabilidad de quince características de maíz estimadas a partir de las componentes de varianza. Marín, N.L. 1981. . .	117

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro		Página
A1	Algunas características ambientales registradas durante el ciclo de Verano-Otoño - de 1981 en Marín, N.L. . . . . .	153
A2	Características físico-químicas del suelo (0-30 cm) del Campo Agrícola Experimental de Marín, N.L. . . . . .	154
A3	Correlaciones fenotípicas entre rendimiento de grano y diferentes caracteres de -- planta y mazorca bajo diferentes densidades de población (El-Lakany y Russell, -- 1971). . . . . .	155
A4	Correlaciones fenotípicas entre diferen-- tes caracteres de planta y mazorca en dos densidades de población (Crossa, 1977). . . . . .	156
A5	Valores medios del caracter peso de mazor-- ca por planta en cuatro genotipos de maíz bajo nueve ambientes agronómicos y estima-- ción de índices ambientales. Marín, N.L.- 1981. . . . . .	157
A6	Valores medios del caracter peso de grano por planta en cuatro genotipos de maíz ba-- jo nueve ambientes agronómicos y estima-- ción de índices ambientales. Marín, N.L.- 1981. . . . . .	158
A7	Valores medios del caracter rendimiento - de mazorca (ton/ha) en cuatro genotipos - de maíz bajo nueve ambientes agronómicos - y estimación de índices ambientales. Ma-- rín, N.L. 1981. . . . . .	159

## Cuadro

## Página

A8	Valores medios del caracter rendimiento - de grano (ton/ha) en cuatro genotipos de maíz bajo nueve ambientes agronómicos y - estimación de índices ambientales. Marín, N.L. 1981. . . . .	160
A9	Coefficientes de correlación fenotípica en tre siete características de mazorca de - cuatro genotipos de maíz. Marín, N.L.1981	161
A10	Coefficientes de correlación fenotípica en tre siete características de mazorca en - genotipos de maíz en tres densidades de - población. Marín, N.L. 1981. . . . .	162
A11	Coefficientes de correlación fenotípica en tre once características de planta de cua tro genotipos de maíz. Marín,N.L. 1981. .	163
A12	Coefficientes de correlación fenotípica en tre once características de planta en ge notipos de maíz en tres densidades de po blación. Marín, N.L. 1981. . . . .	164

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Relación entre rendimiento individual y unitario en diferentes densidades de población. Marín, N.L. 1981. . . . .	89
2	Efecto de la densidad de población en el peso de mazorca por planta en cuatro genotipos de maíz. Marín, N.L. 1981. . . . .	90
3	Efecto de la densidad de población en el número de mazorcas por planta en cuatro genotipos de maíz. Marín, N.L. 1981. . . . .	91
4	Efecto de la densidad de población en el diámetro de mazorca en cuatro genotipos de maíz. Marín, N.L. 1981. . . . .	92
5	Relación entre diámetro del tallo y plantas quebradas en diferentes densidades de población. Marín, N.L. 1981. . . . .	94
6	Respuesta de cuatro genotipos de maíz -- probados en nueve ambientes agronómicos. Caracter: Peso de mazorca por planta. Marín, N.L. 1981. . . . .	103
7	Respuesta de cuatro genotipos de maíz -- probados en nueve ambientes agronómicos. Caracter: Peso de grano por planta. Marín, N.L. 1981. . . . .	104
8	Respuesta de cuatro genotipos de maíz -- probados en nueve ambientes agronómicos. Caracter: Rendimiento de mazorca (ton/ha) Marín, N.L. 1981. . . . .	105

Figura		Página
9	Respuesta de cuatro genotipos de maíz - probados en nueve ambientes agronómicos. Caracter: Rendimiento de grano (ton/ha) Marín, N.L. 1981. . . . .	106
10	Cambios en la varianza fenotípica bajo- diferentes densidades de población de -- cuatro genotipos de maíz. Caracter: Peso de mazorca por planta. Marín, N.L. 1981.	109
11	Cambios en la varianza fenotípica bajo - diferentes densidades de población de -- cuatro genotipos de maíz. Caracter: Peso de grano por planta. Marín, N.L. 1981. .	110

## RESUMEN

El maíz es el cultivo por excelencia en nuestro país, ya que es la base de la alimentación del pueblo mexicano. Alrededor de este cultivo se desarrollaron las culturas mesoamericanas, siendo también de importancia para los incas e indios --norteamericanos y otras culturas. La producción de maíz es limitada por diversos factores, siendo preocupación de diversas instituciones oficiales y privadas el buscar incrementar el rendimiento y mejorar la calidad nutritiva del grano.

El factor densidad de población ha sido motivo de muchos estudios ya que influye grandemente en el rendimiento y calidad de las cosechas. Por otro lado, la formación de genotipos generalmente se lleva a cabo en densidades bajas o intermedias, por lo que sería útil realizar estudios de selección ó evaluación de genotipos con densidades altas desde las etapas iniciales del mejoramiento genético del maíz, para ir descartando genotipos no aptos para tales condiciones de cultivo.

El presente trabajo se desarrolló en el ciclo verano ---otoño de 1981 en el Campo Agropecuario Experimental de la Facultad de Agronomía en Marín, Nuevo León, México. Se evaluaron cuatro genotipos de maíz en nueve ambientes agronómicos --formados a partir de tres densidades de población (22,222; --37,000 y 55,555 plantas por hectárea), y tres niveles de nitrógeno (0, 50 y 100 kg/ha); se utilizó un arreglo de parcelas sub-divididas bajo un diseño de bloques al azar. Los objetivos fueron comparar el rendimiento y estabilidad de cuatro poblaciones a los ambientes agronómicos probados y observar el efecto de éstos, sobre las correlaciones fenotípicas y heredabilidad de características asociadas con la producción de grano.

Se observó que los caracteres más afectados por la densidad de población fueron el rendimiento individual, unitario, --diámetro de mazorca, número de mazorcas por planta, ancho de-

la hoja de la mazorca y diámetro del tallo. Los híbridos RX-405W y H-412 expresaron el mayor rendimiento en comparación con el criollo Pinto Amarillo y el Mestizo; la mejor combinación fue el híbrido RX-405W con 55,555 plantas por hectárea (7.0 ton) y la demás bajo rendimiento fue el Mestizo con 22,222 plantas por hectárea (2.6 ton).

Tomando como base los parámetros de estabilidad y la variable rendimiento unitario se caracterizó como estables ( $b_i = 1.0$  y  $S^2_{di}=0$ ) a los genotipos: RX-405 W, H-412 y al criollo Pinto Amarillo. El Mestizo presentó un  $b_i > 1.0$  y  $S^2_{di} = 0$ , lo que indica que puede soportar una densidad de población mayor de 55,555 plantas por hectárea y su respuesta es consistente.

Algunas características de baja heredabilidad modificaron significativamente su media y varianza, dependiendo de la densidad; sin embargo otras variables no se vieron afectadas. La varianza fenotípica del peso de mazorca y grano por planta de los híbridos RX-405 W, H-412 y del criollo Pinto Amarillo fué reduciéndose significativamente al incrementarse la densidad de población, mientras que el Mestizo se mantuvo constante.

No hubo respuesta significativa al nitrógeno, ni se observó efectos significativos sobre los caracteres y sus correlaciones. Las características más correlacionadas positivamente con el peso de grano por planta fueron: peso de mazorca por planta, diámetro y longitud de mazorca; la mayoría de los coeficientes de correlación fenotípica entre pares de caracteres de mazorca fueron disminuyendo aunque no significativamente al incrementarse la densidad de población. Las características más correlacionadas positivamente con la altura de la planta fueron: altura de la mazorca y longitud de la hoja de la mazorca.



## SUMMARY

The corn is crop for excelency in our country, since for the mexican people is the base of their diet. Around this -- crop Mesoamerican cultures were developed, being also of - -- great importance the Incas and North American indians and --- other cultures. Corn production is limited for several factors, this is concern of some oficial and private institutions, -- they try to look out improvements in production and nutritive quality of the grain.

The density factor of plant population has been a matter of research since this has great influence in production and- quality on harvest. On the other hand, the genotype forma--- tion generally is conducted in low or intermediary densities, thus it is feasible carry on research on selection and evalua- tion of genotypes with higher densities from the initial - -- steps of corn breeding in a way of selecting genotypes that - can not be able to respond in those conditions.

This study was conducted in a period of summer-fall of - 1981 at the Campo Agropecuario Experimental de la Facultad de Agronomía, Marín, N.L. México. Four genotypes of corn were - evaluated in nine Agronomic conditions formed from three popu- lation densities (22,222; 37,000 and 55,555 plants/ha) and -- three nitrogen levels (0,50 and 100 kg N/ha). The experimen- tal design was split split plot with analisis for variance of complete randomized design. The objectives were to compare - the yield and estabability of four populations to the nine pro- ved agronomic enviromentals and took out the effect of these over the fenotipic correlations and heredability, of charac- - ters correlated with grain production.

It was seen that characters more effected due to popula- tion density were the individual crop production, diameter of cob, number of cobs per plant, wide of leaf of the cob, and - diameter of stem. The hibrids RX-405W and H 412 had the - --

higher crop production compared with the Criollo Pinto Amarillo and Mestizo; the higher combination was the hibrid Rx-405W and 55,555 plants per hectarea (7.0 ton) and the combination of lower crop productions was the Mestizo with 22,222 plants per hectarea (2.6 ton).

Using the stability parameters and unitary yield the genotypes RX-405W, H-412 and criollo Pinto Amarillo were characterized as stables ( $b_i=1.0$ ,  $S^2 d_i=0$ ). The Mestizo presented  $b_i > 1.0$  and  $S^2 d_i=0$ , indicating that it can support a population density greater than 55,555 plants per hectare preserving consistent response.

Some low heredability characteristics significantly modified their mean and variance, depending on density; however other characteristics were not effected. The phenotypic variance for cob weight and grain per plant in hybrids RX-405W, H-412 and criollo Pinto Amarillo were significantly decreasing as the population density was increasing, however Mestizo were constant.

It was not observed any significantly response to nitrogen application, neither was found significant effects on the characters and their correlations. The Characteristics more positively correlated with grain's weight per plant were: - - weight per cob, diameter and lenght of cob; the majority of the fenotipic correlation coefficients between even characters of cob were decreasing, but not significantly when increasing the population density. The characteristics more positively correlated with plant height were: height of cob and lenght of leaf of the cob.

## I. INTRODUCCION

La manipulación de la densidad de población y la aplicación de dosis o niveles de fertilización son factores de la producción agrícola controlados por el hombre; de aquí su importancia para modificarlos de acuerdo a un determinado planteamiento ó hipótesis, pues juegan un papel muy significativo en los programas de mejoramiento genético, producción de semillas y consecuentemente repercuten en los rendimientos individuales, unitarios y calidad de las cosechas.

Cuándo se habla de "ambientes" la expresión generalmente se refiere al ambiente ecológico; sin embargo, las prácticas culturales como: densidad de siembra, fertilización, combate de plagas y enfermedades, aplicación de riego, etc., son condiciones ambientales que influyen sobre la producción de los cultivos (Márquez, 1976).

La capacidad de adaptación a densidades de población elevadas es una característica del genotipo. Por otra parte diversos investigadores consideran la densidad de siembra como un factor ambiental (ambiente agronómico), que debe ser considerado al realizar selección para adaptabilidad, durante todo el proceso del mejoramiento genético (Márquez y Velazco, 1976).

La densidad de población modifica la mayoría de los caracteres agronómicos de cualquier cultivo, por lo que es indispensable investigar cuál es el número óptimo de plantas para mejorar el rendimiento y calidad de las cosechas. Se ha observado en el maíz que al aumentar la densidad de población se incrementa el rendimiento unitario hasta un óptimo que depende del genotipo y la disponibilidad de agua, luz, nutriente etc., sin embargo una alta densidad ocasiona efectos diversos sobre otras características, no todos benéficos (por ejemplo, disminuye el contenido de proteína del grano por planta).

La interacción genético-ambiental es una componente que-

contribuye significativamente al valor fenotípico de un carácter; en los cultivos, generalmente los trabajos encaminados a estimar dicha componente, incluyen diversos genotipos en varios ambientes, donde los factores del clima, suelo, y situación geográfica determinan los parámetros de estabilidad y -- por lo tanto la adaptabilidad de cada genotipo. Sin embargo -- diversos investigadores fitogenotecnistas como Russell y Eberhart (1968), López 1978 y Márquez (1979), aplican los parámetros de estabilidad a partir de ambientes agronómicos en base a estas publicaciones germinó la inquietud de realizar esta -- investigación empleando como ambientes la densidad de población y niveles de nitrógeno.

El mejorador de planta busca genotipos de mayor potencia genética para rendimiento y un amplio rango de adaptabilidad a condiciones ecológicas diversas. La misma necesidad -- existe de producir genotipos con mayor adaptabilidad para ambientes agronómicos, como densidades de población. Las variedades de maíz se evalúan en localidades utilizando normalmente la misma densidad de siembra; sin embargo algunos genotipos se comportan mejor al sembrarse en densidades altas, por lo que sería deseable, enfocar más la investigación agrícola hacia estos ambientes agronómicos (densidad, riegos, fertilización etc.) y conocer la adaptabilidad de las poblaciones bajo tales condiciones de cultivo.

En la expresión del fenotipo, influyen factores: genéticos ambientales y la interacción genético-ambiental; por tanto, la heredabilidad de un carácter se modificará al cambiar el ambiente. Los cambios ambientales afectan las correlaciones entre caracteres principalmente los que están asociados -- al rendimiento. Resulta de suma importancia conocer el tipo y grado de correlación que se espera entre caracteres cuándo se modifica el ambiente.

### OBJETIVOS:

Partiendo de las consideraciones anteriores se decidió - realizar el presente estudio buscando alcanzar los siguientes objetivos:

- 1) Comparar el rendimiento de cuatro poblaciones de maíz en diferentes densidades y niveles de nitrógeno.
- 2) Observar los efectos de la densidad de población sobre - la media y varianza de diferentes caracteres.
- 3) Comparar las poblaciones por su estabilidad (adaptabili- dad) a los ambientes agronómicos probados.
- 4) Observar los efectos de cada ambiente sobre las correla- ciones fenotípicas entre caracteres.
- 5) Estimar la heredabilidad de características agronómicas- y su relación con la densidad de población.

### HIPOTESIS:

- 1) Las poblaciones difieren en su rendimiento y éste depen- de del ambiente agronómico.
- 2) El fenotipo es función también del ambiente por lo que - se espera que la media y varianza se modifiquen al cam-- biar el ambiente agronómico.
- 3) Los genotipos mejorados interaccionan mas con el ambien- te que los no mejorados.
- 4) El ambiente afecta a la mayoría de los caracteres, por - lo que estos parecen correlacionados de ahí que si se mo- difica el ambiente cambien las correlaciones entre carac- teres.

- 5) La heredabilidad es una medida de la expresividad de un carácter por tanto su valor depende del ambiente en que se estime.

## II REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Densidades de población

Las densidades de población son situaciones ambientales que se establecen en algún experimento con el propósito de -- realizar un estudio comparativo de este factor y variedades -- de un cultivo, conocer el comportamiento de cada característica de la planta al variar el nivel de población y elegir que número de plantas por hectárea es el apropiado de una determinada investigación. En el cultivo del maíz se han formado materiales genotípicos utilizando como criterio de selección diversos parámetros fenotípicos y fisiológicos para aumentar el rendimiento y que soporten altas densidades de siembra.

Zuber et al (1954) compararon tres híbridos de maíz en ocho densidades de población que fluctuaron entre 20,015 y -- 41,505 pph (plantas por hectárea) y cuatro niveles de nitrógeno. Reportan diferencias importantes entre híbridos, el por--centaje de proteína del grano disminuyó al incrementarse la -- densidad; sin embargo aumentaron al incrementarse los niveles de nitrógeno. El rendimiento exhibió una respuesta cuadrática con las densidades y aumentó significativamente al aumentar -- cada nivel de nitrógeno.

Lang et al. (1956) estudiaron la influencia de seis densidades de población: 9,884; 19,768; 29,652; 49,420 y 59,304--pph, tres niveles de nitrógeno en nueve híbridos de maíz. De--dujeron que al incrementarse la densidad y niveles de nitrógeno, se obtienen mayores respuestas del rendimiento, presentán--dose un óptimo y después un abatimiento del rendimiento. El -- peso de mazorca por planta disminuyó al aumentarse la pobla--ción. El número de plantas estériles se incrementó al aumen--tarse la densidad, en la población más alta combinada con un bajo nivel de nitrógeno registraron un 33% de plantas estériles, considerando sólo los niveles de nitrógeno medio y alto, existió un 19 y 16% de plantas estériles respectivamente. Al incrementarse la población se disminuyó el porcentaje de pro-

teína y aceite contenidos en el grano, pero al aumentarse los niveles de nitrógeno, se incrementaron dichas características.

Colville y McGill (1962) establecieron las siguientes -- densidades: 29,652; 39,536; 49,420; 59,304 y 69,188 pph en -- maíz. Estudiaron los caracteres porcentaje de plantas quebra-- das, altura de la planta, altura de mazorca y diámetro del ta-- llo, observaron que las tres primeras características aumenta-- ban considerablemente al incrementarse las densidades, exis-- tiendo una diferencia de altura de planta de 12.7 cm entre -- la más baja y alta densidad y en altura de mazorca de 19.05 cm. El diámetro del tallo se disminuyó al aumentar la pobla-- ción, indicando que en los tallos de menor diámetro presenta-- ban mayores porcentajes de plantas quebradas.

Colville (1962) estableció las densidades de población - anteriormente citadas. Señala que el peso de mazorca por plan-- ta, el número de mazorcas por 100 plantas, peso de 100 semi-- llas, diámetro de mazorca, longitud de mazorca y porcentaje - de proteína contenida en el grano fueron decreciendo conforme aumentaba la densidad de población, mientras que el porcenta-- je de plantas inclinadas al suelo y rendimiento son caracte-- res que aumentaron a medida que aumentaba la densidad, obte-- niéndose una respuesta cuadrática del rendimiento, siendo la-- mejor población la de 59,304 pph.

Norden (1964) estudió la respuesta de las raíces de dos-- híbridos de maíz en cinco densidades de población: 12,355; -- 24,710; 37,420 y 61,775 pph en un suelo arenoso con pobre es-- currimiento. Indica que de las variables estudiadas, la densi-- dad mostró grandes efectos en el desarrollo de las raíces. El peso seco de las raíces, anchura y profundidad de las raíces-- por planta decrecieron en un 72, 14 y 33% respectivamente por el incremento de la densidad. Sin embargo, el rendimiento de-- las raíces secas se incrementó al aumentarse la densidad de - 49,420 mph y de esta densidad a la más alta, el rendimiento - disminuyó un 9%.



Bokde et al (1967) establecieron 20 densidades de población, variando la distancia entre plantas desde 5 hasta 95 cm, con una distancia de 70 cm entre surcos en un maíz híbrido. La altura de la planta, altura de la mazorca, diámetro del tallo, número de mazorcas por planta, peso de mazorca y grano por planta fueron afectados considerablemente por la densidad. Discuten que en bajas densidades las plantas producen mayor peso por planta, mejor desarrollo y crecimiento de varios caracteres pero no un óptimo para un aceptable rendimiento unitario. En alta densidad el desarrollo y crecimiento de los caracteres no aumenta proporcionalmente excepto en pocos y se reduce el peso de grano por planta por la gran competencia ambiental, pero se compensa con un mayor número de plantas. El mejor rendimiento unitario fué estimado entre 58 y 60 mph.

Castillo (1969) evaluó la variedad de maíz NLVS-1 en cuatro densidades de población 32,067; 43,478; 58,348 y 72,464 pph. El grosor del tallo, longitud y diámetro de la mazorca disminuyeron al aumentar la densidad, mientras que los días a floración y porcentaje de acame se aumentaron. El número de hileras se mantuvo constante en todas las densidades y la mejor producción de forraje la obtuvo en la más alta densidad. La altura de la planta, altura de la mazorca y rendimiento aumentaron al incrementarse progresivamente la densidad hasta un óptimo siendo este la densidad de 58,348 mph.

Núñez y Kamprath (1969) establecieron las siguientes densidades 34.5, 51.75 y 69.0 mph (mil plantas por hectárea), combinándolas con 112, 168 y 280 kg de N/Ha en un maíz híbrido. Observaron que el índice del área foliar (I.A.F.) se incrementó linealmente a medida que se aumentó la densidad. El área foliar por planta decreció al aumentar la densidad, esta variable mostró una alta correlación con el peso de grano por planta. Los niveles de nitrógeno y ancho de los surcos no exhibieron efecto en el área foliar por planta ni en el I.A.F. Altos rendimientos de grano fueron obtenidos en el más alto nivel de nitrógeno y 51.75 mph, en el caso del índice del

área foliar, los rendimientos máximos fueron registrados en un índice de 3.5 y permaneció constante hasta 4.5 con una adecuada fertilización.

Brown et al (1970) observaron la influencia de la densidad de población variando las distancias entre surco y entre plantas formando 20,40,60,80 y 100 mph en condiciones de riego y temporal sobre el rendimiento de dos variedades de maíz. Acotan que el peso de grano por planta decreció con el incremento de la población, mientras que el rendimiento fué más alto al irse aumentando la densidad y bajo condiciones de riego. Agregan que la población óptima estimada está relacionada al área foliar y tamaño de la planta requiriendo las plantas más pequeñas una densidad alta para cosechar máximos rendimientos.

Cortaza (1970) evaluó dos genotipos de maíz, la variedad original y el sexto ciclo de selección masal de la misma variedad en tres densidades de población 20,60 y 100 mph y tres niveles de nitrógeno 0,100 y 200 kg de N/Ha. Observó que al incrementarse la densidad disminuía el peso de mazorca por planta (184, 151 y 131 gr respectivamente), la longitud y diámetro de mazorca; mientras que el número de hojas arriba de la mazorca y número de hileras se mantuvieron constantes, no obtuvo respuesta del fertilizante y que la selección debe efectuarse en la densidad comercial es decir 60 mph.

Hunter et al (1970) estudiaron cinco híbridos precoces de maíz bajo tres densidades de población, 48,62 y 72 mph, indican que los genotipos respondieron similarmente a los cambios de la densidad y distribución de plantas, aumentando linealmente el rendimiento por cada incremento de la densidad (6.79, 7.24 y 7.61 ton/ha) respectivamente. Existió un pequeño pero significativo aumento del rendimiento cuando se usaron surcos más angostos, el índice del área foliar (I.A.F.) aumentó con el incremento de la densidad y la disminución con la anchura del surco, en altas densidades este índice fué mucho más superior que el óptimo para un máximo rendimiento y sugiriendo que los híbridos podrían ser sembrados a mayores densi

dades para detectar la interacción genotipo por densidad en rendimiento.

El-Lakany y Russell (1971) seleccionaron veinte líneas puras de maíz formando dos grupos (diez líneas bajas y diez altas) y las compararon en tres densidades de población 31, 40.8 y 59.5 mph. Informan que al incrementarse la densidad el rendimiento unitario va aumentando linealmente para la mayor parte de las líneas, ya que solo tres de ellas del grupo bajo exhibieron una respuesta cuadrática, los días a floración femenina fueron aumentando, mientras que el número de mazorcas por planta, diámetro de mazorca, longitud de mazorca, profundidad del grano, peso de 300 semillas y número de semillas -- por planta fueron disminuyendo significativamente para los -- dos grupos de líneas. La altura de la planta y mazorca, días a floración masculina e índice de floración no fueron afectados por la densidad, sin embargo tienden a aumentar al incrementarse cada nivel de densidad.

Espino (1972) estableció las siguientes densidades de población 10,20,30,40,50 y 60 mph en cuatro genotipos de maíz. Encontró que al aumentarse los niveles de densidad el número de mazorcas por planta, longitud de mazorca, diámetro del tallo, ancho y longitud de la hoja de la mazorca fueron disminuyendo significativamente, para ésta última variable la diferencia entre la más baja y alta densidad fué baja, esto pudo deberse debido a que utilizó una densidad muy baja (10 mph). El rendimiento aumentó al incrementarse la densidad, el mejor porcentaje de mazorcas sanas fué registrado en 30 mph, y los peores porcentajes en las densidades más altas; la altura de la mazorca, porcentaje de olote, materia seca y número de hileras no fueron afectados por la densidad. El porcentaje de --- plantas quebradas se incrementó al aumentarse la densidad, -- existiendo una relación funcional entre diámetro del tallo y plantas quebradas.

Mendoza (1972) realizó un ensayo de dos variedades de -- maíz de precosidad contrastante y ahijadoras, controló el nú-

mero de hijos mecánicamente (uno, dos y tres por planta) y la presencia de la planta madre, con o sin planta madre. Los tratamientos de ahijamiento se sembraron a 30 y 40 mph para los genotipos temprano y tardío respectivamente, concluyendo lo siguiente:

- a) A baja densidad no se refleja una disminución en el rendimiento de la planta madre ni de los hijos. A mayores hijos que permanecen en la planta madre, se obtiene mayor producción de mazorca y forraje.
- b) Las plantas sin hijos aumentaron su rendimiento y forraje al aumentar la población.

Por otra parte planteo el problema actual de la obtención de variedades, concluyendo lo siguiente:

- 1) La formación de genotipos mejorados de maíz para riego, que superen en producción a los ya existentes es cada vez más difícil.
- 2) Una limitante que impide superiores incrementos en los rendimientos, es la falta de respuesta de las variedades mejoradas a aumentos en las densidades.
- 3) Es indispensable considerar el cambio en el fenotipo, previa evaluación de características como enanismo, hojas erectas, ahijamiento etc. que pudiera servir como índices para elegir materiales más eficientes para condiciones intensivas de cultivo como riego, alta fertilidad, altas densidades etc.

Bueno (1973) indagando la influencia de tres densidades de población 55,80 y 105 mph en el rendimiento y características agronómicas de líneas y cruces de maíz bajo riego. No registró respuesta del rendimiento en las densidades; el cuateo, peso de mazorcas y diámetro del tallo disminuyen al aumentar la densidad, en tanto el número de mazorcas por parcela aumenta, estableciéndose un equilibrio entre dichos factores haciendo que el rendimiento permanezca estable, la altura de la planta no sufrió cambio al variar las poblaciones. Recomienda las líneas que aumentaron su peso seco del rastrojo al incre-

mentarse las densidades en próximos ensayos de densidades.

Genter y Camper (1973) estudiaron seis híbridos de maíz de distinta maduración bajo cuatro densidades de población -- 34.6, 44.5, 54.3 y 64.2 mph. Los híbridos precoces presentaron valores más bajos de rendimiento, peso seco total y peso de mazorca por planta, humedad de la cosecha y proporción de tallos, pero una alta proporción de mazorcas presentaron estos en comparación con los genotipos tardíos. El porcentaje de días a floración proporción de hojas y diámetro de tallo mostraron diferencias entre híbridos pero no entre la maduración de grupos. Al incrementarse la población de plantas se aumentaron los caracteres plantas estériles, floración, hojas y mazorcas expresados en porcentaje, el peso seco y rendimiento también. Mientras que el diámetro de tallo, peso de mazorca por planta, porcentaje de plantas erectas, tallos, fueron reduciéndose sus valores al incrementarse la densidad, excepto para las dos últimas variables las cuales aumentó su valor en la densidad más alta. La altura de la planta y mazorca cambiaron muy poco con los cambios de la densidad.

Velázquez (1973) condujo un ensayo de veinte genotipos de maíz en dos densidades 40 y 80 mph y dos dosis de fertilización  $F_1$  0 kg y  $F_2$  100-60-0 kg. Observó que a mayor densidad de población se disminuyó significativamente el peso de grano por planta y el número total de hojas (considerando las hojas iniciales que se caen después de cumplir su función, o que son eliminadas en las labores de cultivo hasta las que se encuentran en el momento de la floración). Los días a floración se aumentaron al incrementarse la densidad; no encontró respuesta a la aplicación del fertilizante. Este autor reporta a tres investigadores que mencionan conclusiones muy importantes sobre el carácter número total de hojas. Figueroa (1972) registró que éste carácter disminuía al aumentarse la densidad. Bukasov (1930) es un carácter que se mantiene constante a los cambios ambientales no controlados. Mehrotra (1954) es un carácter que tiene un alto grado de heredabilidad (varía -

de 45 a 70%) los efectos ambientales no disminuyen ni aumentan este carácter, aunque es probable que a través del tiempo se efectuó la reacción a diversas condiciones ambientales.

Alessi y Power (1974) usaron dos híbridos precoces de maíz (68 y 85 días a madurez) en una región semiárida con el objeto de evadir la estación de sequía estival, combinó dos distancias entre surco (50 y 100 cm) y cinco densidades de población 20,30,40,60 y 74 mph. Citan que el número de plantas estériles se incrementó con el aumento de la densidad, mientras que el peso y número de mazorcas por planta decrecieron. La madurez y densidad de población afectaron significativamente la producción de materia seca y grano, siendo la densidad óptima entre 30 y 40 mph. El híbrido tardío produjo más forraje pero el precoz más grano. Discuten que el agua es una necesidad disponible durante el llenado de grano y un factor limitante en la producción para las zonas áridas, concluyendo que los sistemas de plantación son más hábiles para conservar la humedad en comparación con la anchura de los surcos.

Cloninger et al (1975) investigaron cuatro maíces híbridos, tres fechas de siembra y tres densidades de población 40, 60 y 80 mph. Entre genotipos se acentuaron las diferencias para cada variable de estudio. Al aumentarse los niveles de densidad se redujeron los porcentajes de proteína, aceite, número de mazorcas inclinadas al suelo y peso de 1000 semillas, mientras que los porcentajes del peso de los tallos, enraizamiento y rotura de los granos se aumentaron al incrementarse las densidades, el peso del tegumento exterior de la semilla permaneció indiferente. Por fecha de siembra el porcentaje de proteína se mantuvo igual, pero el de aceite se fué decreciendo al retardarse la siembra, el menor porcentaje de semillas rotas, el mayor peso de 1000 semillas y peso del tegumento se observó en la siembra más temprana, no ocurriendo esto para el peso de los tallos, raíces y mazorcas caídas. El rendimiento se mantuvo indiferente por la densidad, pero el valor más alto se registró en la densidad intermedia.

Oseguera (1975) trabajó con una variedad criolla de maíz en condiciones de riego, tres densidades de población 36,075; 48,100 y 60,125 pph y ocho niveles de fertilización. La densidad no afectó significativamente la altura de la planta, diámetro de mazorca, longitud de mazorca y rendimiento, no obstante que la dosis 50-40-0 asociada con 48,100 mph resultó la mejor combinación numérica de rendimiento. Al incrementarse la población se aumentó la altura de la mazorca, mientras que el cuateo y grosor del tallo disminuyeron. En el tratamiento-testigo de fertilización registró menores valores fenotípicos de los caracteres altura de la planta y grosor del tallo. En la dosis de 100-40-40 observó plantas con altura de mazorca y grosor del tallo de menor valor fenotípico. Los tratamientos que incluyen fósforo aumentaron el número de plantas cuateras que los tratamientos carentes de ese elemento.

Poey (1975) publicó un cuadro de resultados obtenidos -- por Grajeda (1975), el cual evaluó ocho variedades de fenotipos de contrastante altura de maíz en tres densidades de población 40, 80 y 120 mph. Escudriñando esos resultados existe una tendencia clara de los caracteres peso de grano por planta, longitud de mazorca, perímetro de tallo a la altura de la mazorca e índice de prolificidad de disminuirse sus valores fenotípicos al incrementarse las densidades, sin embargo los genotipos H-508 y AN-360 (superenano) expresaron el promedio más alto en la densidad intermedia para las dos últimas variables, por el contrario la altura de la planta va aumentando al incrementarse las densidades excepto en los genotipos Tuxpeño PB y T-80 los cuales decrecieron en la densidad intermedia. El rendimiento unitario va aumentando al incrementarse la densidad no ocurriendo esto en tres genotipos H-508, TC-45 y T-27 los cuales exhibieron una respuesta cuadrática; el resto de los genotipos es el NK-991 y E X T.

Márquez y Velazco (1976) compararon los rendimientos de mazorca, días a floración femenina y altura de la planta de cuatro variedades de maíz en cinco densidades de población --

20, 40, 60, 80 y 100 mph bajo dos metodologías experimentales un diseño convencional (parcelas divididas en bloques al azar) y un sistemático circular en este se establecieron densidades fijas y variables, constando en total de cuatro ensayos distintos. Observaron que todos los experimentos clasifican a las densidades y genotipos en la misma forma para los caracteres estudiados, sin embargo para el rendimiento se clasificaron de forma distinta a los genotipos. A mayores densidades correspondieron plantas más tardías, más altas y mayor rendimiento unitario. Por otra parte discuten que los diseños sistemáticos circulares son más efectivos que los convencionales para evaluar genotipos sembrados en diferentes densidades de población en cantidades mayores que los convencionales ya que es significativo considerar desde las primeras etapas del mejoramiento genético la densidad de población es decir se pueden comparar muchos genotipos y densidades mediante este tipo de diseños.

Alvarado (1977) estudió siete genotipos de maíz en tres densidades de población 40, 50 y 60 mph. Indica que al incrementarse la densidad se disminuyó el ancho de la hoja de la mazorca y el porcentaje de mazorcas por planta (2.52, 2.15 y 1.88). Al incrementarse la densidad se aumentó linealmente el rendimiento (5.7, 6.0, 6.3 ton/ha), la floración se fue retardando y se registraron mayores porcentajes de mazorcas mal polinizadas; la altura de la mazorca mostró diferencia altamente significativa para el factor densidad, pero la diferencia entre la media de la más alta y baja densidad, fue de 0.86 cm. La densidad no mostró efecto sobre la altura de la planta, longitud de la hoja y porcentaje de olote, los genotipos de menor altura presentaron menores porcentajes de acame.

Crossa (1977) realizó una investigación para conocer el efecto de la densidad de población en la selección de una variedad de maíz CIPA (Compuesta de maíces de altura normal). Efectuó cruza biparentales de 153 plantas obteniendo 306 familias de hermanos completos, agrupándolas en dos ambientes -



diferentes (densidad baja 24 mph y densidad alta 72 mph). Discute que en baja densidad los genotipos más rendidores expresaron más hijos y cada hijo mostró capacidad de producir mazorcas, en alta densidad los más rendidores exhibieron menor número de hijos, sin posibilidad de producir mazorcas cada hijo y las plantas fueron precoces. Concluye que es más benéfico efectuar la selección en densidades de población más altas pues de esta forma se obtendrían genotipos que bajo condiciones de mucha competencia son capaces de maximizar las condiciones ambientales en las que se desarrollaran, a pesar de que en baja población es más efectivo elegir familias para el carácter número de mazorcas por planta.

Hurtado (1977) realizó un estudio de competencia intrapoblacional en líneas, compuestos balanceados y sintéticos de maíz obtenidos a partir de los genotipos Zac 58, Bolita y Mich 21 en dos densidades de población (32,750 y 98,381 pph). El peso de grano, número de mazorcas e hijos por planta fueron disminuyéndose significativamente al incrementarse la densidad, mientras que los días a floración se fueron retrasando en los tres grupos de población; el número de hojas arriba de la mazorca principal se mantuvo constante en las densidades, excepto que en la población de los compuestos de Mich 21 se observó un mayor número de hojas en baja densidad. La altura de la planta en los compuestos Zac 58 y Bolita fue mayor en alta densidad y en Mich 21 el valor más alto fue en baja densidad, mientras que la altura de la mazorca fue mayor en alta densidad en los tres genotipos; en las líneas y sintéticos la altura de la planta se mantuvieron constantes en las dos densidades; pero su altura de mazorca fue mayor en alta densidad, estos cambios descritos son explicados por el autor por medio de la interacción genotipo-ambiente.

Tanaka y Yamaguchi (1977) evaluaron genotipos de maíz, densidades de población y niveles de nitrógeno. Observaron que a mayor densidad se va incrementando el rendimiento, altura de la planta, índice del área foliar (I.A.F.), número de -

mazorcas y granos por unidad de área, plantas con floración tardía y acamadas, indicando que ésta última característica fué debido a que los culmos eran más altos y delgados. En bajas densidades existió una emisión de los estigmas más temprana, mayor grosor del culmo y número de granos por hilera; el número de hileras por mazorca se mantuvo constante, citan que es un carácter que no es afectado fácilmente por las condiciones de cultivo. Por otra parte señalan que las cinco hojas al nivel o arriba de la mazorca del maíz juegan el papel más importante en el llenado de grano por lo que el aumento del peso seco del grano depende de la fotosíntesis de estas hojas, pues la contribución de las hojas inferiores es limitada por el efecto sombreado en condiciones de campo. Esta conclusión concuerda con lo observado por Pinchinat (1976) el cual evaluó variedades de maíz en tratamientos de remoción o defoliación de tallos y hojas, consignando que las hojas superiores de la mazorca son las que contribuyen fundamentalmente al rendimiento.

Bolaños (1978) comparó diez genotipos de maíz de altura de planta contrastantes (braquíticos, de porte bajo y normales) en nueve densidades de población, 39,685; 44,286; 54,094 57,656; 67,906; 82,588; 105,371; 146,600 y 235,059 pph. Menciona que el índice del área foliar (IAF) aumentó con el incremento de la densidad y que no necesariamente un valor alto refleja un rendimiento elevado; la altura de planta y mazorca aumentaron al incrementarse la densidad hasta un óptimo ya que después mostraron abatimientos en los tres grupos de genotipos, mientras que el peso de grano por planta y diámetro de tallo disminuyeron conforme aumentaba la densidad. El rendimiento unitario en el grupo de plantas bajas aumentó al incrementarse la densidad, los braquíticos aumentaron sus cosechas hasta 54,094 pph declinando su rendimiento en las densidades siguientes menciona que esto es debido tal vez a que son materiales seleccionados en bajas densidades y los normales aumentaron sus rendimientos hasta 105,371 pph, en las siguientes densidades se abatió su rendimiento. Los materiales de planta

baja resistieron el acame de todos los niveles de densidad, - siendo el valor más alto de 11.6% de acame en 146.6 pph, en - los braquíticos se mantuvo bajo excepto mph, en las dos densidades de población más altas donde registró un valor de 38.2% de acame, mientras que los normales fueron susceptibles al -- acame en la mayoría de las densidades, habiendo resistido enforma efectiva en las dos densidades más bajas, en altas densidades registró un valor de 46% de acame argumentando que esto es debido a su altura de planta excesiva y reducción en el diámetro del tallo.

Pedroza y Fernández (1978) evaluaron tres densidades de población 41,625; 83,250 y 125,000 pph, tres dosis de fertilización y dos niveles de desespigue en un híbrido de maíz. Reportan que los caracteres longitud de mazorca, peso del grano y número de granos por planta, índice de fecundación y diámetro del tallo van disminuyendo al incrementarse la densidad - de población. Indica que la mayor producción de rendimiento - se obtuvo combinando los tratamientos de una población moderada, niveles medios de fertilización y desespigando las plantas.

De-Loughery y Crookston (1979) indican que el índice de cosecha (I.C.) es uno de los índices normalmente usados a evaluar la eficiencia del rendimiento. Usaron diez híbridos de - maíz de relativa madurez (75, 90, 105, 120 y 135 días) siendo dos maíces de cada clase en cinco densidades de población --- 12.5, 25, 50, 100 y 200 mph, en tres localidades. Consignaron que las diferencias en madurez relativa no afectó consistentemente el (I.C.) aunque en los híbridos tardíos disminuyó di-- cho índice. Al incrementarse la densidad el (I.C.) fué decreciendo en las tres localidades.

Márquez (1979) estudió el comportamiento de cinco genotipos de maíz sembrados por separado (siembra pura y en mezcla) con el objeto de simular una población heterogénea donde se - le practique selección, las densidades de población empleadas fueron 20, 50, 80, 110 y 130 mph. Detectó diferencias entre -

genotipos, densidades e interacciones, la siembra pura fué superior a la mezclada y la producción individual se redujo considerablemente al aumentarse la densidad de población en ambos tipos de siembra.

Martínez (1979) empleó cinco genotipos de maíz en tres poblaciones 60, 70 y 80 mph, informa que la producción superior de forraje verde se obtuvo a 60 mph y en seco a 60 y 70 mph siendo estos promedios iguales estadísticamente superando en un 12% a la densidad más alta, no existió diferencia significativa entre genotipos. Al aumentar la densidad se reduce el porcentaje de floración femenina y masculina, mientras que la altura de la planta y mazorca no sufrieron modificación significativa por la densidad. Indica que el efecto de la densidad no fué muy marcado pero en variedades si con respecto al porcentaje de plantas quebradas y acamadas, pero escudriñando los resultados experimentales se deduce que en la densidad de 70 mph registró los valores más altos.

Fesenko (1981) empleó híbridos de cruza simple de maíz con un rango de número de mazorcas de 1 a 2.5 en tres densidades de población 20, 40 y 60 mph. Indica que las condiciones ambientales marcaron el efecto en el número de mazorcas, pues los híbridos que mostraron en 2.0 a 2.5 mazorcas por planta disminuyó su valor de 1.3 a 1.8 al aumentar la densidad. Añade que un incremento en el número de mazorcas no siempre fué asociado por un incremento en el rendimiento.

López (1981) utilizó la variedad N.L.U-127 de maíz sembrándola en el Campo Agrícola de Marín, N.L. combinó tres distancias entre surco y tres entre planta, formando nueve combinaciones de población los cuales variaron desde 44,444 hasta 95,237 mph. Informa que los promedios de rendimiento de cada combinación se disminuyen al reducirse la población. El más alto rendimiento lo cosechó en la densidad de 95,237 mph (8.437 ton/ha). Aplicó un análisis de regresión, consignando que por cada incremento en la distancia entre plantas el rendimiento se decrece a 1240 ton/ha.

Amaya (1982) investigó el efecto de la densidad de población 45, 60 75, 90 y 105 mph en una cruce intervarietal de -- maíz. La producción de forraje verde y seco se comportaron estadísticamente iguales siendo la media más alta en 90 mph. La producción de rastrojo se comportó igual en todas las densidades, pero su promedio más alto se registró a 75 mph. En cuanto a generaciones la F2 superó a la F1 en forraje y rastrojo. El rendimiento más alto de grano se consiguió en la densidad de 60 mph 5.22 (ton/ha) con un 24% de incremento con respecto a la densidad de 105 mph, para generaciones no existió diferencia significativa, la altura de la mazorca no mostró cambio alguno al variar la densidad. El porcentaje de plantas -- quebradas fué superior a 105 mph siendo un 32% mayor que la -- de 45 mph; el porcentaje de acame mayor se registró a 90 mph resultando un 23% mayor en comparación con la densidad más baja. Registró en las dos densidades más altas los porcentajes -- más altos de las siguientes características: mazorcas dañadas mal polinizadas y podridas.

Montero (1982) comparó siete genotipos de maíz de altura normal, intermedia y enanos de tipo braquítico dos de densidades de 60 y 75 mph. Observó ausencia de significancia estadística para densidades no para genotipos en los caracteres de -- rendimiento de grano, forraje seco y altura de la mazorca. -- Los genotipos normales e intermedios superaron en rendimiento y en porcentaje de plantas acamadas a los genotipos enanos. -- Registró mayores daños de acame que de plantas quebradas, -- siendo los genotipos enanos los más resistentes al quiebre de los tallos. El porcentaje de acame se aumentó al incrementarse la densidad excepto para la variedad NL VS-1Ee, la mayor -- sanidad de las mazorcas las detectó en baja densidad. Cita a Dungan y Long (1958) los cuales indican que el número de mazorcas por tallo está determinado por la herencia y por el ambiente. Variedades prolíficas producen plantas con mas de una mazorca, aún bajo condiciones relativamente desfavorables de crecimiento. Detectaron que la esterilidad era debido más --- bien a la densidad de plantas que a la prolificidad, pues se-

representó mayor esterilidad a mayor densidad. Cita Quiñones- (1976) y Alanís (1978) los cuales observaron que al aumentar la densidad de población el ancho de la hoja de la mazorca -- fué disminuyendo significativamente, mientras que en la longitud de la hoja de la mazorca el efecto no fué significativo, -- las densidades variaron en 40 a 80 mph.

### 2.1.1. Resumen acerca de los cambios fenotípicos y fisiológicos propiciados por la densidad de población sobre diferentes características de maíz.

1.- Al aumentar la densidad de población ocurre una disminución en la media y la varianza de los siguientes caracteres: peso de mazorca, grano, número de mazorcas, número de -- granos, número total de hojas y área foliar por planta, peso de un determinado número de semillas (100, 300, 1000 etc), -- diámetro de mazorca, longitud de mazorca, número de hijos --- (de variedades ahijadoras), índice de fecundación (I.F.) índice de cosecha (I.C.), ancho de la hoja de la mazorca, diámetro del tallo, plantas erectas, contenido de proteína y aceite del grano, peso seco, ancho y profundidad de las raíces -- por planta.

2.- Al aumentar la densidad de población, ocasiona un -- aumento significativo de los siguientes caracteres: número de plantas jorras, número de granos y mazorcas por unidad de -- área, peso de forraje, las características mazorcas dañadas, -- podridas, mal polinizadas, plantas acamadas, quebradas y rotura de los granos expresados en porcentaje, esta última variable se cuantifica en un aparato donde se mide su resistencia, días a floración femenina y masculina, para este último caracter pero expresado en porcentaje un autor reporta que al aumentar la densidad se reduce y otro que se aumenta. El rendimiento unitario de mazorca, grano y raíces secas aumentan hasta un óptimo que depende del genotipo y del ambiente.

3.- En bajas densidades de población existe una expresividad del genotipo, observándose aumentos significativos en --

la media y la varianza de las siguientes características: peso de mazorca, grano, número de mazorcas, número de granos, número de hojas y área foliar por planta, peso de un determinado número de semillas, diámetro de mazorca, longitud de mazorca, número de hijos (de variedades ahijadoras) índice de fecundación (I.F.), índice de cosecha (I.C.), ancho de la hoja de la mazorca, diámetro del tallo, contenido de proteína y aceite del grano, peso seco, ancho y profundidad de las raíces por planta.

4.- Para las características altura de la planta y altura de la mazorca, diversos investigadores reportan que estas aumentan al incrementarse cada densidad de población establecida, otros publican que se mantienen estables estos caracteres independientemente de las densidades aún cuando el contraste de las densidades es amplio tanto para los investigadores que detectan significancia estadística o no para el factor densidad, tal vez otros factores influyan en estas respuestas diferenciales como clima, suelo, genotipo etc. Otros investigadores que emplearon densidades elevadas (arriba de 140 mph) ya que evaluaron genotipos contrastantes de altura de planta observaron que cada característica va en aumento hasta un óptimo pues después muestran abatimientos.

5.- Los caracteres peso exterior del tegumento de la semilla (testa), por ciento de olote, longitud de la hoja de la mazorca, número de hojas arriba de la mazorca y número de hileras, normalmente no son afectados por la densidad de población es decir se mantienen constantes en cualquier densidad. Altos valores de heredabilidad han sido estimados por diversos autores para los caracteres longitud de la hoja de la mazorca y número de hileras, por lo que se confirma de que la densidad de población aunque sea un ambiente de naturaleza agronómica influye en la magnitud de diversos parámetros poblacionales como la heredabilidad, ya que caracteres que son afectados significativamente por la densidad normalmente exhiben una baja heredabilidad y caracteres que no son modifica--

dos significativamente por la densidad muestran alta heredabilidad.

6.- Los genotipos de altura normal son más susceptibles de acamarse y quebrarse al aumentar la densidad. Los genotipos de altura intermedia dependiendo de la constitución genética hay algunos que resisten el acame en todas las densidades existen otros que en alta densidad son susceptibles. Los genotipos enanos generalmente soportan altas densidades, solamente cuando son presiones altas (arriba de 140 mph) si presentan acame.

7.- Existe una relación funcional significativa entre los caracteres diámetro del tallo, plantas acamadas y quebradas con las densidades de población, pues a medida que se va reduciendo el diámetro del tallo al aumentar la densidad de población se presentan mayores daños de acame y plantas quebradas. Poehlman (1976) indica que el acame favorece el desarrollo de mazorcas de poco peso, calidad y maduración incompleta y que los híbridos generalmente son más resistentes al acame que las variedades de polinización libre. Hubner y Wagner (citados por Martínez 1979) cuantificaron en el laboratorio el acame y resistencia de los tallos al rompimiento, estos fueron afectados por la longitud, grosor y peso de los tallos observando diferencias entre variedades y densidades. Montero (1982) menciona a diversos autores que concluyen lo mismo: el aumento de la densidad trae consigo un incremento de la susceptibilidad del acame, pues hay una mayor tendencia del rompimiento de los tallos.

8.- Existe una relación funcional (lineal y no lineal) entre algunos caracteres y la densidad de población. Por ejemplo los caracteres peso de mazorca y grano por planta, ancho de la hoja de la mazorca y diámetro del tallo exhiben una relación lineal negativa con la densidad; el rendimiento de mazorca, grano, y raíces secas aumentan hasta un óptimo que depende del genotipo y del ambiente (densidad de población) en algunos casos se presenta una relación lineal positiva y en



otros casos es cuadrática.

9.- Las densidades de población variaron desde 9,888 a 235,059 pph estableciéndose la siguiente clasificación tentativa:

Muy bajas: Las que variaron de 9,888 a 19,768 pph

Bajas: Las que variaron de 20,000 a 29,652 pph

Intermedias: Las que variaron de 30 a 50 mph

Altas: Las que variaron de 50 a 90 mph

Muy Altas: Las que variaron de 90 a 120 mph

Las demasiado altas fueron: 146,200 y 235,059 pph

10.- La aplicación de nitrógeno ocasionó aumentos significativos en los rendimientos individuales, unitarios y calidad de las cosechas por ejemplo el contenido de proteína y -- aceite se incrementaron con el aumento del nitrógeno y se disminuyó el número de plantas estériles.

11.- Normalmente los diseños experimentales bloques al azar y cuadro latino en combinación con un arreglo en parcelas divididas son los mas utilizados para comparar variedades y densidades, sin embargo tienen la desventaja de que no son muchos los tratamientos que pueden emplear, siendo los diseños sistemáticos circulares los de mayor capacidad para evaluar cantidades mayores de variedades y densidades.

## 2.2. Interacción genotipo-ambiente

Existe una gran cantidad de información de genetistas, - mejoradores de plantas y animales que es evidente de que la - interacción genotipo-ambiente esta presente con mayor frecuencia que ausente (Bucio 1969).

Bucio (1969) estableció un lote de selección masal en -- una variedad de maíz en tres densidades 60, 70 y 80 mph y --- tres niveles de nitrógeno 0, 80 y 160 kg de N/Ha. Discute que en baja densidad existe una competencia menor de las plantas - por agua, nutrientes, luz etc. ocasionando que estas se vean favorecidas o perjudicadas en el rendimiento contribuyendo a que se incrementara la varianza ambiental mientras que en alta densidad ocurrió lo contrario, por lo tanto sugiere que el lote de selección se establezca en condiciones de alta densidad. Observó que la varianza fenotípica fue disminuyendo significativamente (842,714,652) al aumentar la densidad de población, indica que si esta reducción es debido a que los - - efectos de interacción (ge) son pequeños cuando hay alta densidad entonces es difícil efectuar selección para un óptimo - densidad mayor que el actual y si la reducción de la varianza fenotípica se debiera a que los efectos (ge) son grandes cuando es baja la densidad, la selección bajo condiciones de baja densidad conduciría a seleccionar genotipos adaptados a estas condiciones y consecuentemente a una reducción del rendimiento unitario. Por otra parte observó que la varianza fenotípica aumentó considerablemente (616, 759, 805) al incrementarse cada nivel de nitrógeno lo cual quiere decir que existen genotipos que aprovecharían altas cantidades de nitrógeno mayores que las establecidas en este ensayo.

Agudelo (1974) usó un compuesto balanceado de 120 mazorcas de un maíz criollo en tres densidades 20, 60 y 100 mph. - Discute que en la densidad mas baja no se considera que exista competencia entre los genotipos por lo que se expresan a la plenitud, en la densidad intermedia exhiben mejor respuesta pero no a su máxima capacidad y en la densidad más alta, -

genotipos con poca capacidad de competencia no expresan su máximo potencial por lo que tienden a presentar igual fenotipo pero otros más hábiles logran mostrar su mayor nivel de potencial genotípico.

Márquez (1974) manifiesta que la interacción genético -- ambiental es el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a distintos ambientes. Afirmando que estos efectos no siempre se han tomado en cuenta en los programas de mejoramiento genético de las plantas.

Palomo y Ortiz (1975) opinan que la mayoría de los genotipos se comportan en forma diferente cuando se desarrollan en ambientes diferentes.

González (1978) dice que en el comportamiento relativo de una variedad intervienen factores genéticos y ambientales, los que interactúan ocasionando aumentos o disminuciones del rendimiento; en las últimas décadas el problema de la interacción genético-ambiental ha adquirido gran interés, constituyendo un aspecto básico en los programas de mejoramiento y -- que el fitomejorador persigue la formación de variedades de rendimiento elevado que interactúen poco con el ambiente y en otros casos que muestren respuesta favorable en condiciones desfavorables.

Márquez y Fegan (citado por Márquez, 1979) postulan que en altas densidades los efectos de la interacción genotipo -- ambiente debe ser mayores que en bajas densidades, por una mayor competencia entre las plantas en aquellas que en éstas. Sembraron una mezcla de cuatro variedades de maíz y a sus componentes por separado en las densidades 20, 50 y 80 mph que fueron fertilizadas con 80, 160 y 240 kg de N/Ha, y determinan el peso seco de la planta antes de la producción de grano a los 51, 66 y 132 días de efectuada la siembra. La interacción la midieron como el cociente de la componente variedad x período de corte en la siembra mezclada sobre la misma componente en la siembra pura, esperando un mayor cociente en las-

más altas densidades y fertilización. Ambas cosas se cumplieron concluyendo que si el peso de forraje y grano están correlacionados positivamente la selección masal debe efectuarse en densidades de población de tipo comercial.

Mendez (1982) aclara que una hipótesis muy significativa es la de "no interacción" entre dos o más factores cuantitativos que sirven como criterio para definir las poblaciones bajo estudio. Cuando la hipótesis de "no interacción" es rechazada, los resultados de un factor se ven modificados por los niveles de otro(s) factor(es). Por ejemplo, si se estudian -- ciertas variedades en diferentes ambientes, la "no interac--- ción" indicará que la mejor variedad en general es también la mejor en cada uno de los ambientes estudiados; o sea que las relaciones entre las medias de las variedades son las mismas en los diferentes ambientes. Si la hipótesis de "no interac--- ción" es rechazada, ello indicará que para cada ambiente se tiene cierto tipo de relaciones entre las medias varietales. Posiblemente la mejor variedad en general no sea la mejor en todos los ambientes, lo que indicará la necesidad de estudiar las relaciones entre medias varietales en cada ambiente.

Jimenez et al (1983) señalan que la diferencia en res--- puesta que muestran los genotipos al ser sometidos en ambientes distintos se conoce como interacción genético-ambiental (GA); Cuando no es significativa generalmente se interpreta -- como que los genotipos en estudio modificaron la expresión -- del carácter considerado, en igual proporción a los cambios -- ambientales, es decir se esperaría que la mayoría de los geno-- tipos quedarán incluidos en la categoría de estables. Por el-- contrario, se espera que cuando la acción (GA) resulta signi-- ficativa, los genotipos expresan el carácter en cuestión no -- proporcional a los cambios ambientales lo cual puede interpre-- tarse como una respuesta inestable e inconsistente. Agregan -- que es necesario realizar el análisis de varianza convencio-- nal como el de regresión conjunto para una mejor interpreta--- ción de la interacción (GA).

### 2.3. Parámetros de Estabilidad

La tecnología agrícola debe estar acorde al medio ambiental, social y debe ser dinámica especialmente para las zonas de subsistencia, por lo que debe seguirse el modelo siguiente desde las primeras etapas del mejoramiento genético para el cultivo del maíz: 1) Variedad de polinización libre 2) de amplia adaptabilidad 3) de seguridad en el rendimiento 4) de origen criollo. Para esto la técnica estadística conocida como parámetros de estabilidad o adaptabilidad proporciona una ayuda muy útil, consiste en someter a ensayos uniformes de rendimiento a variedades en diversos ambientes de manera que cada genotipo puede describir su producción y comportamiento en cada ambiente (Márquez, 1976).

Eberhart y Russell (1966) propusieron un modelo estadístico el cual estima el comportamiento de una variedad en diferentes ambientes, compararon cruza simples y dobles de maíz, deduciendo que algunas cruza exhibieron un coeficiente de regresión menor que la unidad recomendándolas para condiciones desfavorables y para ambientes favorables recomienda genotipos con un comportamiento por encima del promedio de todos los ambientes es decir un coeficiente de regresión mayor que uno y varianza de las desviaciones de regresión cercanas a cero. Definen como variedad estable la que reúna un coeficiente de regresión ( $b_i=1$ ) y la varianza de las desviaciones de regresión ( $S^2 d_i=0$ ).

Scott (1967) condujo un estudio para determinar la selección de líneas de maíz por estabilidad del rendimiento desarrolladas en una serie de ambientes indicando que resultó eficiente dicho proceso selectivo.

Russell y Eberhart (1968) usaron diez líneas endogámicas de maíz de una mazorca simple y de dos mazorcas en una prueba de mestizos empleando una cruza simple de una mazorca y dos mazorcas como probador y los compararon por estabilidad en dos ensayos, uno de ellos representando por ambientes ecológicos y el otro combinándolo con densidades de población 29, --

28.7, 48.4 y 58.1 mph. Los parámetros de estabilidad para los cuatro grupos de híbridos fueron similares en los dos ensayos. Los rendimientos del primer grupo (1x1) x1 fueron bajo del -- promedio en los ambientes de bajo rendimiento y rendimientos -- arriba del promedio en los ambientes altamente productivos. - Situación contraria se presentó para el grupo (2x2) x2 pues - las desviaciones de regresión fueron mucho mas altas para el grupo (1x1) x1 que para el grupo (2x2) 2x de tal manera que - el grupo (1x1)x2 quedó ampliamente satisfecho la definición - del término estabilidad y fué muy intermedio entre el grupo - (1x1)x1 y (2x2)x2 para las desviaciones de regresión.

Eberhart y Russell (1969) concluyen que el parámetro más importante parece ser el cuadro medio de las desviaciones de -- regresión ya que todos los tipos de acción génica parecieron -- involucrarse en esta estabilidad.

Carballo y Márquez (1970) compararon por rendimiento y - estabilidad variedades de maíz agrupadas en función del tipo -- de siembra (riego y temporal). Se describieron estos materia -- les en base a sus medias de rendimiento y clasificándolos en -- seis situaciones posibles derivadas de las combinaciones de -- los parámetros de estabilidad. Identificaron como variedad de -- seable bajo dos criterios 1) definirla el fitomejorador basa -- do en las características del ambiente 2) la que reúna una me -- dia alta, un coeficiente de regresión igual a la unidad y des -- viaciones de regresión igual a cero.

Poey (1975) manifiesta que existe una asociación entre - sistemas de mejoramiento y tipos de agricultura, fundamentan -- do que los híbridos interaccionan positivamente con el ambien -- te, mientras las variedades de selección masal son mas esta -- bles en ambientes contrastantes. Cita a Córdoba (1975) el --- cual comparó sintéticos de maíz formados con un número de lí -- neas en cinco localidades; concluye que el sintético compues -- to por ocho líneas se ajustó al término estadístico de esta -- bilidad, demostrando que las variedades sintéticas son mas -- consistentes que los híbridos simples y dobles y un sintético

formado por ocho líneas se considera como una variedad heterogénea comparable a las derivadas por selección masal.

Benitez (1977) obtuvo 200 familias de un maíz criollo -- aplicándoles el método de selección mazorca por surco estratificado evaluándolas en dos ambientes ecológicos. Seleccionó 40 familias que muestran coeficientes de regresión menores -- que la unidad y presentaron promedios bajos de rendimiento, -- caso contrario exhibieron las demás familias pues 20 presentaron regresiones mayores que uno y rendimientos altos; para -- las desviaciones de regresión todas las familias expresaron -- valores iguales a cero debido a la presencia de solo dos ambientes. Menciona que considerando solo el coeficiente de regresión menor o igual a la unidad y medias de rendimiento alto por familia seleccionada estos resultados permiten concluir que existen grados de estabilidad aun dentro de una variedad criolla por lo que es factible iniciar la selección hacia mayores rendimientos y con mejor respuesta en ambientes desfavorables.

Mejía y Muñoz (1977) establecieron ensayos de rendimiento de 50 maíces criollos y siete híbridos en condiciones de temporal en diferentes localidades; los criollos tienden a -- ser estables y la gran mayoría responden mejor en ambientes -- desfavorables, mientras que los híbridos respondieron mejor -- en condiciones favorables, tres de ellos mostraron consistencia y el resto inconsistencia. Concluye que es importante definir que tipo de variedades criollas son las más deseables -- de acuerdo a las condiciones ambientales ya que algunas expresaron coeficientes de regresión igual y menor a la unidad.

González (1978) evaluó seis genotipos de chícharo durante tres años continuos (ambientes) en condiciones de temporal. Las variedades se agruparon dentro de dos situaciones de los parámetros de estabilidad (a) aquellas que exhiben un coeficiente de regresión igual a la unidad y varianza de las desviaciones de regresión igual a cero y (b) las que tienen un coeficiente de regresión igual a la unidad y varianza de las

desviaciones de regresión mayor que cero. Concluye que es necesario comprobar el comportamiento de estas y otras variedades en la zona para el ciclo de riego y formar variedades que exhiban adaptabilidad.

López (1978) condujo dos experimentos usando seis maíces criollos; al primer ensayo tenía como hipótesis: "los genotipos seleccionados en condiciones limitantes tienen mayor estabilidad en su comportamiento que los seleccionados en condiciones no limitantes, cuando ambos se evalúan en distintos ambientes", utilizó el criollo Tlaxcala 169 evaluándolo en cinco ambientes agronómicos de selección que a continuación se mencionan sus características y resultados.

Amb. Agronómicos de selección	Fertilización (Fórmula/ha)	Densidad de población	Rto. (Kg/ha)	bi	S <sup>2</sup> di
1	80-40-0	40	5472	1.130*	0.120*
2	0- 0-0	80	5389	1.088	0.083*
3	80-40-0	80	5217	1.115*	-0.013
4	0- 0-0	40	5070	0.960	0.045*
5	80-40-0	40 con maleza	4584	0.703*	0.248*

\* Significativo diferente de uno y/o de cero

Este genotipo (Tlax 169) fué elegido por tener una categorización estable, comportamiento que en esta prueba no se mantuvo pues la categorización obtenida lo ubicó como menos sensible a los cambios ambientales e inconsistentes y concluye que la hipótesis propuesta se comprobó parcialmente, ya que a medida que va siendo menos drástico el ambiente, según la escala utilizada este comportamiento cambia.

El segundo ensayo tenía como objetivo observar si las poblaciones seleccionadas y categorizadas como estables en base a su rendimiento por la técnica de parámetros de estabilidad se comportan como genotipos poco sensibles en su respuesta ante los cambios ambientales, bajo la hipótesis siguiente "en la discriminación de genotipos, la selección de materia--



les estables implica menos riesgos desde el punto de vista de su uso directo y el de su aprovechamiento en el fitomejoramiento", comparándolos en 4 ambientes agronómicos combinación de dos tratamientos de fertilización (0-0-0 y 80-40-0) y dos densidades (40 y 80 mph) y en cuatro ambientes ecológicos formándose 16 ambientes agronómicos, a continuación se expresan los resultados que obtuvo: Rendimiento (Kg/ha) y parámetros de estabilidad de los criollos en diferentes categorizaciones evaluados en 16 ambientes.

Variedad	Categoría	Conjunto			
		Rto.	bi	s <sup>2</sup> di	
Tlax 208	$\beta < 1$	4361	a	1.120*	0.199*
Tlax 179	$\beta < 1$	4621	a	0.953	0.007
Tlax 169"	$\beta = 1$	4489	a	0.953	0.038
Tlax 186	$\beta = 1$	4414	a	1.082*	0.013
Tlax 135	$\beta > 1$	4530	a	0.959	0.052
Tlax 239	$\beta > 1$	4315	a	0.929*	-0.039

\* Significativo diferente de uno y/o de cero

a Rendimiento estadísticamente igual

" Significa que fué el único genotipo que mantuvo su consistencia original.

Concluyendo lo siguiente: 1) la hipótesis II no se comprobó pues los criollos se comportaron de una manera semejante entre si (media de rendimiento), siendo este comportamiento variable desde estabilidad hasta mucha sensibilidad a los cambios ambientales, solo el criollo (Tlax 169) mantuvo su consistencia, sin embargo en el ensayo uno expresó diferencias notables de comportamiento; 2) la categorización de los genotipos cambió de una prueba a otra debido a diversos factores como características de heterogeneidad ambiental, número de ambientes involucrados y grupo de variedades que intervinieron.

Vallejo (1978) comparó 36 genotipos de papa en nueve ambientes ecológicos. Indica que el método de Eberhart y Russell (1966) resultó efectivo en la discriminación de las variedades pues se agruparon bajo las seis situaciones posibles de los parámetros de estabilidad Carballo y Márquez (1970). Registró que el 88.9% de los materiales mostraron coeficientes de regresión igual a la unidad y en 69% fueron inconsistentes. Agrupó a los ambientes en tres categorías de acuerdo a su producción: desfavorables, favorables y muy favorables.

Márquez (1979) aplicó los parámetros de estabilidad para cuantificar la interacción de los genotipos con las repeticiones en ambas condiciones de siembra (pura y mezclada) para cinco densidades de población. Discute que se aprecia una mayor interacción por repeticiones en la siembra pura y que se debe en general a mayores sumas de cuadrados de las desviaciones de regresión. Los coeficientes de regresión en la siembra pura, cuatro de ellos se apartan de la unidad en cantidades apreciables, aunque no significativamente, en la cosecha mezclada esto sucede solo en dos genotipos, en uno de ellos en forma altamente significativa. Discutiendo que en las variedades sembradas en mezcla, la competencia al azar causa una mayor consistencia, redundando en una respuesta lineal más cercana a la unidad, en cambio al ser sembradas en forma pura están desprovistas de este efecto, resultando "susceptible" inconsistentemente al cambio ambiental. A continuación se muestran los resultados obtenidos por este autor:

Parámetros de estabilidad para los cinco genotipos, siembra pura (P) y mezclada (M) en 5 densidades de siembra.

	$v_1$		$v_2$		$v_3$		$v_4$		$v_5$	
	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
Bi	0.66	0.98	1.30	1.04	0.90	0.21**	1.48	1.67	0.67	1.04
$S^2_{di}$	664.6	122.3	1013.8	55.6	47.2	14.7	350.9	136.1	299.1	164.8

\*\* Significativamente diferente de 1

V<sub>1</sub> Hgo.8, V<sub>2</sub> Mich. 21, V<sub>3</sub> H-28, V<sub>4</sub> H-129, V<sub>5</sub> Mex-208.

Coutiño (1980) realizó un ensayo de 16 genotipos de - - maíz; seis híbridos, nueve variedades mejoradas y un criollo en cuatro localidades. Manifiesta que los genotipos homocigotes exhibieron mayor estabilidad que los heterocigotes, estos últimos presentaron respuestas favorables en los ambientes fa- vorables. Discute que debido a la inconsistencia de los híbri- dos tropicales introducidos urge la formación de variedades - mejoradas a partir de criollos que posean características de- estabilidad, buen rendimiento, aceptación regional y abatir - la altura y ciclo tardío para satisfacer las necesidades de - los agricultores.

Ibarra (1980) planeó un experimento para estudiar el com- portamiento de once genotipos de maíz bajo condiciones de tem- poral en cinco localidades. Los genotipos que presentaron es- tabilidad, consistencia y alto rendimiento fueron Llera II -- 3er CSM y Llera II respectivamente, seguidos por V-524, Llera II y Tux Car. II 2 CSM. El braquitico 2 CSM fue de bajo rendi- miento y lo recomienda para condiciones restrictivas; los hí- bridos H-503 y H-507 deben sembrarse bajo condiciones de rie- go y el criollo Gzz 3er CSM fué de alto rendimiento e incon- sistente. Concluye que los dos criollos son una buena opción- para el mejoramiento genético por su buen rendimiento y que - debe explorarse un rango ambiental más amplio incluyendo am- bientes de riego y temporal para caracterizar plenamente a -- los genotipos.

Oyervides et al (1981) estudió la respuesta de dos hí- bridos y once variedades de maíz y sus respectivas cruzas - - (55) en función de sus efectos de aptitud combinatoria gene- ral, específica y parámetros de estabilidad en tres ambientes. Discute que la mayoría de los genotipos son estables o que el rango ecológico explorado no es muy heterogeneo. Concluye que hay diferencias entre las variedades progenitoras en rendi- miento y estabilidad por lo que es factible formar genotipos-

que reúnan ambas condiciones. El grado de estabilidad de las cruzas intervarietales, en relación con la estabilidad de sus respectivos progenitores no se observaron respuestas claras - que permitan definir el tipo de acción génica aplicada en esta condición. Las dos principales componentes de la adaptabilidad, la productividad expresada en rendimiento y estabilidad expresada en base al coeficiente de regresión próximos a la unidad son independientes una de otra y están controlados por diferentes genes.

Lemus (1982 ) sembró 64 maíces criollos en tres localidades contrastantes en altitud; consignó que el 94% de las variedades se definieron como estables y el resto presentaron buena respuesta en todos los ambientes y son inconsistentes. Observó una reducción del rendimiento por ambiente, debido a una menor magnitud de la adaptación de los criollos al cambiarlos de lugar más bajos de siembra; concluye reducir el número de colectas, aumentar el número de ambientes y que existen criollos que pueden mejorarse a corto plazo.

Morales (1982) empleó 24 híbridos de maíz experimentales y comerciales en seis ambientes en el Norte de Tamaulipas. Indica que una buena parte de los genotipos son estables y el resto responden bien en cualquier ambiente y solo cuatro genotipos fueron inconsistentes. Comenta que el porcentaje de plantas acamadas es una característica importante en esta región, donde la cosecha mecánica se ha generalizado por lo tanto los genotipos que se mejoren deben ser resistentes al acame; concluye que hay cruzas triples iguales o superiores en rendimiento en comparación con los demás genotipos.

Márquez (1983) realizaron un método de predicción de variedades sintéticas de maíz evaluándolas en cuatro ambientes; detectaron que el mejor sintético calculado fué de siete líneas, el cual en la realidad expresó menor rendimiento que el de seis líneas que fué el máximo rendimiento. Concluyeron que los sintéticos de mayor rendimiento eran comparables al mejor híbrido, superaron a los testigos y que poseen característi-

cas de adaptabilidad que les permiten abarcar con ventajas -- condiciones ambientales y sistemas de cultivo restrictivos -- tanto para criollos e híbridos.

Sanz et al (1983) investigaron diez genotipos de maíz - en seis ambientes. Indican la existencia de un grupo de genotipos que mostró las características deseables de estabilidad entre ellos los híbridos H-412 y H-418 los cuales presentaron altas producciones de cosecha. Mencionan que la adaptabilidad esta gobernada genéticamente, la estabilidad obedeció - fundamentalmente a la plasticidad de uno o más componentes -- del rendimiento. Publican una tabla de índices fisiotécnicos y caracteres agronómicos por genotipo clasificados de acuerdo al tipo de respuesta de Carballo y Márquez (1970) señalando - que esta información exhibe una categorización diferente a la que si solo se considera el rendimiento.

Gamez (1984) caracterizó 20 genotipos de maíz en base a tres caracteres, evaluandolos en dos experimentos en dos localidades (4 ambientes). En cuanto a rendimiento la mayor parte de los genotipos expresaron un  $bi=1.0$  y todos fueron consistentes; para días a floración y altura de la planta todos los genotipos mostraron un  $bi=1.0$ , en cuanto a consistencia existieron cambios ya que algunos genotipos mostraron consistencia en el caracter altura de la planta pero en días a floración fueron inconsistentes es decir la categorización cambió de un carácter a otro dentro de un genotipo.

Martínez et al (1984) compararon 32 genotipos de maíz - contrastantes en precosidad en 7 ambientes en el Sur del Estado de N.L. mediante dos metodologías (parámetros de estabilidad vs análisis gráfico). Ambos métodos permitieron discriminar a los genotipos al clasificarlos por su comportamiento, - sin embargo el análisis gráfico aportó mayores oportunidades en la discriminación, siendo práctico por su fácil realización. Existen genotipos que rinden mejor en altitudes mayores a 2000 msnm, así mismo existen genotipos que rinden mejor en ambientes desfavorables, por ejemplo la variedad NL-S-13 - --

(intermedia) mostró un  $b_i < 1.0$  expresando su mejor rendimiento en ambientes de baja precipitación y en suelos de alta salinidad.

### 2.3.1. Resumen sobre parámetros de estabilidad

- 1.- El parámetro más tradicional y utilizado para comparar variedades es la media aritmética, sin embargo este criterio no ofrece mucha información del comportamiento de un determinado genotipo al cambiar el ambiente, siendo los parámetros de estabilidad los que dan una información más profunda de los genotipos al variar los ambientes de prueba, dichos parámetros son el coeficiente de regresión el cual relaciona la respuesta de un genotipo a los diferentes cambios ambientales es decir determinan adaptabilidad y la varianza de las desviaciones de regresión el cual da una idea de la consistencia o solidez de la respuesta del genotipo a la variación ambiental es decir revela casos específicos de estabilidad.
- 2.- El parámetro considerado como el más importante es la varianza de las desviaciones de regresión ( $S^2_{di}$ ) ya que en este se involucran todos los tipos de acción génica. Los dos principales componentes de la adaptabilidad, la productividad expresada en media varietal de rendimiento y estabilidad expresada en base al coeficiente de regresión ( $b_i$ ) próximos a la unidad son independientes una de otra y están controladas por genes diferentes.
- 3.- El método de análisis gráfico aporta mayores oportunidades en la discriminación de genotipos que el de parámetros de estabilidad con la ventaja que es práctico y fácil realización, sin embargo es indispensable conocer las condiciones ambientales de alguna región para su mejor aprovechamiento.

- 4.- Los parámetros de estabilidad son aplicados normalmente para ambientes contrastantes como años, localidades, fechas de siembra etc. pero también son utilizados a partir de ambientes agronómicos por ejemplo López (1978) - concluye que los genotipos formados en ambientes agronómicos restrictivos expresan un comportamiento consistente, Márquez (1979) concluye que los genotipos sembrados en mezcla exhibieron una respuesta con mayor consistencia a través de cinco densidades de población.
- 5.- El concepto de variedad deseable es definido bajo dos aspectos a) estadísticamente el genotipo que reúna una media alta, coeficiente de regresión igual a uno y varianza de las desviaciones de regresión igual a cero, b) a juicio del investigador el cual debe definirla basado en las condiciones ambientales.
- 6.- Los maíces criollos normalmente son de bajo rendimiento y de amplia base genética y aun dentro de una variedad - existen diferencias de estabilidad y rendimiento. Generalmente expresan coeficientes de regresión menor o - igual a la unidad, es decir muestran mejor respuesta en ambientes desfavorables o que no interactúan mucho con el ambiente, debido a estas situaciones diversos autores recomiendan definir el criterio de "variedad deseable" a juicio del agrónomo basado en las condiciones ambientales. Los materiales criollos son la base del éxito del mejoramiento genético de este cultivo y diversos autores concluyen que es factible formar genotipos que reúnan: - estabilidad, alto rendimiento y respuesta positiva en ambientes desfavorables.
- 7.- Las variedades mejoradas por selección y sintéticos se ajustan al concepto de variedad deseable estadísticamente, siendo éstos materiales de mayor consistencia que los híbridos simples y dobles. Las variedades sintéticas

superan a los criollos en rendimiento aún bajo condiciones desfavorables.

- 8.- Al comparar rendimiento contra otros caracteres la categorización es distinta de acuerdo a las situaciones de los parámetros de estabilidad.



#### 2.4. Correlaciones fenotípicas

La técnica de correlación es aplicada ampliamente en los programas de mejoramiento genético ya que constituye uno de los caminos para ahorrar tiempo y esfuerzo por ejemplo: 1) cuando la condición del carácter de interés es difícil de seleccionar por dificultades de baja heredabilidad, identificación o medición, el empleo de un carácter correlacionado, de alta heredabilidad y fácil medición es lo más conveniente para realizar selección indirecta 2) la correlación negativa entre dos caracteres obliga a seleccionar procedimientos genéticos adecuados para prevenirla o eliminarla (Goldenberg, - - 1968).

Green (1955) efectuó dos experimentos para conocer el grado de asociación entre altura de planta y rendimiento. En el primero evaluó 36 maíces guatemaltecos y 43 mexicanos, reporta correlaciones positivas y significativas. El segundo consistió en evaluar tres variedades y seis híbridos, en este no observó correlaciones entre estas variables. Indica que esto se debió probablemente porque cuando los ambientes son modificados las plantas no pueden manifestar sus características verdaderas, de ahí que las correlaciones fenotípicas entre altura y rendimiento son erráticas, fenómeno opuesto ocurre cuando el ambiente es el apropiado. Afirma que al acortar la altura de planta a través del mejoramiento existe una respuesta desfavorable del rendimiento.

Sarria (1966) efectuó cruza interracial de maíz, utilizando variedades como testigos. Reporta que los caracteres que presentaron correlación positiva y significativa con el rendimiento fueron: número de granos por mazorca, número de granos promedio por hilera, número de mazorcas por planta, número de hileras, ancho y longitud de la hoja de la mazorca. La altura de la planta mostró correlación significativa y positiva con la altura de la mazorca, longitud de la hoja y días a floración.

El Lakany y Russell (1971) estimaron correlaciones de caracteres de planta y mazorca con rendimiento en cruza de líneas de maíz, estableciendo tres densidades de población 31, 40.8 y 59.5 mph, clasificándolas en baja intermedia y alta población. El rendimiento mostró una correlación significativa positiva con altura de planta y mazorca en las tres densidades; el rendimiento presentó una correlación significativa y positiva con el diámetro de mazorca en intermedia y alta densidad; los caracteres número de mazorcas por planta, longitud de mazorca, profundidad del grano e índice de floración no presentaron correlación con rendimiento en baja e intermedia densidad, pero en alta densidad la correlación fué significativa y positiva, sin embargo la última variable cambió su signo a negativo. En forma independiente el número de mazorcas exhibió una correlación significativa y positiva en el diámetro de mazorca en las tres densidades, mientras que con la longitud de mazorca, profundidad del grano, porcentaje de polinización y número de semillas por planta presentaron una correlación significativa y positiva en alta densidad. La longitud de mazorca presentó una correlación significativa y negativa con el diámetro de mazorca en baja e intermedia población mientras que en alta densidad la correlación fué significativa y positiva.

Galarza (1972) comparó el método de "Per-se" y Mestizos en la selección de líneas de maíz, y determinó cual método detecta mayor número de caracteres correlacionados con el rendimiento. Concluyó que el número de líneas superiores seleccionadas y caracteres correlacionadas con rendimiento y entre si fué mayor por el método de "Per-se"; así el rendimiento mostró una correlación significativa y positiva con prolificidad, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso de 500 semillas, altura de la planta y mazorca con días a floración la correlación fué significativa y negativa, mientras que con el número de hileras no encontró correlación significativa.

Allen et al (1973) estudiaron 126 híbridos de maíz, mencionan que el número de hojas exhibió una correlación significativa y positiva con el área foliar, altura de planta, humedad en la cosecha, mientras que con el número de días a espigamiento la correlación fué significativa y negativa. Por otra parte manifiestan que el carácter número de hojas está gobernado genéticamente y es influenciado por el ambiente por ejemplo época de siembra, condiciones del cultivo, suelo y temperatura.

Cross y Zuber (1973) evaluaron el efecto de diferentes ambientes (27) los cuales comprendieron localidades de Canadá, E.U.A. y México sobre las interrelaciones de los caracteres altura de la planta, número de hojas y días a floración de 23 genotipos de maíz. Informan la existencia de una correlación significativa y positiva entre los caracteres altura de planta y número de hojas en la mayoría de los ambientes. Las correlaciones de días a floración con altura de planta y número de hojas fueron positivas y significativas sin embargo mencionan que cuando se consideraron para un amplio rango de ambientes estas fueron muy bajas.

Velazquez (1973) comparó 20 genotipos de maíz en diversos ambientes agronómicos durante dos años. Indica que el número de hojas mostró una correlación significativa y positiva con floración y rendimiento en todos los ambientes agronómicos estudiados. El número de días a floración y rendimiento mostraron una correlación significativa y positiva excepto cuando se sembró a 40 mph y sin fertilización. Registró cambios de las correlaciones en los años distintos de prueba, pues en el segundo año observó que la gran mayoría de las correlaciones fueron significativas y positivas, mientras que en el primer año las correlaciones fueron más bajas y pocas mantuvieron la significancia.

De León (1976) evaluó 48 maíces criollos, indica que el peso de grano exhibió una correlación significativa y posi-

va con los caracteres longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso de olote, número de hileras, altura de planta y mazorca, diámetro de tallo, número total de hojas, ancho y longitud de hoja; el caracter número de hojas arriba de la mazorca no presentó correlación con rendimiento. La altura de planta presentó una correlación significativa y positiva con altura de mazorca, longitud de hoja y diámetro de tallo.

Benitez (1977) registró las características de 200 familias derivadas de un maíz criollo, reporta que el peso de grano mostró una correlación significativa y positiva con las variables: diámetro de mazorca, longitud de mazorca, peso de olote y número de hileras, mientras que con las siguientes variables la correlación fué negativa y significativa: altura de planta, número de hojas arriba de la mazorca, días a floración, porcentaje de plantas jorras y acamadas.

Cantú, Muñoz y Silva (1977) efectuaron cada uno por separado un experimento comparando las mismas variedades criollas de maíz (36) en diferentes ambientes. Registraron las siguientes características: peso de mazorca, peso de grano, longitud de mazorca, perímetro de mazorca, número de hileras, altura de planta y mazorca, diámetro del tallo, número de hojas arriba de la mazorca, número total de hojas, longitud y ancho de la hoja y peso de olote. El primer autor reporta que las primeras dos variables antes citadas muestran una correlación significativa y positiva entre si y estas a la vez con las demás variables; el segundo autor cita lo mismo excepto para las últimas tres variables y el último autor observó las mismas conclusiones del primer autor excepto para el caracter número de hileras. Este último autor reporta que la altura de planta presentó una correlación significativa y positiva con altura de mazorca, número de hojas arriba de la mazorca, número total de hojas, longitud y ancho de hoja, los otros autores no obtuvieron la misma conclusión es decir la significancia no se mantuvo en diversas variables.

Crossa (1977) en una variedad de maíz (CIPA) efectuó - - análisis de correlación fenotípica por densidad 24 y 72 mph - y en forma general. Los caracteres estudiados fueron rendi- - miento, altura de planta y mazorca, número de mazorcas, núme- ro de hijos y días a floración. En baja población, el rendi- - miento mostró una correlación significativa y positiva con al- tura de mazorca, número de mazorcas e hijos, mientras que pa- ra altura de planta y días a floración la correlación fué sig- nificativa y negativa. Para alta densidad de rendimiento exhi- bió una correlación significativa con altura de planta, núme- ro de mazorcas e hijos, para días a floración la correlación- fué significativa y negativa. En forma combinada el rendimien- to mostró una correlación significativa y positiva con altura de planta, número de mazorcas e hijos y días a floración sien- do esta última negativa; la altura de planta mostró una corre- lación significativa y positiva con altura de mazorca, días a floración y número de mazorcas, siendo esta última negativa.

Por otra parte discute que el ligamiento es una causa im- portante en las correlaciones genéticas de ciertos caracteres los cuales no cambian de signo en las diferentes densidades pe- ro son afectados por el ambiente agronómico; la correlación - entre rendimiento y número de mazorcas es significativa y po- sitiva siendo los coeficientes  $.888^{**}$  y  $.625^{**}$  para baja y al- ta densidad respectivamente. No ocurre esto en aquéllas corre- laciones que cambian de signo en las diferentes densidades -- por ejemplo en baja densidad los genotipos de mayor rendimien- to expresaron mas hijos siendo el coeficiente  $.5144^{**}$ , mien- - tras que en alta densidad el coeficiente fué  $.08305$  entre ren- dimiento y número de hijos añadiendo que también la interac- - ción genético-aditiva x densidad produce estos cambios hacien- do variar las magnitudes y signos de las correlaciones.

Rivera (1977) comparó nueve variedades y las cruza in- - tervarietales posibles entre ellas, estimando correlaciones - para los caracteres rendimiento, altura de planta, mazorca y- días a floración. Las correlaciones entre estos pares de ca-

racteres fueron significativos y positivos excepto para rendimiento y floración donde no registró correlación e indicó que la altura de planta y mazorca mostraron un coeficiente muy -- cercano a la unidad.

Salinas (1977) condujo un estudio comparativo de 38 variedades mejoradas de maíz, registrando las características siguientes: peso de grano, peso de mazorca, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, peso de olote, altura de planta y mazorca, diámetro de tallo, número de hojas-arriba de la mazorca y totales, ancho y longitud de hoja consignó que todos estos caracteres exhibieron una correlación significativa y positiva entre ellos.

Bazaldúa (1978) evaluó 26 maíces criollos, determinando que el peso de mazorca y grano mostraron una correlación significativa y positiva entre si y estos a la vez con las variables altura de planta, número total de hojas y arriba de la mazorca, diámetro de tallo, perímetro de mazorca y número de hileras. La altura de planta presentó una correlación significativa y positiva con todas las variables.

Oyervides (1979) efectuó cruza de variedades tropicales de maíz, reporta que el rendimiento exhibió una correlación significativa y positiva con altura de planta y mazorca, longitud y diámetro de mazorca y número de granos por hilera. La altura de planta mostró una correlación significativa y positiva con altura de mazorca, longitud y diámetro de mazorca, días a floración y número de granos de una hilera mientras -- que con el número de hileras la correlación fué significativa y negativa.

Alvarez (1980) empleó 178 líneas de maíz, cosechó solamente 30 líneas pues el resto manifestó efectos de atavismo. Determinó que el peso de mazorca y grano mostraron una correlación significativa y positiva entre si y estos a la vez con los caracteres longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, peso de olote, perímetro del tallo, altura de-

planta y mazorca, ancho y longitud de la hoja y área foliar; las características número de hojas arriba de la mazorca y totales no mostraron correlación con rendimiento. La altura de planta y mazorca exhibieron una correlación significativa y positiva entre sí y estos a la vez con todos los demás caracteres.

Bocanegra y Garza (1980) condujeron cada uno por separado un ensayo utilizando los mismos criollos (26) en diferentes ambientes, obtuvieron correlaciones que generalmente fueron muy similares estadísticamente, aunque hay excepciones, observaron que el peso de grano mostró una correlación significativa y positiva en el perímetro de mazorca, número de hileras, altura de planta, perímetro del tallo y número de hojas arriba de la mazorca y totales. La altura de planta mostró una correlación significativa y positiva con todas las variables en los dos ensayos.

García (1980) utilizó la variedad de maíz de polinización libre tuxpeño tallo corto, reporta que el rendimiento mostró una correlación significativa y positiva con altura de planta, con sus componentes como número de granos por hilera, longitud de mazorca, peso de endospermo, peso del germen, peso de 15 granos y número de granos; con los caracteres días a floración femenina y masculina la correlación fué significativa y negativa.

Celis (1981) utilizó la variedad de maíz Zacatecas 58 en dos modalidades criollo y en su décimo ciclo de selección masal siendo dos genotipos  $g_1$  y  $g_2$  respectivamente. El rendimiento mostró una correlación significativa y positiva con longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de granos de una hilera, número de hileras y altura de planta en ambos genotipos; el rendimiento mostró una correlación significativa y positiva con altura de mazorca en el  $g_2$  y con la longitud del pedúnculo y espiga solo en el  $g_1$ . La altura de planta mostró una correlación significativa y positiva con altura de --

mazorca, número de hojas arriba de la mazorca y longitud del pedúnculo y espiga en ambos genotipos.

Lemus (1982) evaluó 64 maíces criollos en diferentes localidades; los análisis de correlación agruparon de distinta manera a los caracteres por ambiente. En el ambiente uno (Paracho) las variables correlacionadas significativa y positivamente con el rendimiento fueron longitud de mazorca, longitud de espiga y número de venas de la hoja de la mazorca, indica que esta variable muestra eficiencia en fotosíntesis como producto de mayor transporte de sustancias elaboradas hacia la mazorca. En el ambiente dos (Nahuatzen) el rendimiento presentó una correlación significativa y positiva con altura de la mazorca, longitud y diámetro de mazorca, longitud y ancho de la hoja y días a floración. En forma combinada el rendimiento mostró una correlación significativa y positiva con el número de ramas de la espiga y longitud de mazorca; la altura de la planta expresó una correlación significativa y positiva con altura de mazorca, número de hojas, ancho y longitud de la hoja de la mazorca, número de ramas de la espiga y días a floración.

Martínez (1982) evaluó 15 variedades de maíz de las zonas altas del estado de N.L. en una zona baja de la misma entidad. El rendimiento en mazorca y grano mostraron una correlación significativa y positiva con el número de hojas arriba de la mazorca y perímetro de la mazorca, mientras que con la altura de planta y porcentaje de plantas jorras la correlación fue significativa y negativa. La altura de planta mostró una correlación significativa y positiva con número total de hojas, longitud y ancho de la hoja, área foliar y porcentaje de plantas jorras.

Molina (1982) comparó el coeficiente de Pearson (paramétrico) y Spearman (no paramétrico) y determinó el mejor tamaño de muestra (n= 16 y 30 individuos), registró los caracteres peso de grano, perímetro de mazorca y peso, longitud y pe



rímetro de olote en una variedad sintética de maíz. Concluye que no existe diferencia significativa entre los métodos, indicando que se pueden usar indistintamente ya que estiman la misma correlación, recomendando que es más útil usar el método de Spearman ya que se puede usar en variables medidas en escala de rango e independientemente de la distribución estadística que posean, requisitos que no reuna la metodología de Pearson. Reporta una diferencia considerable entre los coeficientes para los dos tamaños de muestra independientemente -- del método siendo el mejor el de 30 individuos pues el coeficiente de variación disminuyó al aumentar la muestra y la relación entre dos variables se sobrestimó para la muestra de 16 individuos. Indica que el peso de grano mostró correlación significativa y positiva con las variables antes citadas.

Nieto (1982) estudió el comportamiento de 19 maíces criollos de las zonas altas del estado de N.L. en una zona baja del mismo estado. El rendimiento en mazorca y grano mostraron una correlación significativa y negativa con altura de planta, perímetro del tallo, número total de hojas, ancho de la hoja, área foliar, días a floración y porcentaje de plantas jorras, la única variable que mostró una correlación significativa y positiva con rendimiento fué el perímetro de la mazorca. La altura de planta mostró correlación significativa y positiva con número de hojas arriba de la mazorca, número total de hojas, ancho, longitud y área foliar de la hoja, días a floración y porcentaje de plantas jorras, con el diámetro de tallo la correlación fué significativa y negativa.

Sanz et al (1983) evaluaron diez genotipos de maíz que las correlaciones del rendimiento económico en diversas variables cambiaron su magnitud y signo en las distintas situaciones ambientales, lo mismo sucedió con el rendimiento biológico e índice de cosecha. Concluyen que los caracteres de mayor grado de asociación positiva con el rendimiento económico fueron altura de planta, altura de mazorca, área foliar total, peso de cien semillas, días a madurez fisiológica, diámetro-

de mazorca, así como la mayoría de los índices fisiotécnicos. La altura de planta y mazorca mostraron una correlación significativa y positiva en los seis tipos de ambientes y en forma general.

Mejía et al (1983) en una variedad de maíz tropical observaron que el peso de grano mostró una correlación significativa y positiva con el peso de mazorca, longitud del totomoxtle, diámetro total de la cubierta de la mazorca, distancia basal, número de hojas del totomoxtle, longitud de mazorca, diámetro de mazorca; con las variables compactación de la mazorca y distancia apical la correlación fué significativa y negativa, mientras que la distancia peduncular y número de hojas del pedúnculo no mostraron correlación significativa -- con el peso de grano.

#### 2.4.1. Resumen sobre correlaciones fenotípicas

Solo se mencionan los coeficientes de correlación entre pares de caracteres donde se registró significancia estadística.

##### 1.- Variación de los coeficientes de correlación fenotípica.

Peso de grano- Peso de mazorca. Variaron de .9580\*\* a -- .9975\*\*, solo Alvarez (1980) reporta un valor de .8034\*\* siendo positivos y altamente significativos.

Peso de grano-Longitud de mazorca. Variaron de .264\* a -- .252\*\*, siendo positivos y la mayor parte altamente significativos, solo un trabajo publicó un valor negativo (-.39\*) Sanz et al (1983).

Peso de grano-Diámetro de mazorca. Variaron de .38\* a -- .81\*\*, siendo positivos y a la mayor parte altamente significativos.

Peso de grano-Número de hileras. Variaron de .1209\* a -- 4462\*\* siendo positivos y la mayor parte altamente significativos.

tivos.

Peso de grano-Número de granos de una hilera. Variaron de .221\*\* a .499\*\*, siendo positivos y altamente significativos.

Peso de grano-Número de mazorcas. Variaron de .4552\*\* a .84\*\*, siendo positivos y altamente significativos.

Peso de grano-Diámetro de tallo. Variaron de .4011\*\* a .4191\*\*, siendo positivos y altamente significativos. Solo Nieto (1982) reporta un valor negativo - .6033\*\*.

Peso de grano-Altura de planta. Variaron de .1481\*\* a .693\*\* siendo positivos y altamente significativos. Solo tres autores Crossa (1977), Martínez (1982) y Nieto (1982) reportan valores negativos, variando de -.1623\*\* a -.5540\*\* siendo altamente significativos.

Peso de grano Altura de mazorca. Variaron de .0949\*\* a .528\*\*, siendo positivos y altamente significativos.

Peso de grano-Ancho de la hoja de la mazorca. Variaron de .253\*\* a .5786\*\*, siendo positivos y altamente significativos. Sólo Martínez (1982) y Nieto (1982) reportan valores negativos, -.2683\* y -.4453\*\* respectivamente.

Peso de grano-Longitud de la hoja de la mazorca. Variaron de .1351\*\* a .4847\*\*, siendo positivos y altamente significativos.

Peso de grano-Número de hojas arriba de la mazorca. Variaron de .2576\*\* a .4110\*\*, siendo positivos y altamente significativos.

Peso de grano-Número total de hojas. Variaron de .2449\*\* a .801\*\* siendo positivos y altamente significativos. Solo Nieto (1982) reporta un valor negativo y altamente significativo -.5629\*\*.

Peso de grano - Días a floración. Variaron de -.1086\*\* a -.7080\*\*, siendo negativos y altamente significativos. Solo

Velazquez (1973) y Lemus (1982) reportan valores positivos y - la mayor parte altamente significativos, el primer autor observó coeficientes que variaron de .518\* a .775\*\* y .313\*\* lo reporta el segundo autor.

Longitud de mazorca-Diámetro de mazorca. Variaron de - - .277\*\* a .6868\*\*, siendo positivos y altamente significativos. Solo El-Lakany y Russell (1971) reportaron valores negativos y significativos -.54\* y -.48\* y en baja e intermedia densidad respectivamente.

Longitud de mazorca-Número de hileras. Variaron de .1965\* a .5751\*\*, siendo positivos y la mayor parte altamente significativos. Solo Benitez (1977) y Oyervides (1979) reportan valores negativos siendo estos -.2296\*\* y .22\* respectivamente.

Diámetro de mazorca-Número de hileras. Variaron de .30\*- a .8827\*\*, siendo positivos y la mayor parte altamente significativos.

Altura de planta-Altura de mazorca. Variaron de .6352\*\*- a .93\*\*, siendo positivos y altamente significativos.

Altura de planta-Ancho de la hoja de la mazorca. Variaron de .3473\*\* a .5573\*\*, siendo positivos y altamente significativos.

Altura de planta-Longitud de la hoja de la mazorca. Variaron de .3429\*\* a .7253\*\*, siendo positivos y altamente significativos.

Altura de planta-Número de hojas arriba de la mazorca. Variaron de .221\*\* a .6470\*\* siendo positivos y altamente significativos.

Altura de planta-Número total de hojas. Variaron de .27\* a .802\*\*, siendo positivos y la mayor parte altamente significativos. Solo Nieto (1982) reporta un valor negativo -.5629\*\*.

Altura de planta-Número de mazorcas. Solo Crossa (1977) reporta valores de estas variables, observando un valor nega-

tivo  $-.6013^{**}$  y altamente significativo en el análisis combinado, pues en baja y alta densidad no detectó correlación significativa.

Altura de planta-Diámetro de tallo. Variaron de  $.299^{**}$  a  $.6749^{**}$ , siendo positivos y la mayor parte altamente significativos. Solo Nieto (1982) reporta un valor negativo y altamente significativo  $-.7055^{**}$ .

2.- Los coeficientes de correlación fenotípica cambian - su magnitud y su signo a través del genotipo y del ambiente, - ya sea densidades de población, años, localidades, ciclo agrícola etc. Esto es debido a que el fenotipo es la resultante - de la acción del genotipo más el ambiente y su interacción, - por lo que es lógico que este tipo de correlaciones cambien. Es importante realizar correlaciones por genotipo y ambiente, principalmente por densidad, ya que estas darían una información más amplia del comportamiento de dichas correlaciones en comparación con un análisis general y esto serviría de base - para algún método de selección indirecta. El-Lakany y Russell (1971) publicaron que al aumentar la densidad de población -- los coeficientes fueron aumentando significativamente pues en baja e intermedia densidad casi no registraron correlaciones significativas, mientras que en alta densidad la mayoría fueron positivas y altamente significativas para rendimiento y - otros caracteres y en forma independiente. Crossa (1977) observó que de quince coeficientes de correlación nueve disminuyeron significativamente y seis aumentaron significativamente al incrementarse la densidad de población. En el Cuadro A3 y A4 se expresan una parte de los resultados de estos autores.

3.- El tamaño de muestra también expresa una participación importante en la estimación de los coeficientes de correlación, tal es el caso del trabajo realizado por Molina (1982).

4. Existen diversas metodologías para estimar correlaciones fenotípicas, tal es el trabajo realizado por Molina (1982), en el cual comparó dos procedimientos: Pearson (paramétrico) y Spearman (no paramétrico). Algunas características del primer método son: 1) cada variable está normalmente distribuida, así como la escala de medición sea por lo menos escala de intervalo constante, 2) siempre busca un tipo de relación lineal, por lo tanto cuando se estiman bajas correlaciones normalmente se concluye que no existe relación entre las variables que se están estudiando siendo en realidad que si están correlacionadas, pero dicha relación no es lineal, 3) el coeficiente es independiente de la escala de medición lo que permite investigar las relaciones entre una gran cantidad de variables. Las características del método de Spearman son: 1) se usa en variables medidas en escala de rango, siendo una medida de la asociación que requiere que ambas variables esten por lo menos en escala ordinal, 2) hay que dar rangos a cada variable en forma independiente en sentido creciente, 3) se analizan independientemente del tipo de distribución estadística que posean.

5. El caracter más utilizado como criterio de selección es el rendimiento, sin embargo este depende de varios caracteres mediante los cuales se puede determinar indirectamente -- utilizando las características de mazorca y planta que exhiban altos coeficientes y que sean de preferencia de alta heredabilidad con el objetivo de que la aplicación de algún método indirecto sea más efectivo. Grafius (citado por Sarria, 1966) dice que un programa de selección recurrente puede fallar, a menos de que haya correlaciones fuertemente positivas que integren el rendimiento.

## 2.5. Conceptos sobre heredabilidad

De la Loma (1963) señala que la heredabilidad de un carácter es la relación existente de la varianza producida por la diversidad genotípica y la varianza total de la población. Cuanto mayor sea la heredabilidad mayor será el parecido entre un grupo de individuos y sus descendientes. Manifiesta que la altura de la planta en el maíz, se ha estimado una heredabilidad del 70% y el rendimiento un valor de 20%, esto quiere decir que la importancia del patrimonio genético es mayor en la variabilidad de la altura de la planta, mientras que en la variabilidad del rendimiento influye más el ambiente.

Allard (1967) explica que la heredabilidad es la proporción de la variabilidad observada en algunos caracteres debido a las diferencias en los genes que llevan los distintos individuos, y que la observada en otros se debe sobre todo a diferencias en los medios a los que han sido expuestos los individuos.

Brewbaker (1967) dice que la heredabilidad expresa la proporción genética que hay en el total de la varianza fenotípica y si aumenta la varianza ambiental disminuye la heredabilidad.

Brauer (1969) menciona que los estudios de heredabilidad son de utilidad para evaluar que parte de la variación total observada en un carácter corresponde a factores genéticos y ambientales y que cuando se aplican distintos métodos de estimación, los valores que se obtienen en una misma población pueden ser también, incluso, considerablemente distintos.

Russell y Eberhart (indicados por Castillo 1971) suponen que la mayoría de los caracteres de mazorca en maíz están determinados por un número desconocido de genes; sin embargo si los efectos atribuibles a genes en los loci individuales o pequeños segmentos pueden ser medidos y ser útiles en el estudio del genomio entero.

Falconer (1972) publica que la heredabilidad no es una propiedad del carácter únicamente, sino que también de la población bajo estudio y de las circunstancias ambientales del cultivo y manejo a los que están sujetos los individuos de la población, por lo tanto las condiciones más variables reducen la heredabilidad, fenómeno opuesto ocurre cuando las condiciones son óptimas, es decir la heredabilidad depende de la magnitud de todas las componentes de varianza.

Gardner (citado por Agudelo 1974) dice que datos reportados por numerosos autores indican que la varianza aditiva es superior que la varianza dominante para otros caracteres en maíz ajenos al rendimiento, por lo que la heredabilidad tiende a ser más alta para estos caracteres. Altas heredabilidades han sido observadas para altura de la planta, altura de la mazorca y maduración, pero para caracteres de mazorca han sido relativamente bajos.

Robinson P. (1963). (Citado por Agudelo 1974) indica que la densidad de plantas afecta la variabilidad y por consiguiente la heredabilidad, particularmente si la densidad de población tiene un efecto directo sobre el carácter.

Poehlman (1976) define el concepto de heredabilidad como la proporción de la variación total observada en una progenie que está ejercida por factores genéticos y puede ser transmitida. Añade que los caracteres difieren en su grado de heredabilidad, por ejemplo rendimiento tiene una baja heredabilidad debido a que influye mucho en su manifestación el ambiente y los caracteres que no son influenciados por el ambiente muestran una alta heredabilidad.

Williams (1976) cita a diversos investigadores los cuales concluyen que las heredabilidades son válidas estrictamente para las poblaciones de las cuales fueron derivadas, y las estimaciones para el mismo carácter pueden variar considerablemente en diferentes poblaciones. Así mismo cita a Briggs y Knowles (1976) los cuales indican que las variaciones debi-



do al ambiente enmascaran las variaciones debido a la herencia. En el caso de que la mayor proporción de la varianza total sea debido al ambiente, va a ser muy difícil seleccionar para las diferencias que sean heredables. Por otra parte si la variabilidad del ambiente es muy poca en relación a la fracción heredable, la selección va a ser eficiente debido a que las circunstancias de una población van a ser transmitidas a sus descendientes en su mayor parte.

Dudley y Moll (citado por Oyervides 1979) señalan que la efectividad de un método particular de mejoramiento para diferentes características resulta influenciado por la heredabilidad, siendo los caracteres con un amplio valor de heredabilidad los que pueden ser mejorados más rápidamente. Al respecto Sen et al (citado por Wong 1980) indican que un valor alto de heredabilidad no necesariamente significa un incremento en el avance genético de la población.

Robinson 1965 (citado por Wong 1980) define la heredabilidad en dos sentidos (amplio y estrecho), el primero es la relación de la varianza genética total y la varianza fenotípica, ésta provee una medida de importancia total en la herencia de un carácter. La restante es la relación entre la varianza genética aditiva y la varianza fenotípica, y es usada para mejorar una población por selección. Ordena a la heredabilidad en tres categorías baja (5-10%) rendimiento; media (10-30%) componentes del rendimiento; alta (30-60%) caracteres de madurez, composición química de caracteres.

Stansfield (1984) indica que la heredabilidad de un carácter posee las siguientes características: puede ser cualquier fracción de cero a uno, involucra todos los tipos de acción genica, es la proporción de la varianza total fenotípica debido a los efectos de los genes, la mayor parte de los rasgos métricos no son muy heredables, lo que se entiende por alta o baja heredabilidad no esta definido rigidamente, aceptándose los siguientes valores: alta heredabilidad > 50%, heredabilidad media de 20 a 50% y baja heredabilidad < 20%.

## 2.6. Resultados sobre Heredabilidad

Las estimas de heredabilidad dan información sobre la -- transmisión de caracteres de padres a hijos. Tales estimas fa- cilitan la evaluación que los efectos genéticos y ambientales tienen sobre la varianza fenotípica ayudando así en la selec- ción de fenotipos deseables para un determinado carácter. --- Igualmente estas estimas las usa el mejorador para predecir - el avance genético en la selección y así poder anticipar el - progreso de diferentes tipos e intensidades de selección - -- (Agudelo, 1974)

Robinson et al (1949) efectuaron cruzas biparentales en una población de tres híbridos de maíz, estimando la heredabi- lidad de ocho características mediante tres metodologías (com- ponentes de varianza, regresión hembra-progenie y regresión - macho-progenie). Indicaron que los valores de heredabilidad - para altura de planta, de mazorca y la relación longitud y -- diámetro de la cobertura de mazorca fueron relativamente al- tos; para rendimiento y sus componentes resultaron relativa- mente bajos y la heredabilidad del número de mazorcas fué ma- yor que la del rendimiento en los tres procedimientos de esti- mación. Señalan que los genes que determinan los caracteres - altura de planta y mazorca son de dominancia muy pequeña o -- sin dominancia; para la longitud, diámetro y número de mazor- cas y la relación de la longitud y diámetro de la cobertura - de mazorca son caracteres determinados por genes de dominan- cia completa y para rendimiento son genes de sobredominancia.

Cortaza (1970) estimó la heredabilidad de ocho caracte- rísticas de maíz a partir de componentes de varianza de un -- arreglo factorial (dos variedades, tres densidades y tres ni- veles de nitrógeno). Indicó que en algunas variables este pa- rámetro es paradójicamente bajo para caracteres considerados- poco influenciados por el ambiente discutiendo que esto es de- bido a que su variabilidad no fué significativa, siendo estos índice de condensación, ramas secundarias y número de hojas - arriba de la mazorca. Alta heredabilidad registró para rendi-

miento individual, sus componentes y número de ramas primarias; explica que esto es debido a que la componente de varianza para genotipos es alta pues se practicó selección masal, ya que al cambiar el rendimiento con la selección también cambiaron los demás caracteres de alta heredabilidad citando que estos deben de mostrar un alto índice de efectividad en la selección, debiendo uno ser precavido en lo relativo a esta implicación cuando se realizan estimaciones en poblaciones de variabilidad genética restringida ya que se pueden obtener estimadores bajos para un carácter de alta heredabilidad reconocida.

Castillo (1971) en una cruce simple de líneas de maíz y otra variedad que intervinieron como progenitores y generaciones, determinó heredabilidades mediante el método de Allard en sentido amplio. Indicó que el número y longitud de mazorca presentaron baja heredabilidad suponiendo epistasis para el primer carácter; para longitud de entrenudos y ancho de hoja de la mazorca son heredados en baja proporción; para longitud de hoja de la mazorca altamente heredable y para la posición de la mazorca fué de tipo intermedia diciendo que dos pares de genes de acción aditiva controlan este carácter.

Guerrero (1971) usó líneas de maíz obteniendo su respectiva progenie y generaciones, estimó la heredabilidad en sentido amplio con el método de Allard. Señala que el carácter longitud de hoja de la mazorca fué de alta heredabilidad; para el ancho, longitud y número de mazorcas y longitud y número de entrenudos indica que el ambiente tiene un mayor efecto en ellos y los genes que controlan los últimos cuatro caracteres son de tipo dominante.

Agudelo (1974) estimó valores de heredabilidad de cuatro caracteres de mazorca de una población criolla de maíz en tres densidades (d1) 20, (d2) 60 y (d3) 100 mph, mediante dos metodologías (componentes de varianza y regresión progenie progenitor). Señala que al efectuar la comparación de ambos procedimientos los valores no resultaron de la misma magnitud,

sin embargo muestran la misma tendencia dichos caracteres, -- pues se observan altos valores en (d1), bajos en (d2) e intermedios en (d3). Recomendando que la selección debe hacerse en la densidad en la cual se obtuvo la máxima heredabilidad de -- un determinado carácter es decir 20 mph. Sin embargo Agudelo y Márquez indican que queda pendiente la interrogante de si -- los genotipos seleccionados en 20 mph como superiores lo serán realmente cuando se siembren en densidades más altas, indican a Cortaza (1970) el cuál seleccionó masalmente en maíz -- en una densidad baja (20-30 mph), al aumentar la densidad de siembra para evaluar la respuesta a la selección, esta fué -- prácticamente nula.

Crossa (1977) efectuó cruzas biparentales mediante el diseño I de Comstock y Robinson (1948) de la variedad de maíz -- CIPA estimando la heredabilidad por densidad de población 24- y 72 mph y en forma combinada de siete caracteres agronómicos. Discute que los resultados de las estimaciones de la varianza aditiva obtenidos por cada densidad fueron significativas, lo que indica que la alta variabilidad genética es heredable -- existente en esta población, las estimaciones de la varianza de dominancia en su mayoría son bajas. Por otro lado señala -- que las heredabilidades de todos los caracteres menos altura de la mazorca son mayores en 24 mph, se espera que seleccio-- nando bajo estas condiciones se obtenga mayor ganancia pero -- con otras consecuencias que deben analizarse; por lo tanto sugiere que es mas beneficioso seleccionar en densidades más altas para ocuparnos de los genotipos más precoces, de menor -- altura y rendidores.

Márquez (1979) estimó la heredabilidad del peso de mazorca por planta, por densidad (20, 50, 80, 110 y 140 mph), por tipo de siembra (pura y mezclada) y en forma combinada a partir de cinco poblaciones de maíz mediante las componentes de varianza. Al aumentar la densidad de 20 a 80 mph la heredabilidad va disminuyendo, aumentando en la densidad de 110 mph y volvió a reducirse en la población mas densa en ambos tipos --

de siembra. La heredabilidad fué superior en la siembra mezclada comparada con la pura debido a la inclusión de la interacción genotipo-ambiente, sin embargo en las dos densidades más altas los resultados fueron practicamente similares.

Oyervides (1979) efectuó cruas dialelicas a partir de once variedades y dos híbridos de maíz, estimando la heredabilidad de diez caracteres en sentido estricto y amplio, publica que la varianza aditiva fué superior a la de dominancia para la mayoría de los caracteres, analizando los datos de la altura de la planta, altura de mazorca y floración expresaron lo anteriormente dicho y a la vez altos valores de heredabilidad en ambos sentidos por lo que esto concuerda con lo indicado por Gardner (Citado pro Agudelo, 1974). El número de granos por hilera, diámetro de mazorca y hojas arriba de la mazorca presentaron baja heredabilidad en sentido amplio. Discute que el rendimiento, longitud y diámetro de mazorca y granos por hilera presentaron baja  $h^2$  en sentido estricto por lo que se lograron avances genéticos más reducidos por selección en comparación con el resto de los caracteres.

Celis (1981) evaluó la variedad de maíz Zac 58 en dos modalidades, criollo y en su décimo ciclo de selección masal en dos ambientes (riego y temporal) aplicó el diseño I de Comstock y Robinson (1948) y estimó la heredabilidad en sentido estricto y amplio por genotipo, ambiente y combinado. Argulle que existe una tendencia en la gran mayoría de los caracteres de exhibir altos valores de heredabilidad bajo condiciones de riego comparados con los de temporal en ambos sentidos de heredabilidad, en los análisis combinados obtuvo heredabilidades muy similares para la mayoría de los caracteres estudiados.

Regazzi et al (1981) efectuaron cruas biparentales en una población de maíz, señalan que los caracteres de variabilidad genética y aditivas fueron altura de la mazorca, número y peso de mazorcas por parcela, peso de 1000 semillas y rendimiento, mientras que para el número de días a floración la va

riabilidad fué dominante exhibiendo una muy baja heredabilidad, no así los otros caracteres ya mencionados los cuales variaron su valor de heredabilidad entre 25 y 42%.

Mejía et al (1983) en un estudio de heredabilidad y correlaciones en la cobertura de la mazorca en maíz indicaron que esta característica es de importancia agronómica para las áreas tropicales por su función protectora contra plagas, enfermedades y pájaros principalmente. Aplicaron las metodologías de regresión progenie-progenitor y componentes de varianza para estimar la heredabilidad. Manifiestan que los caracteres son heredables en grado medio a alto por lo que utilizando el mejor esquema de selección se pueden modificar los caracteres longitud y número de hojas de totomoxtle y distancia apical para una mejor cobertura de la mazorca, los caracteres distancia apical y número de hojas mostraron una correlación significativa y positiva por lo que hubo una menor incidencia de insectos en la mazorca y menos granos dañados. El rendimiento y distancia apical exhibieron una correlación lineal negativa significativa pero indicaron que estos caracteres es factible mejorarlos simultáneamente.

#### 2.6.1. Resumen sobre la heredabilidad en relación con el genotipo y el ambiente.

- 1.- Normalmente se observan altas heredabilidades en bajas densidades de población, sin embargo también se han estimado valores más altos en las densidades más densas.
- 2.- Comparando heredabilidades bajo riego y temporal los valores son superiores para el primer caso.
3. Cuando los genotipos de estudio son contrastantes las heredabilidades son mayores.
- 4.- Los caracteres que expresan una varianza aditiva mayor que la varianza dominante generalmente exhiben alta heredabilidad.

Cuadro 1. Heredabilidad ( $H^2$ ) de nueve características de planta en maíz estimada por el método de componentes de varianza.

CARACTERISTICAS	HEREDABILIDAD (%)	AUTOR	AÑO
Altura de la planta	70.1	Robinson, <u>et al</u> Crossa	1949
	70.2 (24 mph)		1977
	68.2 (72 mph)	Oyervides Celis	1979 1981
	76 (combinado)		
	70		
	17.9 ( $g_1$ )(combinado)		
61.6 ( $g_2$ )(combinado)			
Altura de la mazorca	55.4	Robinson, <u>et al</u>	1949
	52.8 (24 mph)		
	90 (24 mph)	Oyervides Celis	1979 1981
	72 (combinado)		
	73.5		
	57.9 ( $g_1$ )(combinado)		
44.5 ( $g_2$ )(combinado)			
Longitud de la hoja de la mazorca	82	Castillo Guerrero	1971
	64.4		1971
Ancho de la hoja de la mazorca	46	Castillo Guerrero	1971
	20.07		1971
No. total de hojas	varía de 45 a 70	Mehrotra	1954
No. de hojas arriba mazorca principal	56	Cortaza Oyervides Celis	1970
	31.1		1979
	10 ( $g_1$ )(combinado)		1981
	118.3( $g_2$ )(combinado)		
Días a floración	58.5 (24 mph)	Crossa	1977
	33.3 (72 mph)		
	47 (combinado)		
	83	Oyervides Celis	1979 1981
	15.9 ( $g_1$ )(combinado)		
	( $g_2$ )(combinado)		
No. de mazorca por planta	23.06	Robinson, <u>et al</u>	1949
	36		1971
	33.04	Castillo Guerrero Agudelo	1971
	55.6 (20 mph)		1974
	18.18(60 mph)		
	42.5 (100 mph)	Crossa	1977
	88.71(24 mph)		
	53.18(72 mph)		
	55.9 (combinado)		
No. de hijos por planta	83.5 (24 mph)	Crossa	1977
	58.8 (72 mph)		
	27.9 (combinado)		

mph = miles de plantas/ha

$g_1$  = Zac. 58

$g_2$  = SM 10 Zac. 58

Cuadro 2. Heredabilidad ( $H^2$ ) de siete características de mazorca en maíz, estimada por el método de componentes de varianza.

CARACTERISTICA	HEREDABILIDAD (%)	AUTOR	AÑO
Longitud de la mazorca	17.3	Robinson, <u>et al</u>	1949
	91.7	Cortaza	1970
	39	Castillo	1971
	25.2	Guerrero	1971
	62.1 (20 mph)	Agudelo	1974
	19 (60 mph)		
	23.8 (100 mph)		
	57.4	Oyervides	1979
	34.7 ( $g_1$ ) (combinado)	Celis	1981
	28.9 ( $g_2$ ) (combinado)		
31.84	Mejía, <u>et al</u>	1983	
Diámetro de la mazorca	14.1	Robinson, <u>et al</u>	1949
	76.6	Cortaza	1970
	38.91 (20 mph)	Agudelo	1974
	22.8 (60 mph)		
	34 (100 mph)		
	27.4	Oyervides	1979
	46.9 ( $g_1$ ) (combinado)		
	20 ( $g_2$ ) (combinado)	Mejía, <u>et al</u>	1981
7.99			
No. de hileras	99.2	Cortaza	1970
	69.2	Oyervides	1979
	127 ( $g_1$ ) (combinado)	Celis	1981
	65 ( $g_2$ ) (combinado)		
No. de granos de una hilera	61.5 ( $g_1$ ) (combinado)	Celis	1981
	45.7 ( $g_2$ ) (combinado)		
Peso de mazorca por planta	90.7	Cortaza	1970
	44.5 (20 mph) (combinado)	Márquez	1979
	21.4 (50 mph) (combinado)		
	11.1 (80 mph) (combinado)		
	13.9 (110 mph) (combinado)		
	49.9 (140 mph) (combinado)		
	33.81	Oyervides	1979
	45 ( $g_1$ ) riego	Celis	1981
	58 ( $g_2$ ) riego		
	19.8 ( $g_1$ ) temporal		
	50.8 ( $g_2$ ) temporal		
	54 ( $g_1$ ) (combinado)		
	42 ( $g_2$ ) (combinado)		
	3.30	Mejía, <u>et al</u>	1983
Peso de grano por planta	44.2 (20 mph)	Agudelo	1974
	6.35 (60 mph)		
	21.9 (100 mph)		
	1.51	Mejía, <u>et al</u>	1983
Rendimiento	20.1	Robinson, <u>et al</u>	1949
	62.3 (24 mph)	Crossa	1977
	40.0 (72 mph)		
	46 (combinado)		



### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización del experimento

El presente trabajo se desarrolló durante el ciclo tardío verano-otoño de 1981 en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León situado en el municipio de Marín, N.L. cuya ubicación geográfica corresponde a los 23° 53' latitud norte y 100°03' de longitud oeste del meridiano Greenwich, con una altitud de 367 m.s.n.m.

El clima de la región según la clasificación de Köppen - modificada por García (1973) se acerca más al tipo BS, el cual es seco o semiárido, siendo la vegetación más difundida en asociaciones muy diversas de cactáceas, matorrales espinosos etc. indicando que los climas BS cuyo cociente (P/T) precipitación pluvial (mm) dividido entre la temperatura media anual (°C) es mayor que 22.9 corresponde a los menos secos de este tipo denominados BS<sub>1</sub>, en general esta región se aproxima más al tipo BS<sub>1</sub>, (h<sup>1</sup>) hx (e') es decir pertenece a un clima seco, con lluvias irregulares durante todo el año, siendo la precipitación promedio anual de 533 mm, las oscilaciones anuales de temperatura medias mensuales son de tipo muy extremas siendo mayores de 14°C, con una media mensual anual sobre 22°C y con una temperatura anual durante el invierno (Diciembre y Enero) menor a 18°C.

Algunas características ambientales registradas durante el experimento se muestran en el Cuadro A1.

Alcantara (1983), describe las características físico-químicas del suelo de este lugar cuyos resultados se expresan en el Cuadro A2.

#### 3.2. Material Experimental

Los genotipos empleados en este ensayo fueron los siguientes: Pinto Amarillo (variedad criolla); Mestizo (línea 150 polinizada libremente con otras variedades); RX-405W -

(híbrido de cruza simple) y H-412 (híbrido de cruza doble), - los que en ocasiones se denominaron G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub> y G<sub>4</sub> respectivamente. Este grupo de genotipos fue proporcionado por el Campo Agrícola Experimental de Anáhuac, N.L. (INIA) excepto el G<sub>2</sub> el cual fue formado por la F.A.U.A.N.L.

Algunas características de estos genotipos son las siguientes:

Pinto Amarillo: Es una variedad de origen criolla que es muy sembrada en la región norte del estado de N.L., el color del grano es una mezcla de blanco con amarillo, siendo éste - último el predominante, pero también existe el color rojizo - y tiene una altura de planta promedio de 1.90 a 2.0 m.

Mestizo: Este genotipo se formó a partir de una línea -- endogámica de cuatro ciclos de autofecundación denominada 150 que se polinizó libremente con otras variedades, el color del grano es blanco. Esta línea se derivó de una colecta seleccionada de las partes bajas del estado de N.L. Alarcon (1981) -- evaluó un grupo de líneas en el ciclo verano-otoño en el municipio de Marín, N.L., observando que la línea 150 mostró - -- 61.25 días a floración masculina y una altura de planta de - - 1.66 m.

RX-405W: Es un híbrido de cruza simple, de buen vigor en el tallo y la raíz, tolerante a la sequía el color del grano es blanco, de rendimiento excelente bajo condiciones de riego y fertilización, tiene una altura de planta promedio de 3.0 m.

H-412: Es un híbrido de cruza doble formado por el INIA con cuatro líneas obtenidas de la variedad Carmen, tiene un - alto porcentaje de cuateo, recomendado para riego o buen temporal, es tolerante a la sequía y altas temperaturas, el color del grano es blanco con una altura de planta promedio de 1.80 a 2.0 m.

### 3.3. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con un arreglo en parcelas sub-divididas con 4 repeticiones; la -

Cuadro 3. Combinaciones o tratamientos establecidos en un diseño de bloques al azar con los factores genotipos, densidad y niveles de Nitrógeno.

Parcelas Genotipos	Sub-parcelas (Dens.de población)	Sub-subparcela (Kg de N/ha)	Combinación o Tratamiento	No.
G <sub>1</sub>	22 222	0	G <sub>1</sub> D <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	1
		50	G <sub>1</sub> D <sub>1</sub> N <sub>2</sub>	2
		100	G <sub>1</sub> D <sub>1</sub> N <sub>3</sub>	3
	37 000	0	G <sub>1</sub> D <sub>2</sub> N <sub>1</sub>	4
		50	G <sub>1</sub> D <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	5
		100	G <sub>1</sub> D <sub>2</sub> N <sub>3</sub>	6
	55 555	0	G <sub>1</sub> D <sub>3</sub> N <sub>1</sub>	7
		50	G <sub>1</sub> D <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	8
		100	G <sub>1</sub> D <sub>3</sub> N <sub>3</sub>	9
G <sub>2</sub>	22 222	0	G <sub>2</sub> D <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	10
		50	G <sub>2</sub> D <sub>1</sub> N <sub>2</sub>	11
		100	G <sub>2</sub> D <sub>1</sub> N <sub>3</sub>	12
	37 000	0	G <sub>2</sub> D <sub>2</sub> N <sub>1</sub>	13
		50	G <sub>2</sub> D <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	14
		100	G <sub>2</sub> D <sub>2</sub> N <sub>3</sub>	15
	55 555	0	G <sub>2</sub> D <sub>3</sub> N <sub>1</sub>	16
		50	G <sub>2</sub> D <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	17
		100	G <sub>2</sub> D <sub>3</sub> N <sub>3</sub>	18
G <sub>3</sub>	22 222	0	G <sub>3</sub> D <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	19
		50	G <sub>3</sub> D <sub>1</sub> N <sub>2</sub>	20
		100	G <sub>3</sub> D <sub>1</sub> N <sub>3</sub>	21
	37 000	0	G <sub>3</sub> D <sub>2</sub> N <sub>1</sub>	22
		50	G <sub>3</sub> D <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	23
		100	G <sub>3</sub> D <sub>2</sub> N <sub>3</sub>	24
	55 555	0	G <sub>3</sub> D <sub>3</sub> N <sub>1</sub>	25
		50	G <sub>3</sub> D <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	26
		100	G <sub>3</sub> D <sub>3</sub> N <sub>3</sub>	27
G <sub>4</sub>	22 222	0	G <sub>4</sub> D <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	28
		50	G <sub>4</sub> D <sub>1</sub> N <sub>2</sub>	29
		100	G <sub>4</sub> D <sub>1</sub> N <sub>3</sub>	30
	37 000	0	G <sub>4</sub> D <sub>2</sub> N <sub>1</sub>	31
		50	G <sub>4</sub> D <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	32
		100	G <sub>4</sub> D <sub>2</sub> N <sub>3</sub>	33
	55 555	0	G <sub>4</sub> D <sub>3</sub> N <sub>1</sub>	34
		50	G <sub>4</sub> D <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	35
		100	G <sub>4</sub> D <sub>3</sub> N <sub>3</sub>	36

parcela grande estuvo formada por los cuatro genotipos, la subparcela por el factor densidad de población con tres niveles: baja, intermedia y alta (22,222; 37,000 y 55,555 pph respectivamente) los que en ocasiones se denominaron  $D_1$ ,  $D_2$ , y  $D_3$ ; la parcela más pequeña estuvo representada por el factor-nitrógeno cuyos niveles fueron: 0, 50 y 100 kg de N/Ha, que se denominaran respectivamente como  $N_1$ ,  $N_2$  y  $N_3$ . Para obtener las densidades correspondientes se sembró cada 50, 30 y 20 cm entre planta respectivamente, en el caso de nitrógeno se utilizó como fuente al sulfato de amonio (20.5%). La unidad experimental la formaron 4 surcos espaciados a 90 cm y de 8 m de longitud ( $28.8 \text{ m}^2$ ) y la unidad de muestreo (parcela útil) la representaron los dos surcos centrales (2 surcos x 4 m x .9 m =  $7.2 \text{ m}^2$ ). En total se formaron 36 tratamientos (4 x 3 x 3; Cuadro 3) y 144 unidades experimentales.

#### 3.4. Ambientes Agronómicos de Prueba.

Los ambientes agronómicos fueron formados a partir de las combinaciones posibles entre cada densidad y nivel de nitrógeno, a continuación se describe cada ambiente:

Cuadro 4. Ambientes agronómicos seleccionados para comparar cuatro genotipos de maíz en el ciclo verano-otoño de 1981 (Marín, N.L.)

Ambiente	Combinación	Densidad (pph)	Nitrógeno (Kg.deN/Ha)
1	$D_1N_1$	22,222	0
2	$D_1N_2$	22,222	50
3	$D_1N_3$	22,222	100
4	$D_2N_1$	37,000	0
5	$D_2N_2$	37,000	50
6	$D_2N_3$	37,000	100
7	$D_3N_1$	55,555	0
8	$D_3N_2$	55,555	50
9	$D_3N_3$	55,555	100

### 3.5. Manejo del Experimento.

La preparación del terreno se efectuó con tractor, constando de barbecho, cruza, rastreo y finalmente el surcado. La siembra se efectuó entre los días 10 y 13 de agosto de 1981, depositando tres semillas por punto, el primer riego se efectuó el 14 y 15 de agosto, la emergencia de las plantas se presentó entre los días 18 y 20 de agosto, el 9 de septiembre se realizó un aclareo para dejar las densidades de población adecuadas. La aplicación de fertilizantes se efectuó en dos partes, la primera al momento de la siembra, la otra mitad, al momento del aporque utilizándose para esta práctica agrícola un tiro de caballo (23 de septiembre); como se presentaron -- lluvias después de esta labor, el segundo riego se aplicó --- hasta el 12 de octubre.

El 21 de agosto se realizó una aplicación de herbicida - (2,4-D ester) post-emergente a razón de 1 l/ha, controlándose satisfactoriamente la maleza correhuala (Ipomoea sp). En cuanto a plagas se presentó la pulga saltona (Chaectonema ectypa), la cual no causó daños significativos al cultivo, otra plaga que se combatió fué el gusano cogollero Spodoptera frugiperda, en este caso se realizaron dos aplicaciones de Sevin granulado al 5% dirigidas al cogollo de la planta.

### 3.6. Cosecha y Toma de Muestras

La cosecha se realizó los días 18 al 23 de Diciembre llevándose a peso constante para registrar los datos de mazorca. En todo experimento donde se comparan densidades de población, se presentan dificultades comunmente que afectan las mediciones de caracteres y estimaciones de parámetros, uno de ellos es el número de plantas por unidad de muestreo (2 surcos x 4m x 0.9m = 7.2 m<sup>2</sup>); también el factor competencia entre plantas enmascara la componente genética de tal forma que el fenotipo no representa fielmente a dicha componente. En el presente estudio estas dificultades se agravaron, por el acame que afectó más a los tratamientos de altas densidades y a los genoti-

pos de mayor altura, por ello el número esperado de plantas - en la unidad de muestreo ( $D_1=16$ ,  $D_2=27$  y  $D_3=40$ ), no fúe posible completarse y se eligieron diez mazorcas de cada parcela, transformándose posteriormente de acuerdo a la densidad de población correspondiente en cada genotipo evaluado.

Del resto de las variables (excepto plantas acamadas y quebradas), el tamaño de muestra fué de 10 plantas tomando de cada una su respectivo valor fenotípico por unidad experimental, en el caso del número de mazorcas por planta si se registraron pero no se etiquetaron por planta, entonces se efectuó el procedimiento siguiente: Se multiplicó el peso promedio de mazorca y grano por cada unidad experimental por el número de mazorcas promedio de cada unidad experimental; por ejemplo la parcela número 1 fué ocupada por el tratamiento 18 G<sub>2</sub> D<sub>3</sub> N<sub>3</sub> - repetición I, los pesos promedios de mazorca y grano de esta parcela fueron 112.7 y 95.9 gr respectivamente, y el número promedio de mazorcas por planta fué de 1.3, finalmente los pesos corregidos para mazorca y grano fueron 146.1 y 124.6 gr/planta respectivamente, después estos datos fueron transformados a ton/ha.

En base a lo anterior no fué posible efectuar un análisis de covarianza para una mejor estimación del rendimiento individual y unitario por lo tanto era esperarse que los resultados aparecieran sobre estimados. Tampoco fué posible realizar análisis de correlación donde se integraran simultáneamente las características de planta y mazorca de cada individuo, es decir se hicieron independientemente. Estos análisis se efectuaron por genotipo, densidad y en forma combinada, para los caracteres de mazorca se registraron el peso de cada mazorca y grano individualmente sin tomar en cuenta el número promedio de mazorcas de cada parcela, es decir los análisis se efectuaron en base a lo mazorcas por parcela. Para las características P.A. y P.Q. se efectuó un conteo de todas las plantas: normales, acamadas y quebradas considerando toda la unidad experimental.

### 3.7. Características de estudio

Altura de la planta (A.P.), medida desde la superficie - del suelo hasta la base del nudo de la inserción de la espiga (m).

Altura de la mazorca (A.M.), medida desde la superficie - del suelo hasta la base del nudo de la inserción de la mazorca principal (m).

Índice de posición de la mazorca (I.P.M.), es la relación existente entre la altura de la mazorca dividida entre - la altura de la planta.

Número de hojas arriba de la mazorca principal (N.H.A.M.) se contó el número de hojas arriba de la mazorca principal. - Se transformaron los datos utilizando la expresión  $\sqrt{x+1}$

Número total de hojas (N.T.H.) se contó el número total - de hojas del tallo principal. Se transformaron los datos utilizando la expresión:  $\sqrt{x+1}$

Relación entre hojas arriba y totales (R.H.A.T.) se obtuvo dividiendo el número de hojas de la mazorca entre el total de hojas.

Ancho de la hoja de la mazorca principal (A.H.M.) tomado de la parte media de la hoja de la mazorca principal (cm).

Longitud de la hoja de la mazorca (L.H.M.) tomada de la ligula hasta la punta de la hoja de la mazorca principal (cm).

Área foliar de la hoja de la mazorca (A.F.H.M.) estimada a partir del ancho y longitud de la hoja de la mazorca principal:  $A.H.M. \times L.H.M. \times 0.75$  (cm<sup>2</sup>).

Diámetro del tallo (D.T.) medido al nivel del suelo (cm).

Días a floración masculina (D.F.M.) días transcurridos -

desde la aplicación del primer riego hasta que se presentó el 50% de plantas en anthesis. Se transformaron los datos utilizando la expresión:  $\sqrt{x+1}$

Número de mazorcas por planta (N.M.P.) se contó el número de mazorcas en el tallo principal. Se transformaron los datos utilizando la expresión:  $\sqrt{x+1}$

Longitud de la mazorca (L.M.) medida desde la distancia comprendida de la base a la punta de la mazorca (cm).

Diámetro de la mazorca (D.M.) medida en la parte media de la mazorca (cm).

Número de hileras (N.H.) se contó el número de hileras de cada mazorca. Se transformaron los datos utilizando la expresión:  $\sqrt{x+1}$

Número de granos de una hilera (N.G.H.) se contó el número de granos de una hilera por cada mazorca. Se transformaron los datos utilizando la expresión:  $\sqrt{x+1}$

Número de granos por mazorca (N.G.M.) se obtuvo multiplicando el N.H. x N.G.H.

Peso de mazorca por planta (P.M.P.) se pesó el número de mazorcas cosechadas por planta (gr).

Peso de grano por planta (P.G.P.) se cuantificó el peso de grano de las mazorcas cosechadas por planta (gr).

Rendimiento de mazorca (R.M.) se multiplicó el peso de mazorca corregido por su densidad de población correspondiente, (ton/ha).

Rendimiento de grano (R.G.) se multiplicó el peso de grano corregido por su densidad de población correspondiente, -- (ton/ha).



Plantas Acamadas (P.A.) porcentaje de plantas con una inclinación mayor de 30° con respecto a la vertical. Se transformaron los datos utilizando la expresión: ángulo = seno arco  $\sqrt{\text{proporción}}$ .

Plantas Quebradas (P.Q.) porcentaje de plantas que exhibieron el tallo roto o quebrado por debajo de la mazorca principal. Se transformaron los datos utilizando la expresión - - ángulo = seno arco  $\sqrt{\text{proporción}}$ .

### 3.8 Análisis estadístico

#### 3.8.1. Análisis de varianza factorial

Este análisis comprendió 19 características que fueron analizadas mediante el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + V_j + \epsilon_{ij}(a) + D_k + (VD)_{jk} + \epsilon_{ijk}(b) + N_l + (VN)_{jl} + (DN)_{kl} + (VDN)_{jkl} + \epsilon_{ijkl}(c)$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = es la observación de la  $i$ -ésima repetición, en la  $j$ -ésima variedad con la  $k$ -ésima densidad, -- con el  $l$ -ésimo nivel de nitrógeno.

$\mu$  = es la media general del experimento.

$\beta_i$  = es el efecto del  $i$ -ésimo bloque o repetición.

$V_j$  = es el efecto de la  $j$ -ésima variedad.

$\epsilon_{ij}(a)$  = es el error experimental de la  $ij$ -ésima observación

$D_k$  = es el efecto de la  $k$ -ésima densidad.

$(VD)_{jk}$  = es el efecto de la posible interacción entre -- variedad x densidad.

$\epsilon_{ijk}(b)$  = es el error experimental de la  $ijk$ -ésima observación.

$N_l$  = es el efecto del l-ésimo nivel de nitrógeno.

$(VN)_{j\ell}$  = es el efecto de la posible interacción entre variedad x nitrógeno.

$(DN)_{k\ell}$  = es el efecto de la posible interacción entre densidad x nitrógeno.

$(VDN)_{jkl}$  = es el efecto de la posible interacción entre variedad x densidad x nitrógeno.

$\epsilon_{ijkl}(c)$  = es el error experimental de la ijkl-ésima observación.

$\epsilon_{ij}(a)$	N	I	$(0, \sigma^2 a)$	$i=1,2,3,4$	repeticiones
$\epsilon_{ijk}(b)$	N	I	$(0, \sigma^2 b)$	$j=1,2,3,4$	variedades
$\epsilon_{ijkl}(c)$	N	I	$(0, \sigma^2 c)$	$k=1,2,3$	densidades
				$l=1,2,3$	nitrógeno

Para probar la significancia estadística entre las medias aritméticas de cada variable por cada factor se seleccionó como criterio la prueba estadística de "Tukey" donde el valor mínimo significativo ( $w$ ) se calculó de la manera siguiente:

$$w = q \times s\bar{y} \dots\dots(Ec 3.1)$$

$q(\alpha, n, p)$  valor teórico tomado de la tabla A-8 (Steel and Torrie, 1960).

$\alpha$  = nivel de significancia .05

$n$  = número de tratamientos comparados en este caso, variedades (4), densidades (3) y Nitrógeno (3)

$p$  = grados de libertad del error de cada factor de estudio

$s\bar{y}$  = Es el error estandar de cada factor, se utilizó de acuerdo a la metodología propuesta por Cochran y Cox (1980).

Se estimó el coeficiente de variación (C.V) por cada factor de acuerdo a la fórmula  $C.V. = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 \dots (Ec 3.2)$

Cuadro 5. Análisis de varianza para un diseño bloques al azar con arreglo en parcelas subdivididas con v genotipos, d densidades y n nitrógeno en r bloques.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.
Repeticiones (R)	(r-1)	$\frac{Y_{j...}^2}{v d n}$ -F.C.	$\frac{S.C. (R)}{r-1}$
Variedades (V)	(v-1)	$\frac{Y_{ij..}^2}{r d n}$ -F.C.	$\frac{S.C. (V)}{v-1}$
Error (a)	(r-1)(v-1)	$\frac{Y_{ij..}^2}{d n}$ -F.C.-S.C. (R)-S.C. (V)	$\frac{S.C.E. (a)}{(r-1)(v-1)}$
Densidades (D)	(d-1)	$\frac{Y_{...k}^2}{v r n}$ -F.C.	$\frac{S.C. (D)}{d-1}$
-V x D	(v-1)(d-1)	$\frac{Y_{.jk}^2}{r n}$ -F.C.-S.C. (V)-S.C. (D)	$\frac{S.C. (VxD)}{(v-1)(d-1)}$
Error (b)	v(r-1)(d-1)	$\frac{Y_{ijk}^2}{n}$ -F.C.-S.C. (R) -S.C. (V)-S.C.E(a) -S.C. (D)-S.C. (VD).	$\frac{S.C.E. (b)}{v(r-1)(d-1)}$
Nitrógeno (N)	(n-1)	$\frac{Y_{...1}^2}{v d r}$ -F.C.	$\frac{S.C. (N)}{n-1}$
VxN	(v-1)(n-1)	$\frac{Y_{.j.1}^2}{r d}$ -F.C.-S.C. (V)-S.C. (N)	$\frac{S.C. (VxN)}{(v-1)(n-1)}$
DxN	(d-1)(n-1)	$\frac{Y_{..k1}^2}{v r}$ -F.C.-S.C. (D)-S.C. (N)	$\frac{S.C. (DxN)}{(d-1)(n-1)}$
VxDxN	(v-1) dx1 (n-1)	$\frac{Y_{.jkl}^2}{r}$ -F.C.-S.C. (V)-S.C. (D)-S.C. (N)-S.C. (VD)-S.C. (VN)-S.C. (DN)	$\frac{S.C. (VxDxN)}{(v-1)(d-1)(n-1)}$
Error (c)	vd(r-1)(n-1)	Por diferencia	$\frac{S.C. E(c)}{vd(r-1)(n-1)}$
Total	(v d n r-1)	$Y^2_{ijkl}$ - F.C.	

donde:

S= desviación estandar del error

$\bar{X}$ = media de todos los datos.

### 3.8.2. Análisis de varianza combinado

Este análisis comprendió 15 características que fueron analizadas mediante el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + Rk + A_j + (V \times A)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$  = es la observación de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente

$\mu$  = es la media general

$V_i$  = es el efecto de la  $i$ -ésima variedad

$Rk$  = es el efecto de la  $k$ -ésima repetición

$A_j$  = es el efecto del  $j$ -ésimo ambiente agronómico

$(V \times A)_{ij}$  = es el efecto de interacción entre la  $i$ -ésima variedad y el  $j$ -ésimo ambiente agronómico.

$\epsilon_{ijk}$  = es el error experimental de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente de la  $k$ -ésima repetición

$i=1, \dots, v$  variedades

$j=1, \dots, n$  ambientes

$k=1, \dots, r$  repeticiones

El modelo parte de los siguientes supuestos:

- 1) Los errores no están correlacionados
- 2) Su media es cero
- 3) La varianza es constante
- 4) Los ambientes agronómicos se consideran muestras donde se cultiva el maíz.

Cuadro 6. Analisis de varianza para un experimento con ambientes agronómicos bajo un diseño de bloques al azar, que incluye las esperanzas de los cuadrados medios.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Repeticiones	(r-1)	$\frac{y^2_{..k}}{nv} - F.C.$	
Ambientes Agronómicos	(n-1)	$\frac{y^2_{i..}}{vr} - F.C.$	C.M.4
Variedades	(v-1)	$\frac{y^2_{ij.}}{vr} - F.C.$	C.M.3
V x A	(v-1)(n-1)	$\frac{y^2_{ij.}}{r} - F.C. - S.C.V. S.C.A.$	C.M.2
Error	(r-1)(nv-1)	Por diferencia	C.M.1
Total	nv-1	$y^2_{ijk} - F.C.$	

$\hat{\sigma}^2$  = estimador del error experimental = C.M.1

$\hat{\sigma}^2_{va}$  = estimador de la varianza de interacción variedades x ambientes =  $\frac{C.M.2-C.M.1}{r}$

$\hat{\sigma}^2_v$  = estimador de la varianza de variedades =  $\frac{C.M.3-C.M.2}{nr}$

3.8.3. Análisis de varianza de parámetros de estabilidad. Para conocer el grado de "adaptabilidad" de un genotipo en -- una serie de ambientes se utilizó el método propuesto por -- Eberhart y Russell (1966), el modelo estadístico es el si-- -- guiente:

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

(i=1,2 ... v, variedades)  
(j=1.2 ... n, ambientes)

donde:

$Y_{ij}$  = rendimiento medio de la i-ésima variedad en el j-ésimo -- ambiente

$\mu_i$  = rendimiento medio de la variedad i en todos los ambien-- tes

$\beta_i$  = coeficiente de regresión, mide la respuesta de la varie-- dad i en varios ambientes

$\delta_{ij}$  = desviación de la regresión de la variedad i, en el am--- biente j

$I_j$  = índice ambiental, cuantifica el total de productividad -- de un ambiente determinado, es obtenido como la media de todas las variedades en el ambiente j, menos la media ge-- neral, es decir

$$I_j = \left( \frac{\sum_{i=1}^v Y_{ij}}{v} \right) - \left( \frac{\sum_{ij} Y_{ij}}{vn} \right); \quad \sum_j I_j = 0$$

El primer parámetro de estabilidad es el coeficiente de-- regresión estimado por:

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

El segundo parámetro de estabilidad se estima como sigue:

$$s^2_{di} = \left( \frac{\sum_j \delta_{ij}^2}{n-2} \right) - s^2_e/r$$

donde:

$s^2_e/r$  es el estimador del error conjunto, r es el número de repeticiones de cada ambiente j

$S^2$  se estima un promedio ponderado de los errores de todos los ambientes mediante la siguiente fórmula:

$$\Sigma \delta_{ij} = \left( \Sigma_j Y_{ij}^2 - \frac{Y_i^2}{n} \right) - \frac{(\Sigma_j Y_{ij} I_j)^2}{\Sigma_j I_j^2}$$

Una vez obtenidos los parámetros de estabilidad, se construye la tabla de análisis de varianza (Cuadro 7) donde la suma de cuadrados para ambientes y la interacción variedades-ambientes, son divididos en ambientes (lineales), variedades-ambientes (lineal) y desviación de regresión.

### 3.9. Prueba de hipótesis

La igualdad de medias  $H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots \mu_v$  se realiza mediante la prueba de F,  $F = CM_1 / CM_3$

La desviación de regresión igual a cero para cada variedad se efectúa con:

$$F = (\Sigma_j \delta_{ij}^2 / n - 2) / \text{error conjunto}$$

El coeficiente de regresión para cada variedad no es diferente de la unidad; o sea  $\beta_i = 1.0$   $i=1, 2, 3, 4 = v$ , esta hipótesis se prueba con la "t" de Student, así:

$$t = \frac{b_i - \beta_i}{S_{b_i}} \quad \text{donde} \quad S_{b_i} = \sqrt{\frac{S^2 d_i}{\Sigma_j I_j^2}}$$

A partir de las pruebas de significancia estadística de los parámetros de estabilidad, cada genotipo se agrupa en alguna de las situaciones que se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 7. Análisis de Varianza para Estimar Parámetros de Estabilidad.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio
Total	nv-1	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - F.C.$	
Variedades (v)	v-1	$\frac{1}{n} \sum_i Y_i^2 - F.C.$	CM <sub>1</sub>
Medios ambientes (E)	n-1		
V x E	(v-1) (n-1)	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \sum_j Y_j^2 \cdot /n$	
E (Lineal)	1	$\frac{1}{v} \left( \sum_j Y_{.j} \cdot I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2$	
V x E (Lineal)	v-1	$\sum_i \left( \sum_j Y_{ij} \cdot I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2 - S.C. medio ambiente lineal.$	CM <sub>2</sub>
Desviación conjunta	v(n-2)	$\sum_i \sum_j \delta_{ij}^2$	CM <sub>3</sub>
Variedad 1	n-2	$\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{(Y_{1.})^2}{n} - \left( \sum_j Y_{1j} \cdot I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2$	
Variedad v	n-2	$\sum_j Y_{vj}^2 - \frac{(Y_{v.})^2}{n} - \left( \sum_j Y_{vj} \cdot I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2$	
Error conjunto	n(r-1) (v-1)		CM <sub>4</sub>



Cuadro 8. Situaciones posibles derivadas del valor que pueden tener los parámetros de estabilidad o adaptabilidad (Carballo y Márquez, 1970).

Situación	Coefficiente de regresión	Desviación de la regresión	Descripción
a	$b_i = 1.0$	$s^2 d_i = 0$	Variedad estable
b	$b_i = 1.0$	$s^2 d_i > 0$	Buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes.
c	$b_i < 1.0$	$s^2 d_i = 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente.
d	$b_i < 1.0$	$s^2 d_i > 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables e inconsistentes.
e	$b_i > 1.0$	$s^2 d_i = 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes y consistente.
f	$b_i > 1.0$	$s^2 d_i > 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes e inconsistente.

### 3.10 Correlaciones fenotípicas

Con el propósito de conocer el grado de asociación entre pares de caracteres de planta y mazorca se procedió a estimar los coeficientes de correlación por genotipo, densidad y en forma combinada, siendo los tamaños de muestra 360, 480 y --- 1440 individuos respectivamente, aplicando la ecuación si--- guiente;

$$r_{ij} = \frac{\sum X_i X_j - \sum X_i \sum X_j / N}{\sqrt{(\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 / N) (\sum X_j^2 - (\sum X_j)^2 / N)}} \dots (\text{Ec } 3.4)$$

donde:

$x_i$  = representa el carácter  $i$   
 $x_j$  = representa el carácter  $j$   
 $i=j = 1,2,3,\dots N$  (tamaño de muestra)

### 3.11. Varianza fenotípica del rendimiento individual

Se calculó la varianza fenotípica del peso de mazorca y-grano por planta dentro de cada unidad experimental (varianza parcelar). Se efectuó el mismo procedimiento aplicado por - - Bucio (1969), cuyo modelo se describe enseguida:

$$f = g + e + (ge)$$

donde:

$f$  = efecto fenotípico medido en cada planta en competencia - de cada genotipo.  
 $g$  = efecto genotípico de cada planta en cada variedad.  
 $e$  = efecto micro-ambiental en cada planta de cada variedad.  
 $(ge)$  = efecto de interacción genético-ambiental de cada planta con el medio micro-ambiental en que se desarrolla

### 3.12. Heredabilidad

La estimación de este parámetro poblacional se realizó - a partir de las componentes de varianza citadas en el Cuadro-11 mediante la ecuación siguiente:

$$H^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2} = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_e + \sigma^2_g + \sigma^2_{ge}} \dots \text{Ec. 3.5.}$$

donde:

$H^2$  = Coeficiente de heredabilidad

$\hat{\sigma}_e^2$  = Varianza ambiental = C.M. 1

$\hat{\sigma}_g^2$  = Varianza genética =  $\frac{\text{C.M. 3} - \text{C.M. 2}}{rn}$

$\hat{\sigma}_{ge}^2$  = Varianza de interacción genética-ambiental =  $\frac{\text{C.M. 2} - \text{C.M. 1}}{r}$

$\hat{\sigma}_f^2$  = Varianza fenotípica o total =  $\hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_{ge}^2$

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Análisis de varianza factorial.

En el Cuadro 9 se presentan los resultados de los análisis estadísticos correspondientes a diecinueve características de maíz, donde puede apreciarse que para el factor variedad, existen diferencias significativas para la mayoría de los caracteres, excepto para: A.H.M., D.T., L.M., y N.G.H. que presentaron diferencias no significativas.

Para el factor densidad de población, las características que expresaron diferencias significativas fueron: A.H.M., D.T., N.M.P., D.M., P.M.P., P.G.P., R.M., R.G., D.F.M., y P.Q., y las características que no presentaron diferencias significativas fueron: A.P., A.M., N.H.A.M., N.T.H., L.H.M., L.M., N.H., N.G.H., y P.A.

Para el factor nitrógeno no se encontraron diferencias significativas en la mayoría de las características, excepto para las variables L.H.M. y N.M.P. pues presentaron diferencias significativas.

Las interacciones entre las combinaciones de los factores principales bajo estudio en la mayoría de las características, los efectos no fueron significativos, solo para el carácter A.P. en la interacción (DXN) y para el N.M.P., en las interacciones (DXN) y (VXDXN) el efecto fué altamente significativo.

Los coeficientes de variación calculados para las primeras trece características en los tres factores fueron menores de 20%, que están dentro de lo aceptable para experimentos en agronomía; sin embargo para los caracteres peso y rendimiento de mazorca y grano en el caso de los factores variedad y densidad, los coeficientes de variación fluctuaron entre 21.20 y 28.97%. En el caso de las características P.A. y P.Q. los coeficientes de variación resultaron de mayor magnitud comparados con los caracteres relacionados con el rendimiento y para

Cuadro 5. Análisis de varianza, significancia estadística, media general y coeficiente de variación de 19 características de maíz. Marín, N.L., 1981.

F. de V.	G.L.	A.P.	A.M.	MBM	N.T.H.	LPM	ANM	DT	DFM	NMP	$\frac{M+I}{NMP}$	L.M.	D.M.	B.H.	MBH	RME	PCP	RM	RC	PA	PO
Repetición	3	N.S.	**	*	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.	*	*	N.S.	N.S.	N.S.	*	*	*	*	*	N.S.	N.S.
Variedad	3	**	**	**	*	**	N.S.	N.S.	**	**	**	N.S.	N.S.	**	N.S.	**	**	**	*	*	*
Error (a)	9																				
Densidad	2	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	**	**	*	**	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	**	**	**	**	N.S.	**
V x D	6	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	**	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Error (b)	24																				
Nitrogeno	2	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
V x N	6	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
D x N	4	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
V x D x N	12	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Error (c)	72																				
TOTAL	143																				
C.V. (a)		11.49	17.37	6.43	8.64	5.02	9.01	14.06	7.79	14.73	4.21	6.87	4.39	6.23	7.03	21.20	21.57	24.98	25.39	37.19	71.90
C.V. (b)		10.11	20.4	10.96	9.88	7.00	9.29	7.90	3.56	12.44	2.98	9.07	4.16	5.0	11.01	26.82	28.97	27.36	28.85	27.12	43.20
C.V. (c)		4.45	17.07	4.91	4.14	3.53	4.99	4.16	2.06	10.26	2.1	5.56	2.98	4.37	6.36	14.27	14.95	14.58	15.45	18.11	27.76
$\bar{X}$		1.74	.98	5.42	13.15	76.97	9.03	2.40	60.20	1.27	1.5	14.44	4.49	13.46	31.36	164.58	137.88	6.05	5.07	43.35	22.16

\* Significativo  
 \*\* Altamente significativo  
 NS No significativo

los tres factores. En esa misma tabla se expresa la media general de cada característica.

#### 4.1.1 Prueba de significancia entre medias.

En el Cuadro 10 se presentan las medias aritméticas de diecinueve características de interés, en cinco de ellas no hubo diferencias significativas entre las variedades, en nueve características no se encontraron efectos significativos de los niveles de densidades y para niveles de nitrógeno en diecisiete variables no hubo diferencias significativas.

Analizando las medias de cada característica para el factor genotipo se observa que para los caracteres A.P. y A.M.-- las medias más altas son ocupadas por el  $G_1$ ,  $G_4$ , y  $G_2$  respectivamente, ocupando el último lugar el  $G_3$  en ambas variables. Notese que para los caracteres N.H., P.M.P., P.G.P. R.-M. y R.G. (asociados al rendimiento) se observó el siguiente orden:  $G_3$ ,  $G_4$ ,  $G_1$  y  $G_2$ ; para los caracteres antes mencionados las medias más altas correspondieron frecuentemente a los híbridos  $G_3$  y  $G_4$  y los últimos lugares fueron ocupados por las variedades de amplia base genética  $G_1$  o  $G_2$ .

La Figura 1 muestra la relación entre rendimiento unitario e individual a través de las densidades, se observa que el P.G.P. va disminuyendo significativamente conforme va incrementándose cada nivel de densidad, fenómeno opuesto se observa en el R.G. En las Figuras 2, 3 y 4 se puede apreciar el comportamiento de los caracteres P.M.P., N.M.P., y D.M. respectivamente, notese que los híbridos ( $G_3$  y  $G_4$ ) mostraron los valores más altos de P.M.P. y N.M.P. en el caso del D.M. el  $G_1$  y  $G_4$  expresaron los valores más altos, por otro lado se observa que el carácter P.M.P. en el  $G_1$ ,  $G_3$  y  $G_4$  va disminuyendo significativamente al aumentar la densidad no ocurriendo lo mismo para el  $G_2$  el cual aumentó ligeramente al incrementarse la densidad, en el caso del N.M.P. ocurrió un fenómeno similar por ejemplo los híbridos  $G_3$  y  $G_4$  expresaron que al aumentar la densidad el N.M.P. va disminuyendo significativamente.

Cuadro 10. Medias de diecinueve características registradas en cuatro variedades de maíz, tres densidades de población y tres niveles de nitrógeno y su comparación por el Método de Tukey, Marín, N.L. 1981.

Característica	Variedades									Densidades			Nitrógeno		
	1	2	3	4	1	1	1	2	3	1	1	2	2	3	
A.P. (mt)	1.91a	1.75b	1.52c	1.81ab	1.73	1.76	1.74	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.74	
A.M. (mt)	1.06a	.97ab	.86b	1.01ab	.95	.98	1.0	1.01	1.01	.96	.96	.96	.96	.96	
N.H.A.M. (no)	5.39a	5.03b	5.6 a	5.63a	5.41	5.42	5.41	5.43	5.43	5.46	5.46	5.46	5.46	5.36	
N.T.H. (no)	13.04	12.66	13.44	13.47	12.86	13.34	13.26	13.11	13.11	13.27	13.27	13.27	13.27	13.09	
L.H.M. (cm)	80.30a	74.91b	75.74b	76.94b	75.61	76.94	78.35	77.53a	77.53a	77.32ab	77.32ab	77.32ab	77.32ab	76.06b	
A.H.M. (cm)	9.0	9.06	9.19	9.86	9.31a	9.05ab	8.72b	9.1	9.1	9.05	9.05	9.05	9.05	8.94	
D.T. (cm)	2.31	2.47	2.32	2.50	2.54a	2.40b	2.26c	2.42	2.42	2.38	2.38	2.38	2.38	2.41	
D.F.M. (días)	58.33a	58.69a	68.83b	59.94a	59.52b	60.96a	60.13ab	60.35	60.35	60.02	60.02	60.02	60.02	60.23	
N.M.P.	1.12c	1.16bc	1.50a	1.29b	1.43a	1.24b	1.15c	1.29	1.29	1.28	1.28	1.28	1.28	1.24	
N.M.P. $\sqrt{X + I}$	1.46c	1.47bc	1.58a	1.51b	1.56a	1.49b	1.46c	1.51a	1.51a	1.51a	1.51a	1.51a	1.51a	1.49b	
L.M. (cm)	14.19	14.48	14.73	14.38	14.70	14.52	14.11	14.38	14.38	14.54	14.54	14.54	14.54	14.41	
D.M. (cm)	4.70a	4.34c	4.39c	4.54b	4.52a	4.53a	4.42b	4.53	4.53	4.48	4.48	4.48	4.48	4.47	
N.H. (no)	13.12b	12.46c	14.85a	13.43b	13.50	13.51	13.38	13.44	13.44	13.46	13.46	13.46	13.46	13.49	
N.G.H. (no)	31.04	31.90	30.52	31.98	31.50	31.74	30.85	31.35	31.35	31.45	31.45	31.45	31.45	31.29	
P.M.P. (gr.)	156.14bc	137.43c	187.88a	176.85ab	189.37a	164.75b	139.61c	166.96	166.96	166.67	166.67	166.67	166.67	160.1	
P.G.P. (gr.)	132.12bc	116.27c	154.3a	148.84ab	158.8a	137.82b	117.03c	139.23	139.23	140.00	140.00	140.00	140.00	134.3	
R.M. (ton/ha)	5.71b	5.29b	6.83ab	6.35ab	4.21c	6.18b	7.76a	6.18	6.18	6.14	6.14	6.14	6.14	5.82	
R.G. (ton/ha)	4.83ab	4.48b	5.61a	5.34ab	3.53c	5.17b	6.50a	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	4.88	
P.A. (%)	52.18a	48.45a	23.36b	49.96a	45.11	45.37	39.91	41.56	41.56	44.58	44.58	44.58	44.58	44.25	
P.Q. (%)	23.96a	28.78a	12.95b	22.93ab	19.24b	21.32ab	25.91a	21.90	21.90	21.60	21.60	21.60	21.60	22.97	

(\*) Letras iguales indican medias aritméticas estadísticamente similares

No. Número

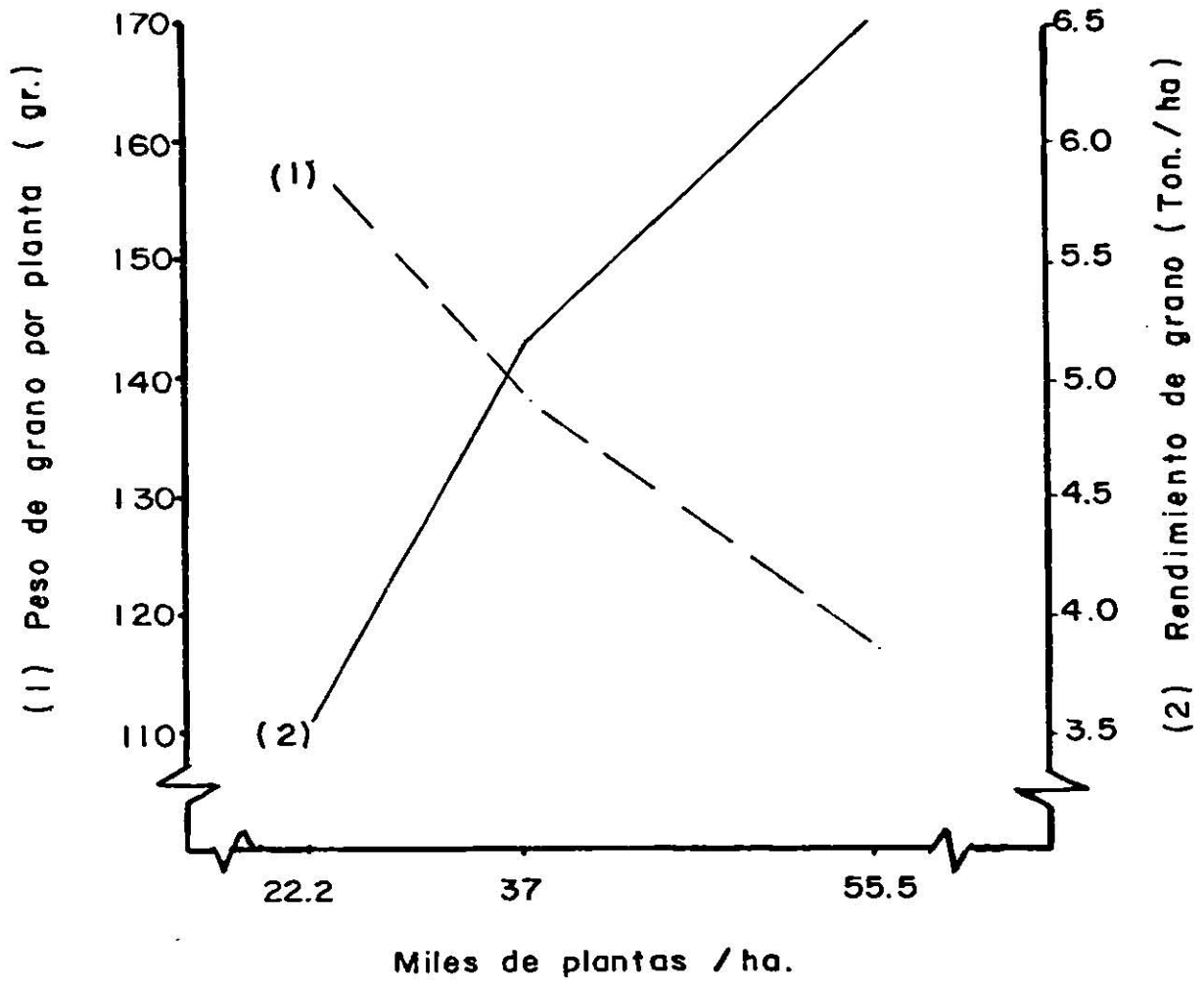


Figura 1 Relación entre rendimiento individual y unitario de grano en diferentes densidades de población. Marín, N.L. 1981.

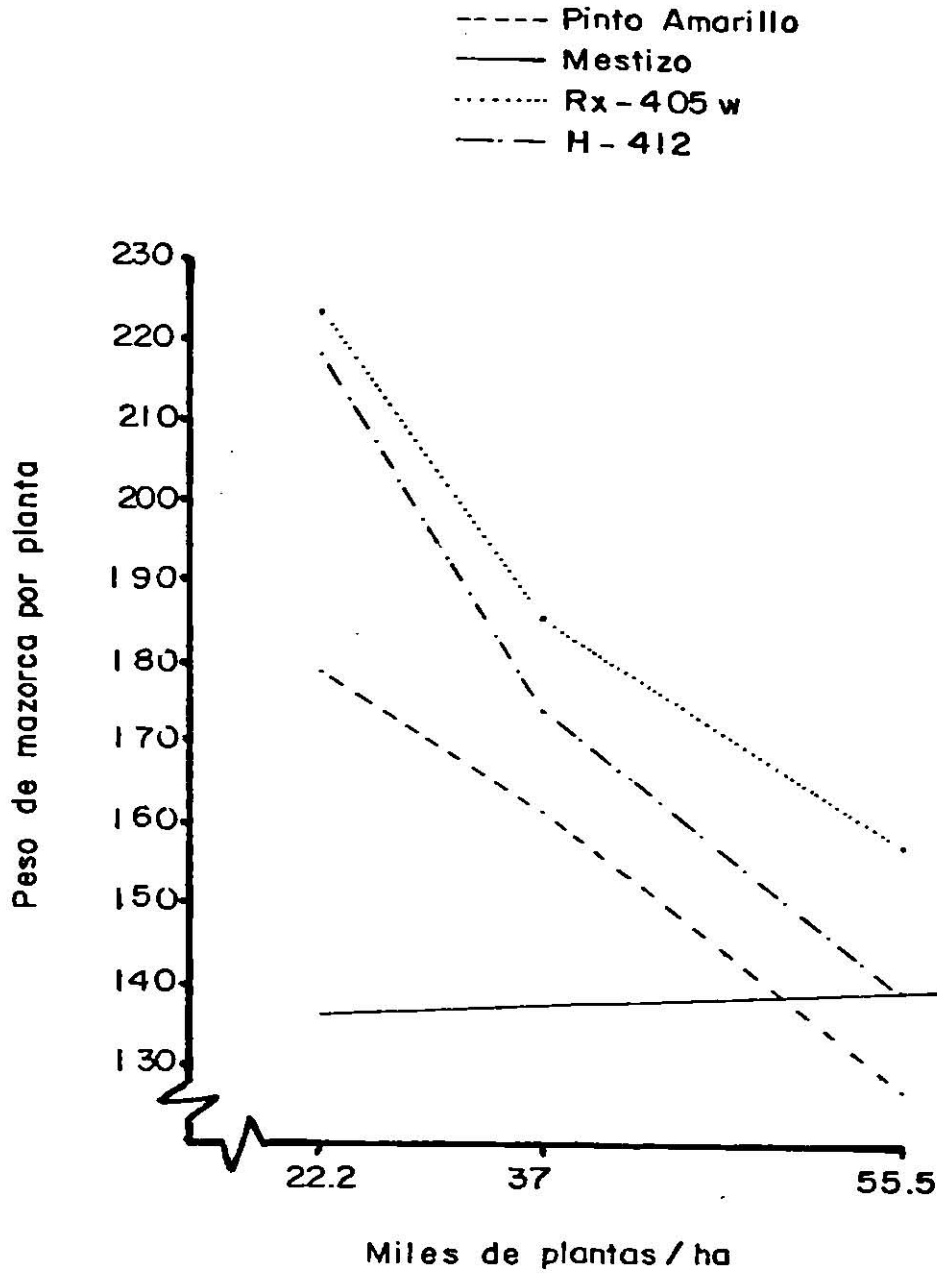


Figura 2 Efecto de la densidad de población en el peso de mazorca por planta en cuatro genotipos de maíz. Marín, N.L. 1981.



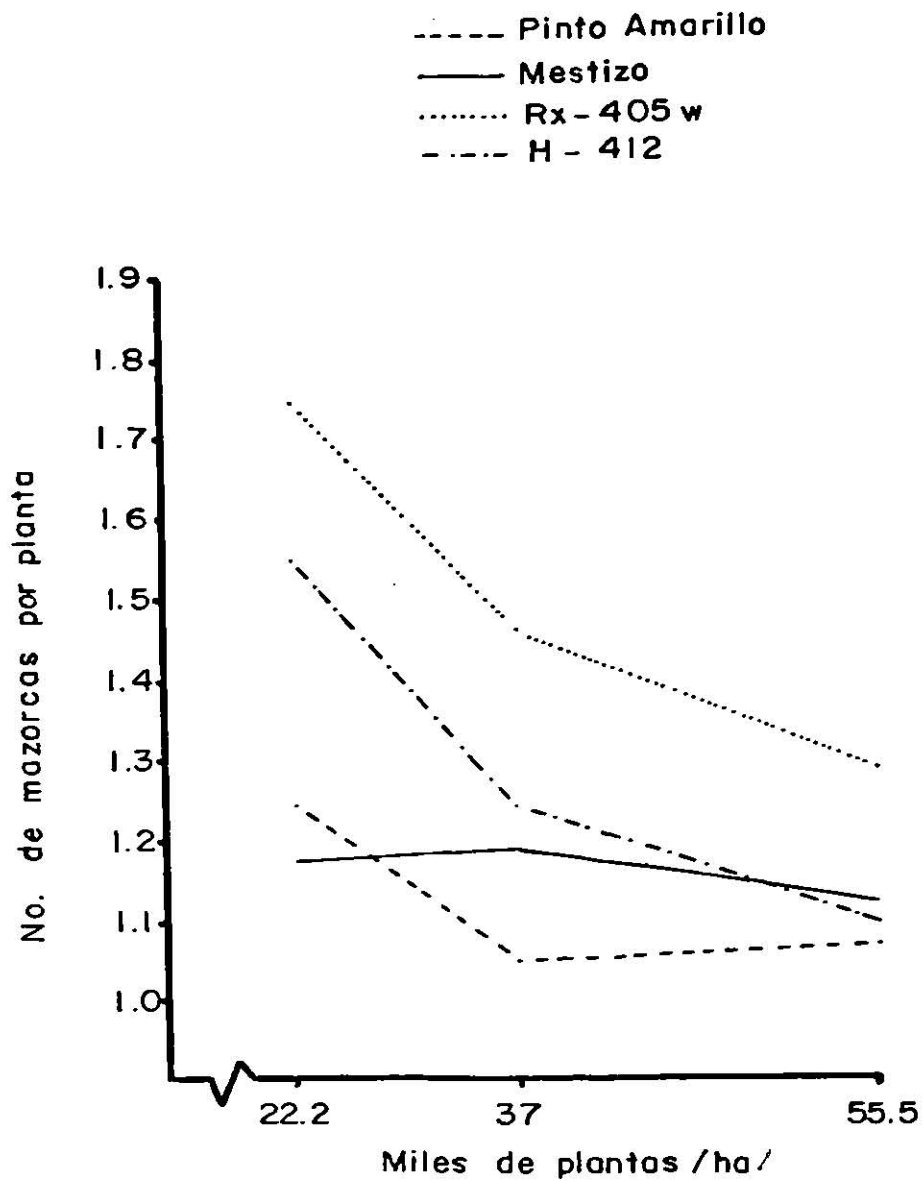


Figura 3 Efecto de la densidad de población en el número de mazorcas por planta en cuatro genotipos de maíz. Marín, N. L. 1981.

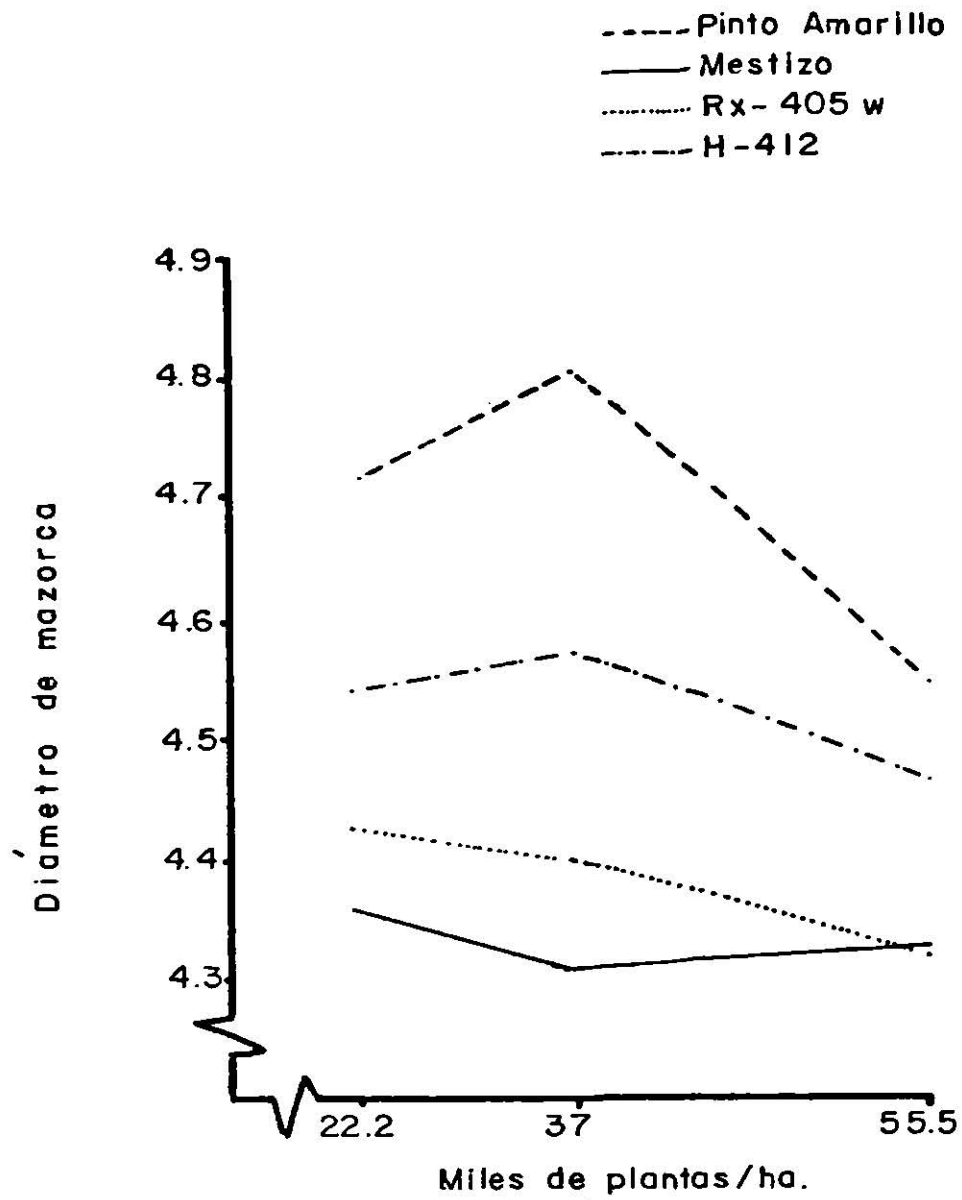


Figura 4 Efecto de la densidad de población en el diámetro de mazorca en cuatro genotipos de maíz. Marín, N.L. 1981.

mientras que el  $G_1$  tiende a aumentar en la  $D_2$  y el  $G_2$  en la  $D_3$ , el carácter D.M. del  $G_1$  y  $G_4$  aumentan en la  $D_2$  en comparación con la  $D_1$  y disminuye significativamente en la  $D_3$ , el  $G_4$  va disminuyendo al aumentar cada nivel de densidad ocurriendo lo mismo para el  $G_2$  pero este tiende a aumentar en la  $D_3$ .

Se hace mención que para el carácter N.T.H. no se encontraron diferencias significativas en la comparación de medias a pesar de que el análisis de varianza reportó diferencias -- significativas en el factor genotipo. Para las variables P.A. los valores más altos fueron estimados en los genotipos más -- altos, es decir a medida que fué aumentándose la A.P. se incrementó el P.A., en el caso de P.Q. las medias más bajas fueron encontradas en los híbridos.

Para el factor densidad de población las medias de las -- características A.H.M., D.T., N.M.P., P.M.P., y P.G.P., se -- agruparon en el orden siguiente:  $D_1$ ,  $D_2$  y  $D_3$ ; el fenomeno -- opuesto ocurrió para los caracteres R.M., R.G., y P.Q. ya que sus medias quedaron ordenadas en la forma siguiente:  $D_3$ ,  $D_2$  y  $D_1$ , para los D.F.M. las medias de mayor a menor ocuparon el siguiente orden  $D_3$ ,  $D_2$  y  $D_1$ , y para D.M. las medias de mayor a menor ocuparon el siguiente orden  $D_2$ ,  $D_1$  y  $D_3$  respectivamente. Cabe mencionar que a los cinco días después del segundo -- riego se presentaron fuertes vientos propiciando que se acambaran y quebraran gran cantidad de plantas; la Figura 5 expresa la relación entre el D.T. y P.Q. en distintas densidades, se observa que el D.T. va disminuyendo en forma altamente significativa, mientras que la trayectoria del P.Q. es totalmente opuesto, es decir este va en aumento al incrementarse cada -- densidad de población.

Para el factor nitrógeno solamente se compararon medias -- para el carácter L.H.M. y N.M.P., notese que los promedios -- más altos fueron obtenidos en los niveles de nitrógeno más bajos, es decir en el  $N_1$  (testigo) o  $N_2$ , para las demás características no aparecen letras por el hecho de que el análisis -- de varianza no reporta significancia estadística, es decir no

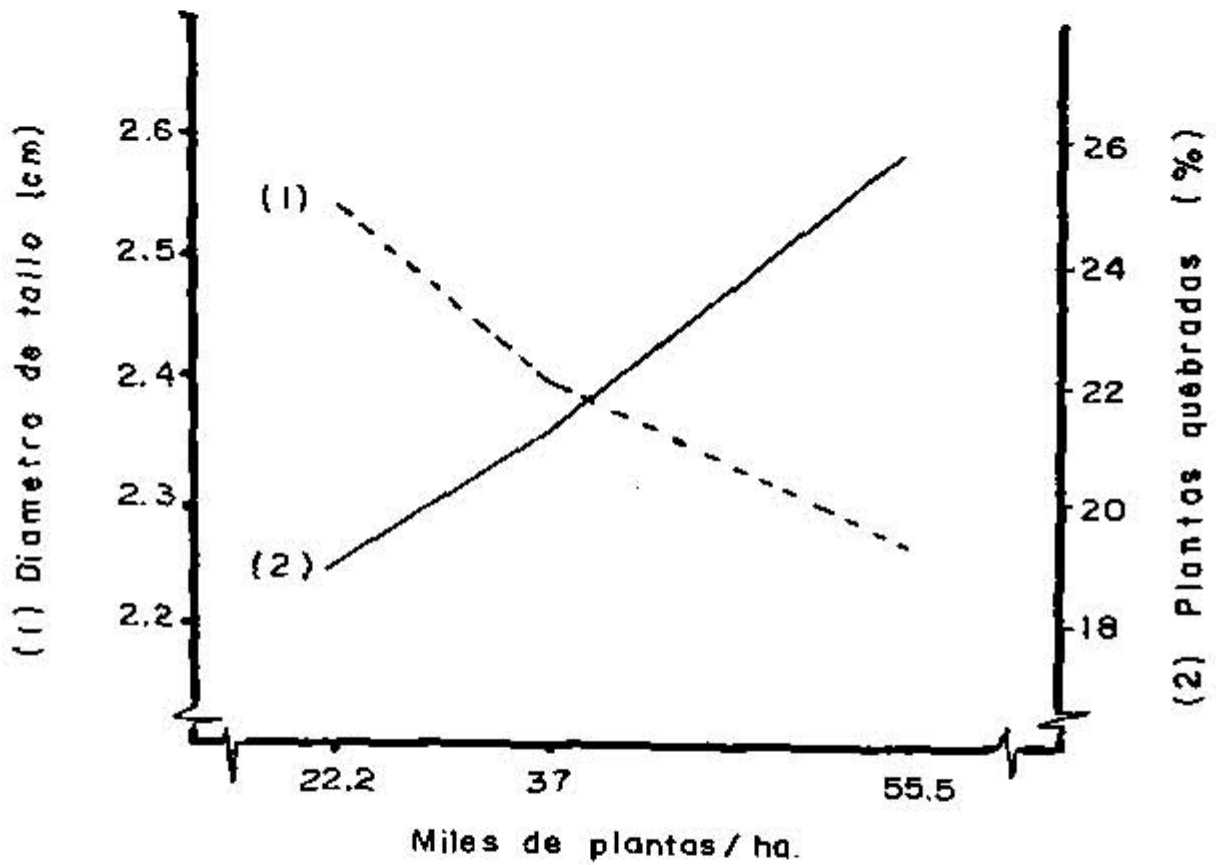


Figura 5 Relación entre diámetro del tallo y plantas quebradas en diferentes densidades de población. Marín, N.L. 1981.

se detectó respuesta a la aplicación del fertilizante, sin embargo los promedios más altos para los caracteres de peso y rendimiento de mazorca y grano fueron obtenidos en el  $N_1$  o  $N_2$  es decir que en el nivel más alto se obtuvieron las medias -- más bajas.

#### 4.2. Análisis de varianza combinado

En el Cuadro 11 se presentan los cuadrados medios, significancia estadística, media general y coeficiente de variación de 15 características de maíz al comparar estos resultados con los del análisis de varianza factorial se encontró -- que fueron similares, como era de esperarse, ya que sus modelos son muy parecidos.

En el caso de las características A.P., A.M., N.T.H., -- D.F.M., N.M.P., L.M., D.M., N.H., N.G.H., P.M.P., P.G.P., -- R.M., y R.G., para el factor genotipo ambos análisis de varianza llegaron a la misma conclusión estadística, solamente para el carácter D.T., en el análisis factorial no se detectó diferencia significativa (Cuadro 9) y en el combinado se detectó una diferencia altamente significativa (Cuadro 11).

Para la fuente de variación ambientes agronómicos (densidades x nitrógeno) del análisis de varianza combinado en comparación con las fuentes de variación en los factores densidad, nitrógeno y sus interacciones del análisis de varianza factorial se llegó a la misma conclusión estadística para las características A.P., A.M., N.T.H., A.H.M., D.T., N.M.P., -- L.M., D.M., N.H., N.G.H., P.M.P., R.M., y R.G., donde si existieron cambios distintos de los análisis de varianza fue para el carácter D.F.M. ya que el factorial reportó una diferencia significativa y en el combinado no existió diferencias significativa es decir las características que fueron afectadas -- por la densidad de población en el análisis factorial también fueron afectadas en el análisis combinado, se resalta el factor ambiental densidad ya que el que mostró mayores cambios -- fenotípicos en comparación con los niveles de nitrógeno.

Cuadro II. Cuadros medios, significancia estadística, media general y coeficientes de variación de 15 características estimadas a partir de un análisis combinado de varianza. Marín, N.L. 1981.

F. de V.	G.L.	A.P.	A.M.	N.H.T.	A.H.M.	D.T.	D.F.M.	N.M.P.	L.M.	D.M.	N.H.	N.G.H.	P.M.P.	P.G.P.	R.M.	R.G.
Repeticiones	3	.07261**	.14603**	.07538**	1.6881**	.01913NS	.11789**	.03361**	2.5116**	.25537**	.02804**	.12581NS	809.1**	6073.7**	16.045**	10.158**
Ambientes Agronómicos	8	.01895NS	.00443NS	.01561NS	1.1224**	.26073**	.02873NS	.05138**	1.5899NS	.05443**	.00477NS	.05444NS	8030.8**	5637.4**	40.316**	27.436**
Variedades	3	.95992**	.45770**	.09141**	.70407NS	.35989**	.95263**	.18525**	1.8081NS	.94685**	.62678**	.1207NS	18021.7**	10674.9**	14.982**	9.1362**
AA x V	24	.02220NS	.00647NS	.00712NS	.29899NS	.01670NS	.00571NS	.00939**	.44173NS	.02614NS	.00455NS	.01783NS	1563.9*	1168.5NS	1.4899NS	.91733NS
Error	105	.01502	.00546	.01245	.36148	.03596	.01696	.00389	.92007	.01769	.00669	.04713	928.47	732.1	1.4381	1.0524
Total	143															
C.V.		7.03	7.78	2.97	6.67	7.93	1.68	5.61	6.64	2.96	2.15	3.82	18.51	19.62	19.75	20.27
$\bar{X}$		1.74	.95	3.75	9.01	2.39	7.75	1.11	14.44	4.49	3.79	5.68	164.57	137.88	6.07	5.06

\* Significativo (.05)

\*\* Altamente significativo (.01)

NS No significativo

Para las interacciones (V X A) en el análisis combinado, comparándolas con las interacciones (VXD), (VXN) y (VXDXN) -- del análisis factorial los resultados estadísticos fueron -- iguales para todas las características excepto para el carácter P.M.P. donde el análisis combinado reportó diferencias -- significativas.

Para las repeticiones se detectaron mayores diferencias -- entre los análisis de varianza por ejemplo las característi-- cas A.P., N.T.H., A.H.M., D.F.M., L.M., D.M., y N.H. no expre-- saron diferencia significativa para el análisis factorial, pe-- ro el combinado reportó que las diferencias fueron altamente-- significativas, para el resto de las características se obtu-- vo la misma conclusión.

Los coeficientes de variación de las primeras once caract-- erísticas están dentro de los límites de tolerancia para ex-- perimentos en agronomía, los últimos cuatro caracteres son -- los correspondientes a rendimiento individual y unitario de -- mazorca y grano y sus valores fluctuaron entre 18.51 y 20.27%.

Las medias generales del análisis combinado son iguales-- o bastante similares a los del análisis factorial, los prome-- dios de las características N.T.H., D F.M., N.M.P., N.H. y -- N.G.H., que no se distribuyen normalmente se hizo el análisis con datos transformados.

#### 4.3. Análisis de varianza de parámetros de estabilidad.

En el Cuadro 12 se presentan los cuadrados medios y sig-- nificancia estadística de cuatro características siendo éstas P.M.P., P.G.P., R.M., y R.G. para evaluar la estabilidad de -- los genotipos comparados en este estudio. Se encontraron dife-- rencias altamente para cada característica en el factor geno-- tipo e interacción de variedades por ambiente lineal. La va-- rianza de las desviaciones de regresión de cada característi-- ca por genotipo no fueron estadísticamente significativas -- ( $S^2_{di} = 0$ ).

Cuadro 12. Cuadrados medios de cuatro características de maíz de un análisis de varianza para evaluar la estabilidad de cuatro variedades de maíz. Marín, N.L. 1981.

F. de V.	G.L.	P.M.P.	P.G.P.	R.M.	R.G.
Total	35				
Variedades	3	4504.67**	2668.56**	4.1740613**	2.284013**
Medios ambientes	32				
EXV					
Medios ambientes Lineales	1				
VXE (lineales)	3	1815.82**	1549.81**	0.563492*	0.668508**
Desviación conjunta	28	110.855	81.56	0.159791	0.116278NS
Variedad 1	7	55.063 NS	44.961NS	0.10431NS	0.086445NS
Variedad 2	7	88.873 NS	61.284NS	0.21423NS	0.15621NS
Variedad 3	7	79.588 NS	60.131NS	0.13967NS	0.101246NS
Variedad 4	7	219.895 NS	159.872NS	0.18094NS	0.12121 NS
Error conjunto	81	261.40	203.768	0.38350	0.27542

\* Significativo (.05)

\*\* Altamente significativo (.01)

NS No significativo.



Estos análisis se realizaron elaborando tablas de doble-entrada para cada característica incluyéndose en dichas ta---blas las medias fenotípicas, medias ambientales, índices am--bientales y efectos genéticos (Cuadros A5 , A6, A7, y A8 ) --aplicándoles la metodología de Eberhart y Russell (1966).

En los Cuadros 13,14,15 y 16 se presentan los valores es--timados para los parámetros de estabilidad indicándose la sig--nificancia estadística de la media para cada genotipo ( $\mu$ ), co--eficiente de regresión ( $b_i$ ) y la desviación de regresión - --( $S^2d_i$ ) para los caracteres P.M.P., P.G.P., R.M. y R.G.

Analizando el rendimiento individual (por planta), Cua--dros 13 y 14 las medias se ordenaron en tres grupos de signifi--cancia, en el primer grupo aparecen RX-405W y H-412; en el --segundo H-412 y Pinto Amarillo y en el tercer grupo se encon--traron el Pinto Amarillo y el Mestizo.

En base a la prueba estadística de los coeficientes de -regresión ( $b_i$ ) de los caracteres P.M.P. y P.G.P. se formaron--tres grupos de significancia: 1) genotipos con  $b_i > 1.0$  ( $G_3$  y  $G_4$ ); 2) genotipos con un  $b_i = 1.0$  ( $G_1$ ) y genotipos con un - -- $b_i < 1.0$  ( $G_2$ ). En todas las variedades las varianzas de las des--viaciones de regresión no fueron estadísticamente significati--vas ( $S^2d_i = 0$ ).

En resumen al combinar los valores derivados de los pará--metros de estabilidad obtenidos en este estudio los genotipos quedaron agrupados de la manera siguiente según Carballo y --Márquez (1970).

- 1) Genotipos estables ( $b_i = 1.0$ ;  $S^2d_i = 0$ ). En esta situación -se encuentra el Pinto Amarillo.
- 2) Genotipos que presentan mejor respuesta en ambientes des--favorables y consistente ( $b_i < 1.0$ ;  $S^2d_i = 0$ ). En esta situa--ción se encuentra el Mestizo.
- 3) Genotipos que presentan mejor respuesta en ambientes fa--vorables y consistente ( $b_i > 1.0$  y  $S^2d_i = 0$ ). En esta situa--ción se encuentran los híbridos RX-405W y H-412.

Cuadro 13. Peso promedio de mazorca por planta y parámetros de estabilidad para cuatro genotipos de maíz evaluados en nueve ambientes agronómicos. Marín, N.L. 1981.

Variedades	P.M.P. ( $\bar{Y}_i$ )	Coef. de Regresión (bi)	Desv. de Regresión ( $S^2_{di}$ )	Situación (1)	Signific. (2)
RX-405 W	187.88	1.39875*	-206.39 N.S.	e	
H-412	176.85	1.56347*	-172.58 N.S.	e	
Pinto Amarillo	154.14	1.07786 NS	-181.87 N.S.	a	
Mestizo	137.43	-0.03599**	- 41.56 N.S.	c	

Cuadro 14. Peso promedio de grano por planta y parámetros de estabilidad para cuatro genotipos de maíz evaluados en nueve ambientes agronómicos. Marín, N.L. 1981.

Variedades	P.M.P. ( $\bar{Y}_i$ )	Coef. de Regresión (bi)	Desv. de Regresión ( $S^2_{di}$ )	Situación (1)	Signific. (2)
Rx-405 W	154.30	1.37055*	-158.80 N.S.	e	
H-412	148.84	1.62791*	-142.48 N.S.	e	
Pinto Amarillo	132.12	1.07031 NS	-143.63 N.S.	a	
Mestizo	116.27	-0.05504**	- 43.89 N.S.	c	

\*\* Altamente significativo (0.01)

\* Significativo (0.05)

NS No significativo

(1) Se refiere al tipo de variedades según su grado de estabilidad (Carballo y Márquez).

(2) Se refiere a la significancia estadística, según la prueba de Tukey (.05)

Cuadro 15. Rendimiento de mazorca y parámetros de estabilidad para cuatro genotipos de maíz evaluados en nueve ambientes agronómicos. Marín, N.L. 1981.

Variedades	Medias (ton/ha)	Coef. de Regresión (bi)	Desv. de Regresión S <sup>2</sup> di	Situación (1)	Signif. (2)
RX-405W	6.832	1.02812 NS	-0.279 NS	a	
H-412	6.353	0.78888 NS	-0.169 NS	a	
Pinto Amarillo	5.709	0.89827 NS	-0.243 NS	a	
Mestizo	5.294	1.28477 *	-0.202 NS	e	

Cuadro 16. Rendimiento de grano y parámetros de estabilidad para cuatro genotipos de maíz evaluados en nueve ambientes agronómicos. Marín, N.L. 1981.

Variedades	Medias (ton/ha)	Coef. de Regresión (bi)	Desv. de Regresión S <sup>2</sup> di	Situación (1)	Signif. (2)
RX-405 W	5.609	1.00062 NS	-0.188 NS	a	
H-412	5.337	0.77840 NS	-0.119 NS	a	
Pinto Amarillo	4.834	0.91582 NS	-0.174 NS	a	
Mestizo	4.483	1.31102 *	-0.154 NS	e	

\* Significativo (.05)

NS No significativo

(1) Se refiere al tipo de variedades según su grado de estabilidad (Carballeo y Márquez, 1970).

(2) Se refiere a la significancia estadística según la prueba de Tukey (.05)

En las Figuras 6 y 7 se presentan las rectas de regresión de los caracteres P.M.P. y P.G.P., que se obtuvieron a partir de sus respectivas ecuaciones de regresión. Notese que la trayectoria de los híbridos  $G_3$  y  $G_4$  es que forman un ángulo mayor de 45 grados, el  $G_1$  forma un ángulo de 45 grados y el  $G_2$  exhibió un ángulo menor de 45 grados. En la densidad de 55.5 mph, el  $G_2$  mostró mayor P.M.P. que  $G_1$  y  $G_4$  e igualó el  $G_3$  ( $I=-0.35$ ), una tendencia similar se observó para P.G.P.

En los Cuadros 15 y 16 se presentan las medias de rendimiento de mazorca y grano, las cuales se ordenaron en dos grupos de significancia; en el primer grupo aparecen RX-405W y H-412 y en el segundo Pinto Amarillo y el Mestizo.

En base a la prueba estadística de los coeficientes de regresión ( $b_i$ ) de los caracteres R.M. y R.G., se formaron dos grupos de significancia: 1) genotipos con  $b_i=1.0$  ( $G_1$ ,  $G_3$  y  $G_4$ ) y 2) genotipos con un  $b_i>1.0$  ( $G_2$ ). En todas las variedades las varianzas de las desviaciones de regresión no fueron estadísticamente significativas ( $S^2 d_i=0$ ). Considerando estos dos parámetros de estabilidad los genotipos se caracterizaron en base al criterio de Carballo y Márquez (1970), agrupándose de la manera siguiente:

- 1) Genotipos estables ( $b_i=1.0$  y  $S^2 d_i=0$ ). En esta situación se encuentran Pinto Amarillo, RX-405W y H-412.
- 2) Genotipos que presentan una mejor respuesta en ambientes favorables y consistente ( $b_i>1.0$  y  $S^2 d_i=0$ ). El Mestizo formó este grupo.

En las Figuras 8 y 9 se presentan las rectas de regresión de los caracteres R.M. y R.G., que se obtuvieron a partir de sus respectivas ecuaciones de regresión. Se puede observar una pendiente de 45 grados (aproximadamente) para  $G_1$ ,  $G_3$  y  $G_4$ , el  $G_2$  mostró un ángulo mayor de 45 grados.

#### 4.4 Varianza fenotípica del rendimiento individual.

En el Cuadro 17 se observan las varianzas fenotípicas de cada genotipo en las diferentes densidades de población, cada-

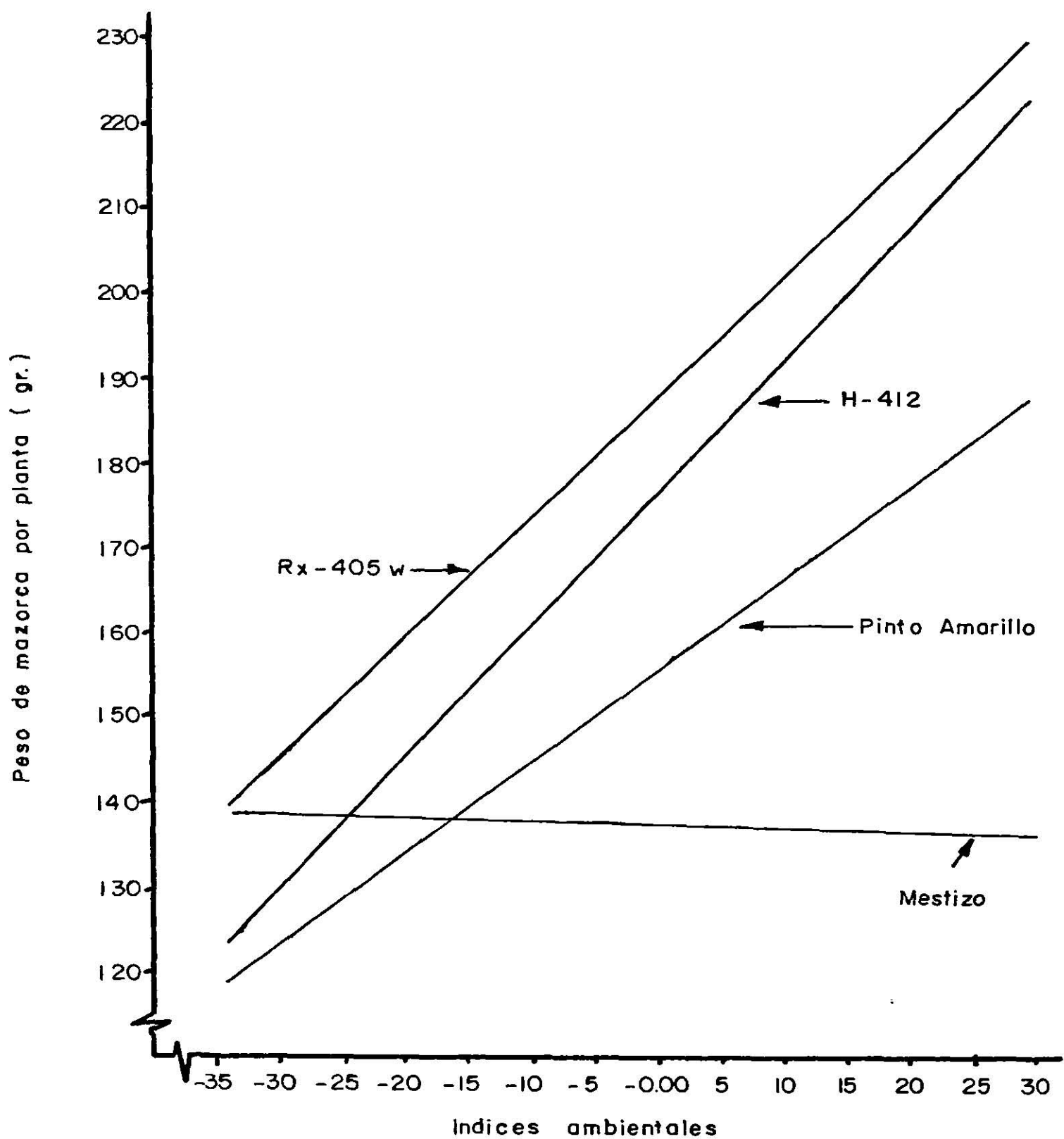


Figura 6 Respuesta de cuatro genotipos de maíz probados en nueve ambientes agronómicos. Caracter : peso de mazorca por planta

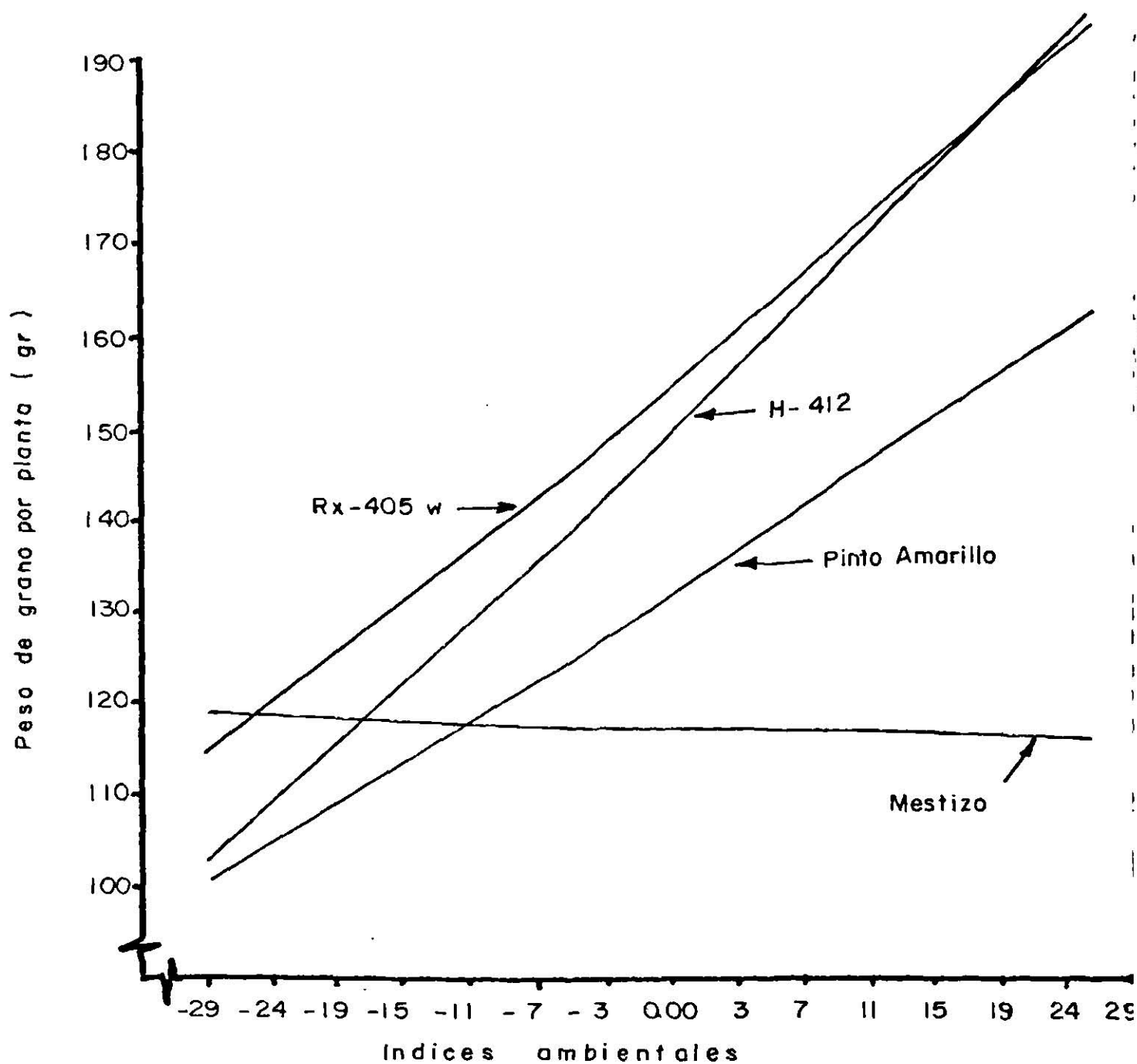


Figura 7 Respuesta de cuatro genotipos de maíz probados en nueve ambientes agronómicos Caracter: peso de grano por planta.

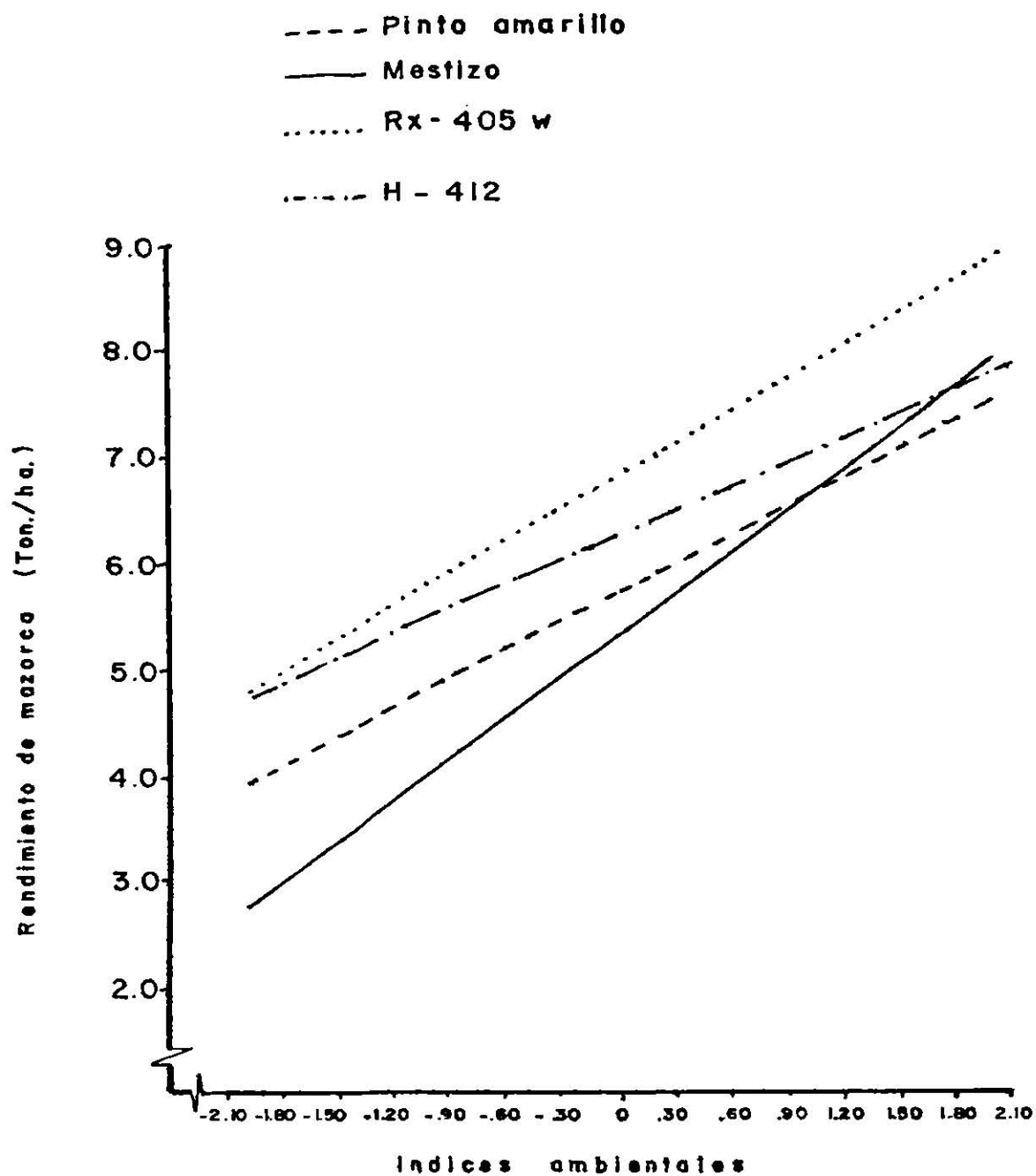


Figura 8 Respuesta de cuatro genotipos de maíz probados en nueve ambientes agronómicos. Carácter: Rendimiento de mazorca (ton/ha.). Marín, N.L. 1981.

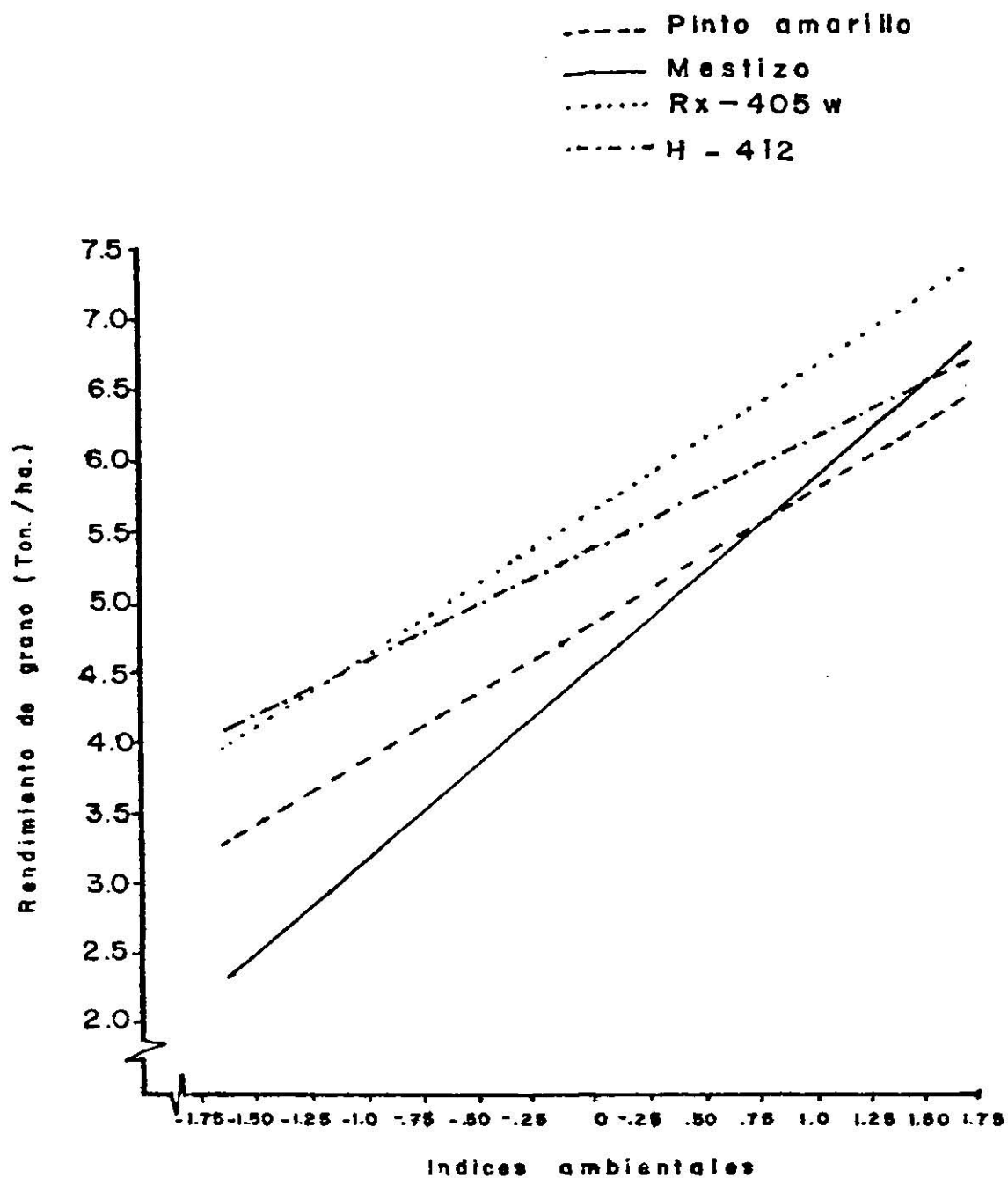


Figura 9 Respuesta de cuatro genotipos de maíz probados en nueve ambientes agronómicos. Carácter: Rendimiento de grano — (ton./ha.). Marín, N.L. 1981.



Cuadro 17. Varianza fenotípica ( $S^2$ ) de los caracteres peso - de mazorca y grano por planta de cuatro genotipos de maíz en tres densidades de población.

Genotipos	Densidad (mph)	P.M.P.	P.G.P.
Pinto Amarillo	22222	1629.50	1218.64
	37000	1234.92	937.51
	55555	944.65	691.67
Mestizo	22222	1301.78	943.31
	37000	842.01	622.67
	55555	1178.61	895.73
RX-405W	22222	1955.24	1374.94
	37000	1751.33	1313.57
	55555	1416.3	1042.42
H-412	22222	2208.61	1742.73
	37000	1398.24	1084.93
	55555	1010.24	724.21

varianza es un promedio de doce unidades experimentales, no se analizaron varianzas por cada nivel de nitrógeno porque -- sus efectos no fueron significativos. En dicho cuadro puede -- verse que en todos los genotipos la varianza fenotípica ( $S^2$ ) -- va disminuyéndose significativamente al aumentarse la densi-- dad de población para ambos caracteres, excepto para el Mesti-- zo el cuál exhibió una respuesta distinta pues la varianza fe-- notípica va disminuyéndose al aumentar la densidad pero en al-- ta densidad ( $D_3$ ) la varianza aumenta de nuevo. En las Figuras 10 y 11 se aprecia mejor los cambios descritos anteriormente.

#### 4.5 Correlaciones fenotípicas entre características por geno-- tipo, densidad y en forma combinada.

A partir de la ecuación 3.4 se realizaron los análisis -- de correlación fenotípica entre pares de caracteres de planta y de mazorca por genotipo, densidad y en forma general, son -- cinco análisis sin embargo se derivaron cuatro más para un me-- jor apoyo de los mismos.

En el Cuadro A 9 se presentan los valores de correlación entre caracteres de mazorca por genotipo, la mayor parte de -- los coeficientes de correlación fenotípica entre pares de ca-- racteres son positivos y altamente significativos en los cua-- tro genotipos; los valores más altos de correlación se obser-- varon entre P.M.P./P.G.P. y L.M./D.M., otras correlaciones al-- tas entre pares de caracteres se observaron entre L.M./N.G.H. L.M./N.G.M., y N.G.H./N.G.M. en los cuatro genotipos. En el -- Cuadro 18 se muestran por separado los valores del P.G.P. por genotipo con seis caracteres notese que el G<sub>4</sub> expresó frecuen-- temente altos valores de correlación en relación a los otros-- genotipos, porque en forma consistente ocupó el primer o se-- gundo lugar.

En el Cuadro A10 se presentan los valores de correlación entre pares de caracteres de mazorca para cada densidad de po-- blación, notese que la mayor parte de los coeficientes de co-- rrelación son positivos y altamente significativos y estos --

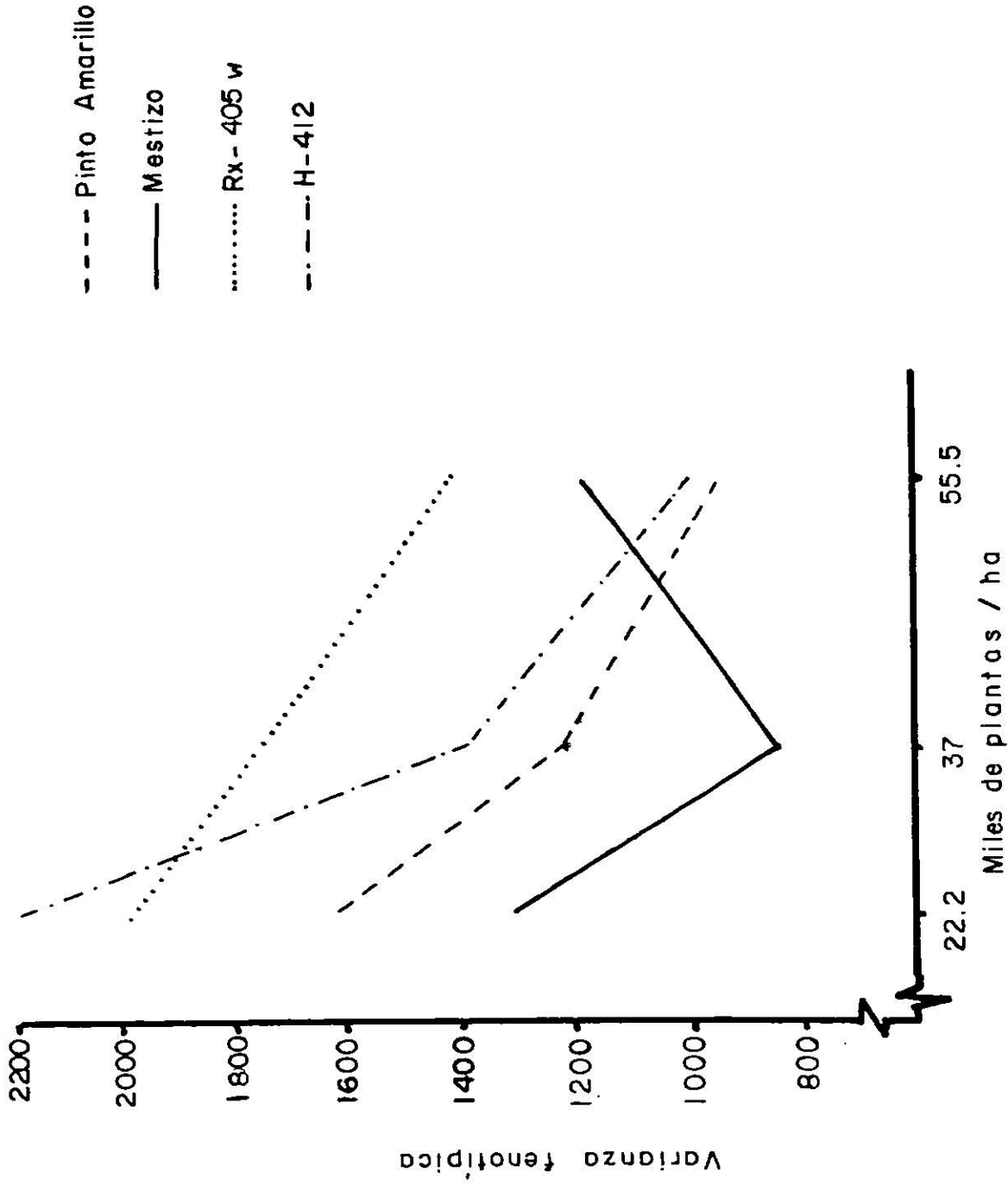


Figura 10 Cambios en la varianza fenotípica bajo diferentes densidades de población de cuatro genotipos de maíz. Caracter : peso de mazorca por planta. Marín, N.L.: 1981!

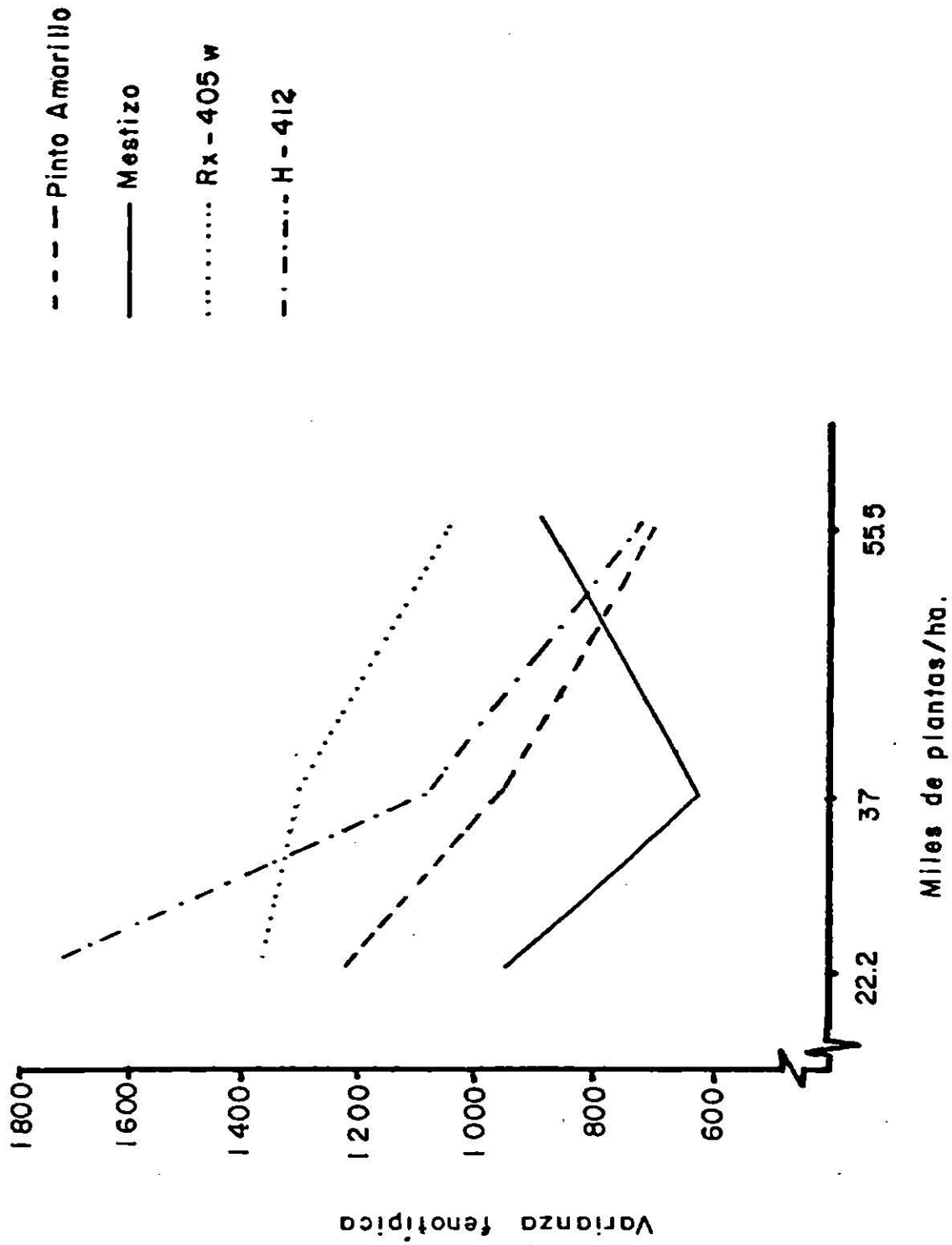


Figura II Cambios en la varianza fenotípica bajo diferentes densidades de población de cuatro genotipos de maíz. Caracter: Peso de grano por planta. Marín, N.L. 1981.

Cuadro 18. Coeficientes de correlación fenotípica entre peso de grano por planta (P.G.P.) y seis características de mazorca de cuatro genotipos de maíz. Marín, N.L. 1981.

Características	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>
P.M.P.	.9849**	.9835**	.9871**	.9859**
L.M.	.6108**	.6432**	.6576**	.7219**
D.M.	.7250**	.5926**	.6637**	.6991**
N.H.	.2254**	.2002**	.1644**	.2379**
N.G.H.	.3892**	.5177**	.4619**	.6068**
N.G.M.	.4801**	.5575**	.4952**	.6245**

Cuadro 19. Coeficientes de correlación fenotípica entre peso de grano por planta (P.G.P.) y seis características de mazorca de cuatro genotipos de maíz en tres densidades de población. Marín, N.L. 1981.

Características	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
P.M.P.	.9862**	.9862**	.9827**
L.M.	.6172**	.6082**	.6393**
D.M.	.7525**	.7101**	.5659**
N.H.	.2447**	.1480**	.1128**
N.G.H.	.4975**	.4657**	.4732**
N.G.M.	.5540**	.4892**	.4629**

\*\* Altamente significativo (0.01)

\* Significativo (0.05)

NS No significativo

van disminuyendo al aumentarse cada densidad de población excepto para las variables P.M.P. y P.G.P. con L.M., cuyos coeficientes aumentan en alta densidad ( $D_3$ ) superando a la  $D_1$  -- (Cuadro 19).

En el Cuadro A11 se presentan los coeficientes de correlación entre caracteres de planta de cuatro genotipos, escudriñando los valores de correlación se notan cambios muy importantes a través de los genotipos, por ejemplo los coeficientes entre A.P./N.M.P. en el  $G_1$  y  $G_2$  no fueron significativos y negativos, en el  $G_3$  el coeficiente fué significativo y negativo y en el  $G_4$  fué altamente significativo y positivo. Entre A.M./N.M.P. el valor en el  $G_1$  no fué significativo y positivo, mientras que en el resto de los genotipos se presentó significancia estadística positivamente. Entre A.P./D.T. en el  $G_1$ ,  $G_2$  y  $G_4$  los coeficientes fueron altamente significativos y positivos mientras que en el  $G_3$  no se presentó significancia. Entre A.M./D.T. los valores de todos los genotipos -- fueron altamente significativos y positivos.

Los coeficientes más altos fueron los siguientes: A.P./A.M., A.P./L.H.M., A.P./A.E.H.M., A.M./N.T.H., A.M./I.P.M., N.H.A.M./R.H.A.T., N.T.H./A.F.H.M., A.H.M./A.F.H.M. y L.H.M./A.F.H.M. en los cuatro genotipos.

Considerando que la A.P. es uno de los caracteres de pre-cosecha más importantes, que se reporta asociado al rendimiento, se analizó por separado. En el Cuadro 20 se observa que los caracteres A.M., N.H.A.M., N.T.H., L.H.M., y A.F.H.M. mostraron una correlación altamente significativa con la A.P. en los cuatro genotipos.

En el Cuadro A12 se expresan los valores de correlación entre caracteres de planta por densidad de población, presentándose cambios muy fuertes de los coeficientes de correlación y significancia. Por ejemplo los coeficientes de correlación entre pares de caracteres fueron altamente significativos y sus valores van disminuyendo al aumentarse la densidad, entre otros se citan A.P./L.H.M., A.P./A.F.H.M., A.M./L.H.M., --

Cuadro 20. Coeficientes de correlación fenotípica entre altura de la planta (A.P.) y diez características de planta de cuatro genotipos de maíz. Marín, N.L. 1981.

Características	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>
A.M.	.6702**	.6874**	.3945**	.6718**
N.H.A.M.	.2726**	.2396**	.2596**	.1378**
N.T.H.	.2643**	.1459**	.2019**	.3210**
R.H.A.T.	.0279NS	.1318*	.0804NS	-.1068NS
A.H.M.	.2612**	.0584NS	.2185**	.2088**
L.H.M.	.3021**	.2532**	.2463**	.2846**
A.F.H.M.	.3837**	.1822**	.2912**	.3202**
N.M.P.	-.0314 NS	-.0560NS	-.1304*	.1921**
I.P.M.	-.2741**	-.1828**	-.5412**	-.1120*
D.T.	.1969**	.1971**	.0864NS	.3432**

Cuadro 21. Coeficientes de correlación fenotípica entre altura de la planta (A.P.) y diez características de cuatro genotipos de maíz en tres densidades de población. Marín, N.L. 1981.

Características	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
A.M.	.7265**	.7714**	.6959**
N.H.A.M.	.1847**	.2017**	.0426NS
N.T.H.	.2348**	.0253NS	.1911**
R.H.A.T.	.0015NS	.1737**	-.1122*
A.H.M.	.1429**	.1394**	.0871NS
L.H.M.	.3453**	.3025**	.2611**
A.F.H.M.	.3115**	.2875**	.2013**
N.M.P.	-.0941*	-.2017**	-.1827**
I.P.M.	-.2218**	-.1492**	-.1000**
D.T.	.1960**	.1754**	.2794**

\*\* Altamente significativo (0.01)

\* Significativo (0.05)

NS No significativo

A.M./A.F.H.M., N.H.A.M./R.H.A.T. y N.T.H./L.H.M.

En otros casos los coeficientes de correlación fueron -- también altamente significativos en las tres densidades, pero estos fueron aumentando al incrementarse la densidad, entre -- otros fueron los siguientes: A.M./I.P.M., A.M./D.T. y A.H.M./L.H.M.

Algunos coeficientes aunque son altamente significativos al aumentar de la densidad del nivel bajo ( $D_1$ ) al intermedio- ( $D_2$ ) se incrementan pero en la densidad alta ( $D_3$ ) disminuyen, como se observó en A.P./A.M. y N.T.H./N.M.P.

En otros casos donde los coeficientes de correlación son altamente significativos en las tres densidades pero el valor de  $D_1$  a  $D_2$  disminuye y luego en  $D_3$  aumenta se citan entre --- otros los siguientes: A.P./D.T., N.T.H./A.F.H.M. y A.H.M./D.T.

Ciertos coeficientes de correlación aunque eran significativos, al cambiar de densidad, aparecen como no significativos como se observó en las variables: A.P./N.T.H., A.P./R.H.-A.T., A.P./A.H.M., A.M./N.H.A.M., A.M./N.T.H., N.T.H./N.M.P.- y A.F.H.M./N.M.P. Por otra parte los coeficientes de correlación más altos fueron los siguientes: A.P./A.M., A.P./L.H.M., A.M./I.P.M., A.M./D.T., N.H.A.M./N.T.H., N.H.A.M./R.H.A.T. y A.H.M./A.F.H.M. en las tres densidades.

Es importante señalar que A.P. y A.M. son características de interés agronómico ya que se asocian con el rendimiento o ciertas componentes del rendimiento; en el análisis estadístico se observaron correlaciones altamente significativas y positivas: 1) A.P. con A.M., L.H.M., A.F.H.M. y D.T. - 2) A.M. con: A.H.M., L.H.M., A.F.H.M., I.P.M. y D.T.

La A.P. mostró significancia estadística y negativa con el N.M.P. mientras que la A.M. con el N.M.P. no mostró correlación significativa con este carácter (Cuadro 21).

En el Cuadro 22 se expresan los coeficientes de correlación generales, observese que la A.P. mostró coeficientes altamente significativos y positivos con A.M., N.H.A.M., N.T.H.



CUADRO 22. Coeficientes de correlación fenotípica generales entre características de planta y de mazorca estimados en cuatro genotipos de maíz, tres densidades de población y tres niveles de nitrógeno, Marín, N.L. 1981.

		CARACTERES DE LA PLANTA								
	A.P.	A.M.	N.H.A.M.	N.H.T.	R.H.A.T.	A.H.M.	L.H.M.	A.F.H.M.	N.M.P.	I.P.M.
A.M.	.7339**									
N.H.A.M.	.1461**	-.0333NS								
N.H.T.	.1551**	.1895**	.2855**							
R.H.A.T.	.0193NS	-.1620**	.7406**	-.4259**						
A.H.M.	.1212**	.1401**	.0197NS	.1769**	-.1142**					
L.H.M.	.3032**	.2092**	.0637*	.2026**	-.0876**	.1559**				
A.F.H.M.	.2697**	.2257**	.0550*	.2431**	-.1281**	.8030**	.7075**			
N.M.P.	-.1527**	-.0251NS	.0790**	.1104**	.0024NS	.1400**	-.0350 NS	.0789**		
I.P.M.	-.1562**	.5440**	-.2164**	.0878**	-.2516*	.0648*	-.0522*	.0125 NS	.1498**	
D.T.	.2002**	.2890**	.1262**	.0873**	.0581*	.2660**	.0042NS	.1884**	.1791**	.1860**

		CARACTERES DE MAZORCA				
	P.G.P.	P.M.P.	L.M.	D.M.	N.H.	N.G.H.
P.M.P.	.9855**					
L.M.	.6238**	.6437**				
D.M.	.6907**	.7066**	.1698**			
N.H.	.1728**	.1849**	.0373NS	.2711**		
N.G.H.	.4821**	.4754**	.7181**	.0502NS	-.0899**	
N.G.M.	.5093**	.5118**	.6154**	.2146**	.5683**	.7664**

\* Significativo

\*\* Altamente Significativo

NS No significativo

A.H.M., L.H.M. y D.T., con el N.M.P. e I.P.M. los coeficientes fueron negativos y con el R.H.A.T. no existió significancia. Los valores más altos de correlación fueron A.P./A.M., - A.M./I.P.M., N.H.A.M./R.H.A.T., A.H.M./A.F.H.M. y L.M./A.F.H.M.

Para los caracteres de mazorca nótese que los coeficientes entre P.G.P. y P.M.P. con el resto de las variables son altamente significativos y positivos. Los valores más altos de correlación fueron: P.G.P./P.M.P., P.G.P./L.M., P.G.P./D.M. P.M.P./L.M., P.M.P./D.M., L.M./N.G.H., L.M./N.G.M., N.H./N.G.M. y N.G.H./N.G.M.

#### 4.6. Heredabilidad

En el Cuadro 23 se expresan los valores de heredabilidad de quince características de maíz estimadas como la relación entre la componente de la varianza genética (representada por la  $\sigma^2_g$ ) y la varianza fenotípica  $\sigma^2_f$ , es decir heredabilidad en sentido amplio (Ec.3.5), dichas componentes fueron deducidas a partir de los cuadrados medios presentados en el Cuadro 11.

A manera de ilustración se presenta el procedimiento seguido para estimar la heredabilidad del carácter A.P. para el resto de los caracteres se procedió de igual manera:

$$\hat{\sigma}^2 = C.M._1 = 01502$$

$$\hat{\sigma}^2_g = \frac{C.M._3 - C.M._2}{rn} = \frac{.95992 - .0222}{(4) (9)} = .02604$$

$$\hat{\sigma}^2_{ge} = \frac{C.M._2 - C.M._1}{r} = \frac{.0222 - .01502}{4} = .001795$$

$$\hat{\sigma}^2_f = \hat{\sigma}^2_{total} = \hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}^2_g + \hat{\sigma}^2_{ge} = .01502 + .02604 + .001795 = .04285$$

$$H^2 = \frac{\hat{\sigma}^2_v}{\hat{\sigma}^2_f} = \frac{.02604}{.04285} = .6076 \text{ ( 60.76\% )}$$

Cuadro 23. Heredabilidad de 15 características de maíz estimadas a partir de las componentes de varianza

Características	Heredabilidad %
Altura de la planta (A.P.)	60.76
Altura de la mazorca (A.M.)	68.67
No. total de hojas (N.T.H.)	15.96
Ancho de la hoja de la mazorca (A.H.M.)	3.01
No. de mazorcas por planta (N.M.P.)	48.12
Diámetro del tallo (D.T.)	20.95
Días a floración masculina (D.F.M.)	60.78
Longitud de mazorca (L.M.)	3.96
Diámetro de mazorca (D.M.)	56.35
No. de hileras (N.H.)	72.08
No. de granos de una hilera (N.G.H.)	5.71
Peso de mazorca por planta (P.M.P.)	29.59
Peso de grano por planta (P.G.P.)	23.89
Rendimiento de mazorca (R.M.)	20.52
Rendimiento de grano (R.G.)	17.82

Los caracteres que presentaron los valores más altos de heredabilidad fueron N.H., A.M., D.F.M, y A.P. en ese orden, - siendo estimas superiores del 60%, el resto de las variables - exhibió una heredabilidad media o baja.

Los caracteres N.M.P. y D.M. expresaron valores de heredabilidad considerados como intermedio y alto respectivamente y los análisis estadísticos reportaron diferencias altamente significativas entre densidades para estos caracteres es decir que a pesar de ser fuertemente afectados por el ambiente - no exhibieron baja heredabilidad.

Los caracteres P.M.P., P.G.P., R.M., R.G., y D.T., expresaron valores bajos de heredabilidad, esto era de esperarse - ya que exhibieron diferencias entre la media y varianza por densidad.

Las características que exhibieron los valores más bajos de heredabilidad fueron N.G.H., L.M., y A.H.M. en ese orden, - aparte del ambiente clima y suelo de la región, el ambiente - agronómico repercutió en el valor de este parámetro ( $H^2$ ). El N.G.H. y L.M. no presentaron diferencias entre densidades pero mostraron cambios ligeros de disminuir al aumentar la densidad, el A.H.M. si presentó cambios de medias bastante significativos al cambiar el nivel de densidad, de ahí que se podía esperar una heredabilidad más baja.

## V. DISCUSION

### 5.1. Análisis de varianza

Como se observa en el Cuadro 9, el análisis de varianza indica que el "factor variedades" fué el más importante en este estudio lo que se explica por el hecho de haberse incluido en la evaluación a maíces criollos y mejorados, cuyo potencial genético y adaptabilidad está asociado, por un lado al proceso de mejoramiento a que han sido sometidos y, por otro lado, al manejo del cultivo, especialmente el papel jugado por el suelo y el agua. El factor "densidades" si bien resultó significativo en 10 de las 19 características del estudio, cabe señalar que las más afectadas por los cambios en la densidad son las relacionadas con el rendimiento o la producción esto coincide con muchos trabajos similares al presente, por ello se justifica un estudio enfocado a encontrar la densidad óptima para cada genotipo si se desea obtener el rendimiento máximo (como puede apreciarse en el Cuadro 10, existe una tendencia clara en las medias de la mayoría de las características, siendo las más afectadas en rendimiento de mazorca y grano, que aumentan de 4.21 a 7.76 ton/ha y 3.53 a 6.5 ton/ha -- respectivamente, al cambiar de la densidad baja a la más alta). En el caso del nitrógeno no se detectaron diferencias significativas entre los niveles comparados, es decir no hubo respuesta a la aplicación del fertilizante, aún cuando la fuente utilizada (sulfato de amonio) es recomendada para suelos alcalinos siendo de éste tipo el que predomina en la región de Marín, N.L. Tal vez diversas causas intervinieron para que ocurriera esta situación por ejemplo, deficiencia en la técnica de aplicación del fertilizante, alta fijación de nitrógeno -- por las arcillas del suelo ó pérdidas ocasionadas por volatilización en suelos donde la aereación es deficiente principalmente en suelos arcillosos con bajo contenido de materia orgánica. Tomando en cuenta que la aplicación de fertilizantes es un factor de producción agrícola, se deben aplicar otras fuen

tes de nitrógeno para estos suelos o utilizar abonos verdes y materia orgánica como estiércol, siendo esta última fuente natural la mejor alternativa para mejorar diversas características edáficas y consecuentemente el rendimiento de las plantas.

Analizando la fuente "repeticiones" se observaron diferencias significativas para 8 de las variables, entre las cuales aparecen aquellas asociadas con el rendimiento o la producción que son las de mayor importancia. Se puede afirmar -- que el bloqueo fué eficiente para controlar la heterogeneidad del suelo, es decir, el diseño experimental utilizado fué adecuado.

Algunos de los coeficientes de variación no están dentro del rango de tolerancia señalados para experimentos agronómicos como con los caracteres P.M.P., P.G.P., R.M.y R.G. para el factor variedad (a) y densidad (d) los cuales variaron de 21.20 a 28.97% esto fué debido quizás al tamaño de muestra seleccionado (diez plantas por unidad de muestreo) en lugar de cosechar cierta área de muestreo con diferente número de plantas, que está determinado por la densidad de población, siendo los tamaños muestrales calculados: 16, 27 y 40 plantas D1, D2, y D3 respectivamente, desafortunadamente no fué posible registrar estas muestras por diversas causas, como se explica en el capítulo de Materiales y Métodos (sección 3.3 Diseño experimental). Los resultados citados anteriormente coinciden con lo discutido por Molina (1982), quien comparó los coeficientes de variación (C.V.) para tamaños de muestra de 15 y 30 plantas concluyendo que al reducirse el tamaño muestral se aumentó significativamente el C.V., es decir que la media y la varianza se sobreestimaron; en otro estudio, Covarrubias (citado por Lemus 1982), concluyó que al utilizarse materiales genéticos muy disimiles se propician altas diferencias en el rendimiento y que es un carácter complejo que es fuertemente afectado por el ambiente, cuando este es muy variable, de ahí que el C.V. se incrementó.

Los coeficientes de variación de las variables P.A. y P.Q. variaron de 18.11 a 37.19% y de 27.76 a 71.9% respectivamente, siendo más altos que los discutidos anteriormente, -- ¿Cómo se explica tal situación?, estos resultados se debieron principalmente a fuentes de variación incontroladas por el investigador principalmente los factores climáticos, como fué la presencia de fuertes vientos que ocasionaron serios daños de acame y tallos quebrados, también se observó ataques de plagas, aunque no se registraron muestreos pudieron apreciarse daños debido a las altas temperaturas durante el ensayo -- que favorecieron su desarrollo entre ellas pueden citarse: gusano elotero y cogollero, (para controlar al cogollero se efectuaron dos aplicaciones). Se pudo observar como el daño provocado por los factores anteriores dependió del genotipo, ya que algunos fueron más afectados que otros. Es importante buscar la fecha óptima de siembra para cada genotipo ya que este ensayo se sembró en el límite de la fecha de siembra para disminuir las causas de variación que pueden controlar los diseños de experimentos, para reducir al máximo los coeficientes de variación.

## 5.2. Comparación de medias

En el Cuadro 10 se han resumido los datos promedios de 19 características, con los grupos de significancia para cada factor estudiado. Es importante resaltar como para algunas variables no se observaron diferencias significativas entre variedades como son: N.T.H., A.H.M., D.T., L.M., y N.G.H., lo que podría deberse a que son características comunes al grupo racial al que pertenece las 4 poblaciones del estudio, por tanto, podrían servir para caracterizar a los genotipos en estudio de evaluación. En el resto de las variables se observaron diferencias estadísticamente significativas, formándose dos o tres grupos de significancia, en este último caso se encuentran: A.P., N.M.P., D.M., N.H., P.M.P., y P.G.P., esto puede explicarse en partes por causas genéticas, sin embargo, también influyó el ambiente como ocurrió para el caracter --

A.P. en el G3 (Rx405W), híbrido de cruza simple que se siembra en el Norte del país bajo condiciones de riego, con una altura promedio de 3.0 m según las características señaladas por la casa comercial; Williams (1976) describe para el H-412 (G4) diferentes alturas promedio de planta en diferentes localidades claramente se ve como el ambiente influye en la expresión final de un genotipo, aunque para altura de planta se han estudiado valores de heredabilidad cercanos al 70%, es decir, influye más la componente genética que la ambiental, lo que demuestra al comparar las densidades y niveles de nitrógeno, donde no se observaron diferencias significativas para altura de planta (A.P.) y las variables: A.M., N.H.A.M., N.T.H. L.H.M., L.M., N.H. y P.A. Sin embargo, se pudo observar que el factor densidades afectó fuertemente a las variables asociadas con el rendimiento o la producción que son las de más baja heredabilidad (N.M.P., P.M.P., P.G.P., R.M. y R.G.), incluso algunas mostraron la misma tendencia debido a que la densidad las afectó de igual manera especialmente: P.M.P., P.G.P., R.M. R.G. Es importante señalar que estas variables están relacionadas con el índice de grano (P.M.P./P.G.P.), el cuál varía alrededor de 0.82 (82% de grano) y depende más del genotipo que del ambiente, como se confirma por la correlación que existe entre P.M.P. y P.G.P. (Cuadros 18, 19 y 22), que es, superior a 0.98 (98%). El factor nitrógeno no tuvo efectos significativos para modificar las variables del estudio lo que coincide con otros estudios de fertilización inorgánica realizados en los suelos de Marín, N.L., donde no se reportan respuestas, en cambio, se ha encontrado que cuando se utilizan fertilizantes orgánicos hay respuestas favorables.\*

En resumen, los híbridos G<sub>3</sub> y G<sub>4</sub> ocuparon consistentemente las medias más altas para los caracteres: P.M.P., P.G.P., R.M., R.G., N.H., N.H.A.M., N.T.H., N.M.P., y D.F.M.; los últimos lugares fueron ocupados por los genotipos G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub>. El genotipo G<sub>3</sub> fué el de menor A.P., sin embargo, mantuvo su prolificidad; los de menor D.M., fueron G<sub>3</sub> y G<sub>2</sub> respectivamente.

(\*) Comunicación Personal del Dr. Rigoberto Vazquez A., FAUANL.



Si se ordenan en forma decreciente las medias de los caracteres N.H.A.M. y N.T.H. y se comparan con P.M.P. y P.G.P. se aprecia el orden genotípico siguiente:  $G_3$ ,  $G_4$ ,  $G_1$ ,  $G_2$ , por lo tanto se puede afirmar que son variables correlacionadas positivamente entre si. Esto concuerda con los resultados presentados por: Velázquez (1973), De León (1976), Cantú (1977), -- Muñoz (1977), Salinas (1977), Silva (1977), Bazaldúa (1978), -- Bocanegra y Garza (1980) y Martínez (1982). Es indiscutible -- que los caracteres N.H.A.M. y N.T.H. son muy importantes, sin embargo Velázquez (1973), señala que el caracter N.T.H. es -- uno de los que poca importancia se le ha dado para fines de -- selección cuando en el se efectuan funciones vitales muy significativas. Pinchinat (1976) y Tanaka y Yamaguchi (1977) con -- cluyen que las hojas al nivel y arriba de la mazorca princi-- palmente en el maíz son las que contribuyen más al llenado de grano y rendimiento de este cultivo porque son las que tienen mayor contacto con la energía solar para la formación de foto-- sintatos.

También se observaron correlaciones positivas entre el -- caracter N.M.P. y P.G.P. lo que coincide con: Sarria (1966), -- El-Lakany y Russell (1971) y Crossa (1977).

Para el caracter P.A. los genotipos  $G_1$ ,  $G_4$  y  $G_2$  fueron -- los que ocuparon los porcentajes más altos en ese orden inte-- grandando un grupo de significancia y el  $G_3$  presentó menores da-- ños de acame, apreciándose la misma tendencia en las medias -- del caracter A.P., es decir a mayor altura mayor acame; estos resultados concuerdan con los de Alvarez (1977), Bolaños -- -- (1978) y Montero (1982).

Para P.Q. el comportamiento fué distinto en cuanto a su -- relación con A.P. o A.M., pues el P.Q. se relacionó directa-- mente con el D.T., mientras que la primer variable va aumen-- tándose significativamente al incrementarse la densidad de po -- blación, la segunda va disminuyéndose (Figura 5). Estos resul -- tados son consistentes con los reportados por Colville y Mc --

Gill (1962), Espino (1972), Martínez (1979), Amaya (1979) y -  
Montero (1982). Respecto a la reducción del D.T. al aumentar-  
se la densidad, Pedroza y Fernández (1978) señalan que esto -  
es debido al efecto de competencia nutricional y una menor en-  
trada de luz al follaje lo cual puede ser causa de una serie-  
de alteraciones en los procesos fisiológicos en el desarrollo  
de la planta, una alta competencia nutricional implica una ba-  
ja disponibilidad de nutrientes por planta, y una deficiente-  
iluminación en el follaje hace que la tasa de fotosíntesis --  
tienda a disminuir, traduciéndose todo ello en una menor tran-  
solación de nutrientes dentro de la planta haciendo que su re-  
producción celular sea lenta y el tamaño de las células será-  
reducido, dando por lo tanto tallos frágiles y de menor grosor.  
Otra posible causa es la citada por Norden (1964) el cual en-  
contró que al incrementarse la densidad de población, el peso  
seco, ancho y profundidad de las raíces por planta disminuye-  
ron considerablemente. Por lo tanto las plantas presentan me-  
nor soporte bajo condiciones de alta densidad y probablemen-  
te son las de mayor susceptibilidad de quebrarse. Por otra --  
parte los híbridos expresaron menores P.Q., quizá se podría -  
explicar por la mayor resistencia mecánica de sus tallos al -  
viento y al gusano barrenador que frecuentemente provocan que  
bradura de ellos, lo que coincide con Poehlman (1976).

Dado en que en la región de Marín, N.L., en muchos expe-  
rimentos se han presentado los problemas de acame y quiebre -  
de las plantas es importante considerar el genotipo y el am-  
biente como factores claves para atacar estos inconvenientes.  
Para el primer caso considerar la A.P., A.M., D.T., peso seco,  
ancho y profundidad de las raíces para un mejor anclaje de --  
las plantas, resistencia a plagas como gusano barrenador etc.,  
estos criterios servirían como indicadores para mejorar gené-  
ticamente una futura variedad, En el segundo caso se recomen-  
daría no salirse del rango de las fechas de siembra, efectuar  
buenas labores culturales como buena preparación del suelo, -  
regar bien y principalmente el aporque de los ensayos ya que-

ayudan bastante a sostener adecuadamente a las plantas.

### 5.3. Análisis de varianza combinado

Se utilizó el modelo de interacción genotipo-ambiente -- con el objeto de estimar las esperanzas de los cuadros medios a partir del análisis combinado de varianza (Cuadro 11) y con dichos estimadores se calculó la heredabilidad de diferentes características de interés agronómico.

Al comparar los análisis de varianza factorial (Cuadro 9) contra el combinado (Cuadro 11), se observó que en el primer caso hubo 11 variables con efectos no significativos, --- mientras que en el análisis combinado solo 2 de ellas, resultaron no significativas para la fuente de variación de repeticiones, esta situación se explica por el hecho de que los valores de F se calcularon a partir de diferentes tipos de errores, cuyas varianzas y grados de libertad las determinó el modelo estadístico aplicado en cada caso. Por otra parte las diferencias significativas entre repeticiones se puede explicar por la heterogeneidad del suelo, fuente de variación importante que impide al fenotipo representar fielmente al genotipo, pero factible de controlar a través del diseño experimental -- como se logró en este caso mediante el bloqueo.

Para el factor variedades se observaron los mismos resultados, excepto que D.T. no fué significativo en el análisis factorial (Cuadro 9), lo que indica buena concordancia de los dos tipos de análisis en cuanto a las diferencias significativas entre variedades para las variables incluidas en el presente estudio.

Puede apreciarse en el Cuadro 9 que para el factor nitrógeno solo se observaron 2 variables con efectos significativos, en tanto que para densidades, 10 variables. Esto confirma la mayor importancia que tiene la densidad de población en relación a la aplicación de nitrógeno al menos para los suelos de Marín, N.L. De lo antes expuesto, resulta evidente la-

necesidad de elegir adecuadamente los ambientes de prueba, -- cuando se establecen ensayos comparativos de rendimiento con variedades de diverso origen en determinada zona agrícola.

#### 5.4. Análisis de parámetros de estabilidad

Los resultados presentados en el Cuadro 12 para las variables P.M.P., P.G.P., R.M. y R.G., indican que la elección de los genotipos fué adecuada para la prueba, ya que la varianza entre variedades resultó significativa en los cuatro caracteres relacionados con el rendimiento; también la componente lineal de la interacción variedad x ambiente (VXE) es de importancia en las cuatro variables, mientras que las varianzas de las desviaciones de regresión de los genotipos del estudio no fueron significativas, lo que indica una respuesta consistente de la población al cambiar de un ambiente a otro, quizás debido a que no fueron elegidos niveles ambientales -- que permitieran una mayor diferenciación ambiental.

Para los caracteres P.M.P. y P.G.P., los híbridos RX-405 W y H-412 exhibieron un  $b_i > 1.0$ ; tales resultados se explican por ser más homogéneos y de mayor sensibilidad a los cambios ambientales, comparados con una población heterogénea. Sin embargo, también en el Pinto Amarillo, se observó una tendencia a reducirse la media cuando aumentó la densidad de población, aunque en diferente grado por ser una propiedad del genotipo (El Mestizo se mantuvo constante). Cuando disminuye la densidad de población no hay competencia o esta es baja, de tal manera que si los individuos que compiten son idénticos o tienen necesidades similares, cualquier pequeña diferencia ambiental puede propiciar un cambio drástico en la varianza fenotípica como se observó para los híbridos RX-405 W y H-412 - (Cuadro 17).

Las características rendimiento de mazorca y grano por hectárea (R.M. y R.G.), presentaron una tendencia diferente a P.M.P. y P.G.P. EL Mestizo exhibió un  $b_i > 1.0$  y el resto de los genotipos expresaron un  $b_i = 1.0$ . En el primer caso el ren-

dimiento unitario puede incrementarse al utilizarse una densidad de población cuyas respuestas serán superiores a las esperadas en el caso de los otros genotipos que se comportaron como estables.

Aunque los ambientes seleccionados en este estudio no son representativos de la zona agrícola para la cuál se recomiendan los genotipos utilizados, los parámetros de estabilidad serían más confiables al incluir, en ensayos comparativos de variedades, como factores ambientales: fechas de siembra, siembra en condiciones de riego y sequía etc., en lugar de las pruebas donde los ambientes son localidades y años, reduciéndose así el trabajo y costo de la investigación.

### 5.5. Varianza fenotípica

La varianza fenotípica es un parámetro de interés que aporta elementos para medir los efectos del ambiente sobre los genotipos. Está claro que las varianzas fenotípicas expresadas de los caracteres P.M.P. y P.G.P. fueron reduciéndose gradual y significativamente al incrementarse la densidad de población, especialmente en los híbridos RX-405 W y H-412 y en menor proporción en el criollo Pinto Amarillo, el Mestizo mostró una relación no lineal entre la varianza fenotípica y la densidad de población quizás se debe a que es una variedad formada por una mezcla de distintos genotipos, Cuadro 17 y Figuras 10 y 11. Los resultados en los primeros tres genotipos anotados anteriormente coinciden con los obtenidos por Bucio (1969), el cuál observó que la varianza fenotípica del carácter peso de grano por planta de una variedad criolla de maíz fue disminuyéndose significativamente al incrementarse la densidad de población, este mismo autor indica que estos cambios son debido a la competencia por luz,  $CO_2$ , y otros factores limitantes y que sería costoso o difícil suplementar. Por lo tanto el Pinto Amarillo, RX-405 W y H-412 no deben ser sembrados en densidades de población superiores a las de 55.5 mph, pues su varianza fenotípica probablemente seguirá disminuyéndose significativamente y habría un abatimiento del rendimiento

to unitario.

Para el Mestizo es posible encontrar una densidad de población mayor que la establecida en este ensayo (55.5 mph), ya que las varianzas fenotípicas parecen indicar un efecto menor de la competencia intrapoblacional, pero una mayor respuesta lineal al aumentar la densidad de población, con respecto al resto de los genotipos.

El fenómeno anteriormente indicado podría deberse a que es una variedad formada por una mezcla de distintos genotipos capaz de amortiguar condiciones ambientales restrictivas, características que no poseen los híbridos porque su constitución genética es más homogénea, el Pinto Amarillo aunque es criollo no tiene capacidad para adaptarse a una densidad de población mayor que 55.5 mph. En otro estudio Crossa (1977) - después de comparar una mezcla de razas de maíz en densidades de población (24 y 72 mph) concluye lo siguiente: A baja densidad hay espacio suficiente para que todos los genotipos, -- tanto los agresivos como los que no lo son, tengan -- oportunidad de aprovechar la luz, el CO<sub>2</sub>, el agua y los nutrientes del suelo. A alta densidad solamente los genotipos agresivos (aquellos con mayor velocidad de crecimiento) serán capaces de aprovechar antes los factores de crecimiento disponibles es decir se tendrán genotipos que bajo condiciones de alta competencia son capaces de maximizar las condiciones ambientales en las que se desarrollaran.

Además de aumentar la densidad de población del Mestizo, es importante manejar adecuadamente la preparación del terreno y labores culturales para proporcionar al genotipo mejores condiciones ambientales, que le permitan resistir a los vientos fuertes; pues fué el que mostró el más alto porcentaje de plantas quebradas (28.78%), como se puede observar en el Cuadro 10.

## 5.6 Correlaciones Fenotípicas

En relación a las correlaciones fenotípicas entre pares de características de mazorca, se realizaron para cada genotipo, densidad de población, pero también se hizo en forma general; la mayoría de ellas fueron altamente significativas y positivas estos resultados coinciden con los presentados por: - Sarria (1966), El-Lakany y Russell (1971), De León (1976), Benítez (1977), Cantú (1977), Muñoz (1977), Salinas (1977), Silva (1977), Bazaldúa (1978), Oyervides (1979), Alvarez (1980), Bocanegra y Garza (1980), García (1980), Molina (1982) y Mejía et al (1983).

Sin embargo, se observaron correlaciones positivas y altas entre las características más asociadas con el P.G.P., -- que se mantuvieron constantes para cada genotipo, densidad y en forma general, estas fueron: P.M.P., L.M. y D.M. Otras correlaciones positivas y altas se observaron entre: L.M./N.G.H. L.M./N.G.M., N.G.H./N.G.M.

En algunas variables se observó una disminución de los coeficientes de correlación al ir aumentándose la densidad de población, lo que se explica por el hecho de que el ambiente afectó de igual forma a las variables correlacionadas.

Para los pares de correlaciones fenotípicas de características de plantas se detectaron cambios importantes al comparar un genotipo contra los demás, pues en algunos casos en un genotipo, el coeficiente es altamente significativo y positivo, pero en otro la correlación no es significativa o cambia de signo, esto es debido a las diferencias genéticas existentes entre los materiales utilizados de tal manera que esto se refleja a través del fenotipo. Por ejemplo, los coeficientes de correlación A.P./N.M.P. en las variedades de polinización libre Pinto Amarillo y el Mestizo no fueron significativos y presentaron valores negativos; en el híbrido RX-405W el coeficiente fué significativo y negativo y en el H-412 el coeficiente fué altamente significativo y positivo. Entre A.M./-

N.M.P. el coeficiente en la variedad Pinto Amarillo, no fué significativo mientras que en el resto de los genotipos presentaron correlaciones altamente significativas, este mismo caso ocurrió para las variables N.H.A.M./D.T. Estos resultados indican una componente genética de varianza asociada a la correlación fenotípica.

Para las correlaciones fenotípicas entre pares de características de planta por densidad de población se presentaron cambios considerables debido a que el fenotipo es la resultante del genotipo y la acción del ambiente tanto climático como agronómico. El ambiente agronómico más importante en este caso estuvo representado por la densidad de población; la interacción entre el genotipo y la densidad influyó de diversas maneras en cada caso, que concuerdan con los obtenidos por Crossa (1977). A continuación se mencionan algunos casos y variables donde se presentaron distintos cambios en los coeficientes de correlación, por ejemplo, entre A.P./L.H.M. (correlación significativa y positiva), los coeficientes fueron disminuyendo al aumentar la densidad de población. Se observó una correlación significativa y positiva entre A.M. y D.T. pero los coeficientes fueron aumentando al incrementarse la densidad de población. Para otros casos los coeficientes son altamente significativos pero al pasar de  $D_1$  a  $D_2$  aumentan pero en  $D_3$  disminuyen, como ocurrió entre A.P. y A.M., en otros casos ocurrió lo contrario ya que los valores de  $D_1$  y  $D_2$  disminuyó y en  $D_3$  aumentó siendo todos altamente significativos (A.P. y D.T.). Finalmente, en otros casos la correlación pierde su significancia al cambiar de densidad por ejemplo A.P./N.T.H.

Es importante hacer mención que el carácter A.P. mostró correlaciones significativas y positivas consistentemente por genotipo, densidad y en forma general con las variables: A.M., N.H.A.M., N.T.H., A.H.M., L.H.M., A.F.H.M. y D.T. Estos resultados coinciden principalmente con los trabajos de: De León -



(1976), Muñoz (1977), Salinas (1977), Alvarez (1980), y Lemus (1982). La A.P. mostró una correlación significativa y negativa con el N.M.P. en las tres densidades de población lo que coincide con Crossa (1977) en su análisis combinado. Estos resultados indican que los genes que determinan las variables señaladas pueden estar ligados, o bien hay una acción pleiotrópica implicada en dichos caracteres; sin embargo, las variables con mayor grado de correlación que se mantuvieron consistentemente por genotipo, densidad y en forma general fueron: A.P./A.M., A.P./L.H.M., A.M./I.P.M., N.H.A.M./R.H.A.T., A.H.M./A.F.H.H. y L.H.M./A.F.H.M.

### 5.7. Heredabilidad

Los valores de heredabilidad superiores al 60% corresponden a los caracteres: A.P., A.M., D.F.M, y N.H. Una alta heredabilidad indica que la varianza genotípica es la componente causal más importante, por tanto, era de esperarse que el ambiente no tuviera una acción esmascaradora sobre ellos; en cambio, se esperan diferencias entre los genotipos involucrados en el estudio. Como se discutió anteriormente (Cuadros 9, 10 y 11), se observó que las varianzas debido a densidades y niveles de nitrógeno, los ambientes agronómicos resultantes de las combinaciones entre los niveles de los factores densidades y nitrógeno, así como la significancia entre medias de tratamientos, confirman las predicciones hechas en base a los valores de heredabilidad superiores a 60% estimados para diversas variables, entre ellas A.P., A.M., D.F.M y N.H. Tales resultados concuerdan con los obtenidos por diversos autores como son: a) A.P. (Oyervides, 1979); b) para A.M. y D.F.M. (Crossa, 1977 ) y c) para N.H. (Cortaza, 1970); Oyervides, 1979 y Celis, 1981).

El carácter N.T.H., es un caso donde la heredabilidad estimada fué baja (15.96%), aunque se esperaría lo contrario, ya que se observa que cada raza presente un número constante para esta variable. Mehrotra (citado por Velazquez, 1973), --

reporta valores de heredabilidad de 45 a 70%. Sin embargo -- Allen et al (1973) y Velázquez (1973), señalan que este caracter es influenciado por diversas condiciones de cultivo -- principalmente el factor densidad, lo que significa que es de baja heredabilidad. Allen et al (1973) encontraron que el número de hojas de disminuyó al aumentarse la densidad de población al mismo tiempo citan a Eik y Hanway (1965) los cuales -- indican que con una buena fertilidad y baja densidad de siembra se consigue un mayor número de hojas. Por lo tanto los resultados sugieren la necesidad de conducir experimentos probando diferentes métodos para estimar la heredabilidad, en caracteres que como N.T.H. parecen tener una fuerte influencia genética y menor efecto del ambiente.

Para algunos caracteres como N.M.P. y D.M. se obtuvieron estimas de heredabilidad media (cercaos a 50%) a pesar de -- que fueron influenciados considerablemente por los niveles de densidades. Falconer (1972) afirma que la heredabilidad es -- una propiedad del caracter, pero también de la población bajo estudio y de las circunstancias del cultivo; lo que podría explicar el que para ciertas variables se hayan estimado valores medios de heredabilidad; la disimilitud de los genotipos utilizados en la evaluación se refleja en la varianza genética y fenotípica aumentándose la heredabilidad.

Los caracteres P.M.P., P.G.P., R.M., R.G. y D.T., expresaron valores bajos de heredabilidad debido a que son caracteres reconocidos de naturaleza cuantitativa, altamente influenciados por el ambiente, de ahí que el factor densidad de población haya ejercido también un efecto directo sobre ellos -- cambiando su media y varianza. Estos resultados coinciden con los siguientes autores como son: a) P.M.P. (Oyervides, 1979 y Márquez 1979), b) P.G.P. (Agudelo, 1974), c) R.G. (Robinson et at, 1949).

Los caracteres N.G.H., L.M. y A.H.M., expresaron los valores más bajos de heredabilidad (entre 3.01 y 5.71%) debido-

al ambiente ecológico y agronómico, porque las dos primeras variables presentaron cierta tendencia a disminuir al aumentar la densidad. La variable A.H.M. fué afectada notablemente por la densidad expresando el valor más bajo de heredabilidad. Dichos resultados no concuerdan con los obtenidos por otros investigadores que reportan valores entre el 17.3% y 61.5%. Estas discrepancias observadas entre autores puede deberse al método empleado en la estimación de la heredabilidad.

El conocimiento de la correlación del rendimiento con otros caracteres y sus valores de heredabilidad, pueden servir de base para diseñar índices de selección, para efectuar selección indirecta en alguna población y aumentar la respuesta a la selección, siempre cuando sean altos dichos coeficientes.

## VI. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este estudio, considerando el material genético, condiciones experimentales y limitaciones bajo las que se desarrolló, se concluye lo siguiente:

- 1.- Existen diferencias significativas entre genotipos para las características fenotípicas siguientes: A.P., A.M., N.H.A.M., L.H.M., D.F.M., N.M.P., D.M., N.H., P.M.P., P.G.P., R.M., R.G., P.A. y P.Q.
- 2.- Las características fenotípicas más influenciadas por el aumento de la densidad de población y que redujeron su media significativamente fueron: A.H.M., D.T., N.M.P., D.M., P.M.P. y P.G.P. Otras variables como R.M., R.G. y P.Q. fueron incrementando su media al aumentarse la densidad de población.
- 3.- No se observó respuesta a la aplicación del fertilizante, por lo que debe de buscarse otras fuentes de nitrógeno o aplicarse materia orgánica si se desea aumentar la producción o mejorar las propiedades del suelo.
- 4.- Los genotipos de mayor A.P. y A.M. fueron el Pinto Amarillo, H-412 y el Mestizo respectivamente, el RX-405W fué el de más baja altura, observándose una correlación positiva y significativa entre altura de planta y porcentaje de acame.
- 5.- La variedad Pinto Amarillo fué la de mayor D.M., seguida por el H-412, RX-405W y el Mestizo.
- 6.- Los híbridos H-412 y RX-405W presentaron mayor N.H.A.M., N.M.P., N.H., fueron los más tardíos, expresaron los porcentajes más bajos de P.Q. y por consecuencia presentaron el mayor rendimiento individual y unitario.

- 7.- Se observó una relación lineal positiva entre rendimiento unitario (R.M. y R.G.) y las densidades de población, siendo la mejor la de 55,555 plantas por hectárea con -- una producción de 7.76 y 6.50 ton/ha. respectivamente.
- 8.- Se encontró una relación lineal negativa entre la densidad de población y las variables P.Q. y D.T.
- 9.- Los híbridos RX-405W y H-412 mostraron un  $b_i > 1.0$  en los caracteres P.M.P. y P.G.P., pero cambió en las variables R.M. y R.G. ( $b_i = 1.0$ ); la variable Pinto Amarillo mostró un  $b_i = 1.0$  para las características P.M.P., P.G.P., R.M.- y R.G. El Mestizo exhibió un  $b_i < 1.0$  para P.M.P. y P.G.P. mientras que para R.M. y R.G. se obtuvo un  $b_i > 1.0$ . Para los cuatro genotipos se encontró un  $S^2_{di} = 0$ , es decir se comportaron como consistentes.
- 10.- Los genotipos RX-405W, H-412 y Pinto Amarillo redujeron su varianza fenotípica para los caracteres P.M.P. y P.G.P. al incrementarse la densidad de población, mientras que el Mestizo mostró un aumento de ella de la  $D_2$  a  $D_3$  sin -- rebasar a la  $D_1$ .
- 11.- Algunas características que no fueron influenciadas significativamente por la densidad de población expresaron alta heredabilidad (A.P., A.M., N.H. y D.F.M.), mientras que otras fueron afectadas considerablemente por la densidad de población expresando baja heredabilidad (P.M.P., P.G.P., R.M., P.G. y D.T. ) y finalmente otras que fueron afectadas significativamente por la densidad exhibieron una heredabilidad media (D.M. y N.M.P.)
- 12.- Las características más correlacionadas positivamente -- con el P.G.P. en todos los análisis fueron: P.M.P., D.M. y L.M.
- 13.- Las características más correlacionadas positivamente -- con la A.P. en todos los análisis fueron: A.M. y L.H.M.

- 14.- La mayor parte de los coeficientes de correlación fenotípica entre pares de características de mazorca fueron disminuyendo, aunque no significativamente, al incrementarse la densidad de población.
- 15.- Se observaron diferencias en la significancia de los coeficientes de correlación entre genotipos y densidades solamente para las características de planta (pre-cosecha).

## VII. RECOMENDACIONES

- 1.- Seguir realizando investigaciones de esta naturaleza para encontrar genotipos criollos y mejorados que puedan desarrollarse bien y producir más en altas densidades de siembra.
- 2.- Efectuar una buena preparación del terreno y respetar la fecha de siembra para ofrecerle mejores condiciones ambientales a las plantas y así reducir los daños por acame y quiebre de las plantas.
- 3.- Analizar correlaciones fenotípicas donde estén integrados simultáneamente caracteres de planta y mazorca con el propósito de conocer cuales características de planta están mayormente correlacionadas con el rendimiento y sean de alta heredabilidad para diseñar índices de selección con varias características componentes del rendimiento.
- 4.- Como se observó un alto porcentaje de mazorcas mal polinizadas y plantas jorras, es recomendable estudiar la posible asociación entre la polinización y altas temperaturas o bien con el factor densidad de población.
- 5.- La técnica de análisis de parámetros de estabilidad debe considerarse como un auxiliar para la caracterización de los genotipos y su recomendación para ambientes específicos por lo que es importante incrementar y seleccionar los ambientes agronómicos que representen fielmente a una zona agrícola o diversidad ambiental en que se da la producción de un cultivo.
- 6.- Los híbridos RX-405W y H-412 y el criollo Pinto Amarillo no deben sembrarse en densidades de población que excedan los 55.5 mph porque habría un abatimiento del rendimiento, pues su media y varianza fenotípica seguirá reduciéndose. El Mestizo si puede sembrarse en una densidad de población mayor que 55.5 mph.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Agudelo L., C.E. 1974. Estimación de heredabilidad por regresión progenie progenitor en una población de maíz (Zea mays L.) a tres densidades de siembra. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 2.- \_\_\_\_\_ y F. Márquez S. 1975. Estimación de la heredabilidad por medio de regresión progenie-progenitor -- usando componentes de varianza en una población de maíz en tres densidades de siembra. Agrociencia 21: 91-100.
- 3.- Alarcón L., A.F. 1981. Caracterización agronómica de -- líneas S<sub>4</sub> e híbridos de cruza simple en maíz. -- Verano 1979. Marín, N.L. Tesis profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.
- 4.- Alessi, J. and J.F. Power. 1974. Effects of plant population, row spacing, and relative maturity on dry--land corn in the Northern Plains. I. Corn forage--and grain yield. Agron. J. 66: 316-319.
- 5.- Alcantara T., A.S. 1983. Dosis de fertilización nitrogenada bajo diferentes densidades de siembra en el cultivo del trigo (Triticum vulgare) sembrado en surcos. Tesis profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.
- 6.- Alvarado C., M. de la L. 1977. Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento y caracteres agronómicos de siete variedades de maíz (Zea mays L.) durante la primavera de 1976 en Apodaca, N.L. Tesis Profesional. I.T.E.S.M. Monterrey, N.L.



- 7.- Alvarez L., R.A. 1980. Prueba per-se en líneas  $S_2$  de maíz (Zea mays L.) bajo riego, en Marín, N.L. Primavera 1977. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.
- 8.- Allard, R.W. 1976. Principios de la mejora genética de las plantas. Tr. J.L. Montoya. Tercera edición. Ed. Omega, España.
- 9.- Allen, J.R., G.W. Mc Kee and J.H. McGahen. 1973. Leaf number and maturity in hybrid corn. Agron. J. 65: 233-235.
- 10.- Amaya M., R.A. 1982. Densidad de siembra y su efecto en la producción de forraje, grano y rastrojo en una cruza intervarietal de maíz (Zea mays L.) en  $F_1$  y  $F_2$  en Apodaca, N.L. durante el verano de 1981. Tesis Profesional. I.T.E.S.M., Monterrey, N.L.
- 11.- Bazaldua R., J.A. 1978. Evaluación de 26 colectas de maíz (Zea mays L.) de las zonas bajas del estado de N.L. en Marín, N.L. Verano de 1977. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.
- 12.- Benitez R., I. 1977. Una modificación al método de selección mazorca por surco para rendimiento en maíz de temporal y sus avances. Tesis Profesional E.N. A. Chapingo, México.
- 13.- Bocanegra P., A. 1980 Evaluación de 26 colectas de maíz (Zea mays L.) criollo de la zona baja del estado de N.L. en General Terán, N.L. Verano de 1977. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U. A.N.L. Marín, N.L.

- 14.- Bolaños M., M.R. 1978. Estudió sobre el comportamiento - de parámetros fenotípicos y fisiológicos a dife-- rentes densidades de población con fenotipos cons-- trastantes de maíz (Zea mays L.) Tesis Profecio-- nal. E.N.A. Chapingo, México.
- 15.- Bokde, S. et al. 1967. Influencia de la distancia entre-- plantas en el surco sobre el desarrollo y creci-- miento de diferentes caracteres de la planta y -- rendimiento de maíz colorado "Flint". Turrialba. 17: 40-45.
- 16.- Brauer H., O. 1969. Fitogenética aplicada. Primera edi-- ción. Ed. Limusa-Willey, México.
- 17.- Brewbaker, J.L. 1976. Genética Agrícola. Tr. H. Sauza. - Primera edición. Manuales U.T.H.E.A., México.
- 18.- Brown, R.H. et al. 1970. Influencia of row width and - - plant population on yield of two varieties of - - corn (Zea mays L.) Agron. J. 62: 767-770.
- 19.- Bucio A., L. 1969. El método de selección masal y su re-- lación con el medio ambiente. Agrociencia. 4: 39-45.
- 20.- Bueno S., J. 1973. Influencia de las diferentes densida-- des de población en el rendimiento y característi-- cas agronómicas en líneas y cruza de maíz, bajo-- condiciones de riego, en Chapingo, México. Tesis-- Profesional. E.N.A. Chapingo, México.
- 21.- Cantú G., J.L. 1977. Evaluación de 36 colectas de maíz - (Zea mays L.) criollo de las zonas bajas del esta-- do de N.L. en Gral. Escobedo, N.L. Primavera 1976. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.

- 22.- Carballo C., A. y F.Márquez S. 1970. Comparación de variedades de maíz de el Bajío y la Mesa Central -- por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia*. 5: 129-146.
- 23.- Castillo S., M de los A. 1969. Efecto de diferentes poblaciones sobre los rendimientos de la variedad de maíz para grano N.L. V.S. 1, en Gral. Escobedo, N.L. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, -- U.A.N.L. Marín, N.L.
- 24.- Castillo S., F. 1971. Observaciones en la herencia del número, longitud y posición de la mazorca; número de entrenudos, longitud y ancho de la hoja en --- maíz (Zea mays L.) Tesis Profesional. I.T.E.S.M. Monterrey, N.L.
- 25.- Celis A., H.G. 1981. Estimación de parámetros genéticos e índices de selección en la variedad de maíz Zacatecas 58. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 26.- Cloninger, F.D., R.D. Horrocks and M.S. Zuber. 1975 - -- Effects of harvest date, plant density, and hybrid on corn grain quality. *Agron. J.* 67: 693-695.
- 27.- Cochran, W.G., Cox, G.M. 1980. Diseños experimentales.- Tr. por el Colegio de Postgraduados, Chapingo, - México. Sexta reimpresión. Ed. Trillas, México.
- 28.- Colville, W.L. and D.P. McGill 1962. Effect of rate and method of planting on several plant characters -- and yield of irrigated corn. *Agron. J.* 54: 235 -- 238.
- 29.- Colville, W.L. 1962. Influence of rate and method of - - planting on several components of irrigated corn-yields. *Agron. J.* 54: 297-300.

- 30.- Cortaza G., C. 1970. Correlaciones genéticas y respuestas correlacionadas en caracteres de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 31.- Coutiño E., B. de J. 1980. Parámetros de estabilidad en la selección de variedades comerciales y experimentales de maíz e interacción genético-ambiental en el centro de Chiapas. Tesis Profesional. E.N.A. Chapingo, México.
- 32.- Cross, H.Z. and M.S. Zuber. 1973. Interrelationships -- among plant height, number of leaves, and flowering dates in maize. *Agron. J.* 65: 71-74
- 33.- Crossa H., J.L. 1977. Efecto de la densidad de siembra en la selección dentro de una variedad de maíz -- CIPA. Tesis de Maestría en Ciencias. U.A.A.A.N. - Saltillo, Coahuila.
- 34.- Deloughery, R.L. and R.K. Crookston. 1979. Harvest index of corn affected by population density, maturity-rating, and environment. *Agron. J.* 71:577-580.
- 35.- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- 36.- \_\_\_\_\_ 1969. Yield and stability for a 10-line diallel of single - cross and double-cross maize hybrids. *Crop Sci.* 9: 357-361.
- 37.- El-Lakany, M.A. and W.A. Russell. 1971. Relationship of maize characters with yield in test-crosses of -- inbreds at different plant densities. *Crop Sci.* 11: 698-701.

- 38.- Espino Q., D.A. 1972. Efecto de la densidad de siembra - sobre el rendimiento, cuateo y caracteres agronómicos en cuatro variedades de maíz (Zea mays L.) - en Apodaca, N.L. Tesis Profesional. I.T.E.S.M. -- Monterrey, N.L.
- 39.- Falconer, D.S. 1972. Introducción a la genética cuantitativa, Tr. F. Márquez S. Tercera impresión. Ed. -- Cecsa, México.
- 40.- Fesenko, I.V. 1981. Results of study of yield and its -- structure in two - eared maize híbrids. Plant - - Breed. Avst. 51: 31.
- 41.- Galarza S., M.E. 1972. Estudio comparativo entre la prueba de líneas Per-se y la prueba de mestizos para evaluar aptitud combinatoria general de líneas  $S_1$  de maíz (Zea mays L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados Chapingo, México.
- 42.- Gámez C., A.F. 1984. Parámetros de estabilidad en tres - caracteres en 20 genotipos de maíz (Zea mays L.) - Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.
- 43.- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Instituto de Geografía. Segunda - Edición U.N.A.M. México.
- 44.- García V. M.A. 1980. Mejoramiento nutricional del maíz - normal. Selección divergente de la proporción germen/endospermo. Tesis de Maestría en Ciencias Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 45.- Garza W., F. 1980. Evaluación de 20 colectas de maíz - - (Zea mays L.) de las zonas bajas del estado de -- N.L. Verano de 1977. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.

- 46.- Genter, C.F. and H.M. Camper, Jr. 1973. Component plant-part development in maize as affected by hybrids- and populations density. *Agron. J.* 65: 669-671.
- 47.- Goldenberg, J.B. 1968. El empleo de la correlación en el mejoramiento genético de las plantas. *Fitotecnia-Latinoamericana.* 5: 1-8.
- 48.- González M., S. 1978. Rendimiento y adaptabilidad del -- chícharo (*Pisum sativum* L.) bajo condiciones de - temporal en Santa Rosa, Municipio de Uruapan, --- Mich. Tesis Profesional. Facultad de Agrobiología. U.M.S.N.H. Uruapan, Mich.
- 49.- Green Jr, V.E. 1955. Asociación de altura de planta y co secha en maíz tropical. *Turrialba.* 5: 83-90.
- 50.- Guerrero R., L.A. 1971. Estudio de la heredabilidad de - los caracteres de hoja, mazorca y entrenudos en - maíz (*Zea mays* L.) en Apodaca, N.L. Tesis Profe-- sional. I.T.E.S.M. Monterrey, N.L.
- 51.- Hunter, R.B., L.W. Kannenberg and E.E. Gamble. 1970. - - Performance of five maize hybrids in varying - - plant populations and row widths *Agron. J.* 62: - 255-256.
- 52.- Hurtado P., S.A. 1977. Estudio de competencia intrapo--- blacional en líneas, compuestas balanceados y sin téticos de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 53.- Ibarra R., M.A. 1980. Evaluación regional de genotipos - de maíz en el Sur de Tamaulipas y cálculo de los- parámetros de estabilidad. Tesis Profesional. E.N.A. Chapingo, México.

- 54.- Jimenez C., A.A., L.E. Mendoza O. y A. Carballo C. 1983. Estabilidad de características agronómicas y fisiotécnicas de líneas e híbridos de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) Agrociencia. 51: 155-162.
- 55.- Lang, A.L., J.W. Pendleton and G.H. Dungan. 1956. Influence of population and nitrogen levels on yield and protein and oil contents of nine corn-hybrids. Agron. J. 48: 284-289.
- 56.- Lemus L., O. 1982. Comportamiento de 23 caracteres y estabilidad del rendimiento de 64 maíces criollos en la Meseta Tarasca. Tesis Profesional. Facultad de Agrobiología, U.M.S.N.H. Uruapan, Mich.
- 57.- Leon S., C.H. de 1976. Evaluación en la localidad de General Escobedo de 48 colectas de maíz (Zea mays L.) criollo en las partes bajas del estado de N.L. Primavera de 1976. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.
- 58.- Loma, J.L. de la. 1963. Genética general y aplicada. Tercera edición. Ed. U.T.H.E.A., México
- 59.- López H., A.J. 1978. Selección y evaluación de genotipos de maíz en condiciones limitantes para aumentar la producción y el rango de adaptación. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 60.- López A., G.A. 1981. Determinación de la densidad óptima de población en el cultivo de maíz (Zea mays L.) con la variedad N.L.U.-127 en el municipio de Marín, N.L. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.
61. Márquez S., F. 1974. El problema de la interacción genético ambiental en Genotecnia vegetal. PATENA, A.C. Chapingo, México.

- 62.- \_\_\_\_\_ 1976. Orientación socio-económica del fitomejoramiento (Proposición para el maíz). Chapingo, Nueva Epoca. 1: 29-43.
63. \_\_\_\_\_ y F. Velazco N. 1976. Correlación entre dos procedimientos experimentales de evaluación de densidad de siembra en maíz de riego. Agrociencia. 24: 43-65.
- 64.- \_\_\_\_\_ 1979. Respuesta esperada a la selección a largo plazo en maíz, en base a un estudio de una mezcla intervarietal. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.
- 65.- \_\_\_\_\_ P. Ramírez V. y H. Córdoba O. 1983. Variedades sintéticas de maíz. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 66.- Martínez M., L.L. 1979. Efecto de la densidad de siembra sobre la producción de forraje y caracteres agronómicos de cinco variedades de maíz (Zea mays L.) en Apodaca, N.L. durante el verano de 1979. Tesis Profesional. I.T.E.S.M. Monterrey, N.L.
- 67.- Martínez P., J.F. 1982. Prueba de adaptación de 15 variedades de maíz (Zea mays L.) sobresalientes del Sur del estado en General Terán, N.L. Primavera - 1980. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, - U.A.N.L. Marín, N.L.
- 68.- Martínez R., L.A. et al. 1984. Análisis gráfico vs parámetros de estabilidad en la discriminación de genotipos de maíz. Fitotecnia. 6: 3-23.
- 69.- Mejía C., J.A. y A. Muñoz O. 1977. Evaluación de maicescriollos de temporal en el estado de Yucatán. - - Chapingo, Nueva Epoca. 5: 7-12.



- 70.- \_\_\_\_\_ F. Márquez S. y A. Carballo C. 1983. Cobertura de la mazorca del maíz: Heredabilidad y correlación con otros caracteres. *Agrociencia*. 54:- 111-123.
- 71.- Mendez R., I. 1982. Modelos estadísticos lineales. Interpretación y aplicaciones. Segunda Edición - - - CONACYT, México.
- 72.- Mendoza O., L.E. 1972. Influencia del ahijamiento sobre la producción de grano y otras características -- agronómicas de dos variedades en maíz bajo condiciones de riego, en Chapingo, México. Tesis de -- Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. - Chapingo, México.
- 73.- Molina S., E.G. 1982. Estudio de asociación de variables cuantitativas de la mazorca de maíz (Zea mays L.) mediante los coeficientes de correlación de -- - Pearson- Paramétrico - y de Spearman no Paramétrico. Tesis de Maestría en Ciencias I.T.E.S.M. Monterrey, N.L.
- 74.- Montero H., R. 1982. Efecto de dos densidades de siembra en siete variedades de maíz (Zea mays L.) de planta corta y normal en Apodaca, N.L. Tesis Profesional. I.T.E.S.M. Monterrey, N.L.
- 75.- Morales H., J.A. 1982. Estimación de la interacción genotipo x ambiente y estabilidad del rendimiento de grano de maíz (Zea mays L.) en la región norte de Tamaulipas. Tesis Profesional Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.

- 76.- Muñoz G., R. 1977. Evaluación de 36 variedades criollas de maíz (Zea mays L.) colectadas en las partes bajas del estado de N.L. Gral. Terán, N.L. Primavera 1976. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.
- 77.- Nieto V., P. 1982. Prueba de Adaptación de maíces del -- sur del estado de N.L. en Marín, N.L. Primavera -- de 1980. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía U.A.N.L. Marín, N.L.
- 78.- Norden, A.J. 1964. Response of corn (Zea mays L.) to population, bed height, and genotype on poorly drained sandy soil. I. Root development. Agron. J. -- 56: 269 273.
- 79.- Nuñez, R. and E, Kamprath. 1969. Relationship between `N response, plant population and row width on -- growth and yield of corn. Agron. J. 61: 279-282.
- 80.- Oseguera P., J.M. 1975. Prueba de densidades de población y fertilización en maíz de riego en el valle de la Resolana ciclo 1970. Chapingo, México. -- Tesis Profesional. E.N.A. Chapingo, México.
- 81 Oyervides G., M. 1979. Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índices de selección en variedades tropicales de maíz adaptadas a Nayarit. Tesis de Maestría en Ciencia. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 82.- \_\_\_\_\_ A. Oyervides G. y F.A. Rodríguez A. 1981.- Adaptabilidad, estabilidad y productividad de variedades tropicales de maíz. Agric. Tec. Mex. 7:- 3-23.

- 83.- Palomo G., A. y J. Ortiz C. 1975. Interacción genotipo-medio ambiente en algodónero (*G. hirsutum*) para la comarca Lagunera. *Agrociencia*. 21: 145-153.
- 84.- Pedroza S., A. y O. Fernández M. 1978. Efecto de desespigamiento en maíz en tres niveles de densidad de población y tres dosis de fertilización nitrogenada. *Chapingo, Nueva Epoca*. 13-14: 90-97.
- 85.- Pinchinat, A.M. 1976. Rendimiento del maíz según manejo de la parte area de la planta. *Turrialba* 26: 286-287.
- 86.- Poehlman, J.M. 1976. Mejoramiento genético de las cosechas. Tr. N. Sanchez D. Quinta reimpresión Ed. - Limusa, México.
- 87.- Poey D., F.R. 1975. El mejoramiento integral del maíz. Rendimiento y valor nutritivo; hipótesis y métodos. Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- 88.- Regazzi, A.J. et al 1981. Variances, covariances and phenotypic y genotypic and genetic additive correlations in a maize composite (*Zea mays* L.). *Plant Breed. Abst.* 51: 526.
- 89.- Reyes C., P. Diseño de experimentos agrícolas. Primera Edición. Ed. Trillas, México.
- 90.- Rivera F., C.H. 1977. Efecto de la divergencia genética en la heterosis de cruza intervarietales de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 91.- Robinson, H.F., R.E. Comstock and P.H. Harvey. 1949. Estimación of heritability and the degree of dominance in corn. *Agron. J.* 45: 353-359.

- 92.- Russell, W.A. and S.A. Eberhart. 1968. Test crosses of one and two -ear types of corn belt maize inbreds II. Stability of performance in different environments. *Crop. Sci.* 8: 248-251.
- 93.- Salinas G., G.E. 1977. Evaluación de 38 variedades mejoradas de maíz (Zea mays L.) en Gral Escobedo, - - N.L. Primavera 1976. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.
- 94.- Sanz V., C.G. et al 1983. Evaluación de las características agronómicas, índices fisiotécnicos y parámetros de estabilidad de 10 variedades de maíz - - (Zea mays L.) en 6 ambientes ubicados en las zonas bajas del estado de N.L. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L.
- 95.- Sarria V., D. 1966. Heterosis, acción génica y correlaciones de 14 variedades de maíz en Colombia. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 96.- Scott, G.E. 1967. Selecting for stability of yield in -- maize. *Crop. Sci.* 7: 549-551.
- 97.- Silva Z., A. 1977. Evaluación de 36 colectas de maíz -- (Zea mays L.) criollo de las zonas bajas del esta -- co en Gral. Escobedo, N.L. Verano 1976. Tesis -- Profesional. Facultad de Agronomía. U.A.N.L. Marín, N.L.
- 98.- Stansfield, W.D. 1984. Genética Tr. S. Armendares y E. - Brostein de Ranen. Mc. Graw Hill. Serie Schaum, - México.
- 99.- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of statistics, with special reference to to the biological science. New York, Mc Graw - - Hill Book Company, Inc.

- 100.- Tanaka, A. y J. Yamaguchi. 1977. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano en maíz. Tr. J. Kohashi S. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 101.- Vallejo D., H.L. 1978. Estabilidad del rendimiento y agrupación de nueve ambientes del cultivo de papa (Solanum spp) Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.M.S.N.H. Uruapan, Mich.
- 102.- Velazquez M., R.R. 1973. Relaciones entre los caracteres número de hojas, días a floración, días a madurez fisiológica y rendimiento en maíz (Zea mays L.) bajo diferentes medios ambientales. Tesis Profesional. E.N.A. Chapingo, México.
- 103.- Williams A., H. 1976. Estimación de la heredabilidad y herencia de la altura de la planta y mazorca en maíz (Zea mays L.) en la cruza intervarietal NL Vs-1 x V-524 (Tuxpeño) planta baja en tres localidades del Noreste de México. Tesis Profesional. I.T.E.S.M. Monterrey, N.L.
- 104.- Wong P., J. de J. 1980. Coeficientes de sendero e índices de selección en arroz (Oryza Sativa L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 105.- Zuber, M.S., G.E. Smith and C.W. Gehrke. 1954. Crude protein of corn grain and stover as influenced by different hybrids, plant populations, and nitrogen levels. Agron. J. 46: 257-261.

IX. A P E N D I C E

Gráfico A1. Algunas características ambientales presentes durante el ciclo de verano-otoño de 1991. Marín, N.L.

Características del ambiente	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura Media Máxima (°C)	35.6	32	28.8	29	25
Temperatura Media Mínima (°C)	22.3	20.4	18.3	10	7.3
Temperatura Media Mensual (°C)	29	26.2	23.5	19	16.2
Humedad Relativa Promedio Día (%)	74	77	78	66	67.5
Precipitación total (mm)	98.8	98.7	29.2	1.3	0

1) Datos obtenidos por la estación climatológica de Marín, N.L.

Cuadro A2. Características físicas y químicas del suelo - - -  
(0-30 cm) del Campo Agrícola Experimental de Marín  
N.L.

Determinación	Análisis	Clasificación Agronómica
Color (Escala Munsell)	Seco 10 y R - 6/6 Humedo 10 y R - 5/6	Amarillo Cafesáceo Café amarillento
Reacción	PH 8.3	Moderadamente alcalino
Textura (Método de hidrómetro)	Arena 8% Limo 34% Arcilla 58%	Arcilloso
Materia Orgánica (Método Walkey y Blach)	1.5%	Moderadamente pobre
Nitrógeno Total (Método Kjeldahl)	0.07%	Pobre
Fósforo Aprovechable (Método Olsen)	3.1 p.p.m.	Bajo
Potasio Aprovechable (Método Peeck y English)	504 kg/ha	Extremadamente rico
Sales Solubles (Puente Wheatstone)	1.6 mmhos/cm a 25°C.	No salino

Fuente: Alcantara T., A.S. 1983. Dosis de Fertilización - nitrogenada bajo diferentes densidades de siembra - en el cultivo del trigo (*Triticum vulgare*) sembrado en surcos. Tesis de Ing. Agr. U.A.N.L.



Cuadro A3. Correlaciones fenotípicas entre rendimiento de -- grano y diferentes caracteres de planta y mazorca bajo diferentes densidades de población. (El-Lakany y Russell, 1971).

Caracteres	CORRELACION (r) CON RENDIMIENTO		
	31 mph	40.8 mph	59.5 mph
Altura de Planta	.51*	.44*	.56**
Altura de mazorca	.57*	.51*	.54*
No. de mazorcas	.29	.40	.84**
Longitud de mazorca	.38	.23	.72**
Diámetro de mazorca	.21	.50*	.81**
Profundidad del grano	.13	.41	.70**
Porcentaje de polinización	.39	.47*	.72**
Peso de 300 semillas	-.01	.33	.01
No. de semillas por planta	.31	.37	.69**
Días a floración femenina	.33	.10	-.33
Días a floración masculina	.29	.42	.14
Índice de floración	-.04	-.42	-.66**
Longitud de mz-Diámetro de mz	-.54*	-.48*	.44**

\* Significativo

\*\* Altamente significativo.

Cuadro A4. Correlaciones fenotípicas entre caracteres de planta y mazorca en dos densidades de población .  
(Crossa, 1977).

	24 mph	72 mph	COMBINADO
Altura de Planta (A.P.) "	-.1623**	.1481**	-.0603
Altura de mazorca (A.M.) "	.9449*	.0723	.0968**
No. de mazorcas (No. de mz) "	.6737**	.6702**	.6804**
No. de hijos "	.5745**	.4458**	.4948**
Días a floración (D.F.) "	-.1086*	-.2256**	-.1430**
AP - AM	.6352**	.7238**	.7354**
AP - No. de mz.	-.0590	.0216	-.6013**
AP - DF	.1305**	.2654**	.2086**
AP - No. de hijos	-.0408	-.2040**	.0016
AM - No. de mz.	.1706**	.0291	.1377**
AM - DF	.1339**	.3506**	.2700
AM - No. de hijos	.1651**	-.2024**	.1294
No. de mz - No. de hijos	.5180**	.5532**	-.4834**
No. de mz. - DF	.0116	-.0451	-.0242*
No. de hijos - DF	-.1515**	-.0037	-.1004**

\* Significativo

\*\* Altamente significativo

" Significa que la correlación es con el rendimiento.

Cuadro A.5. Valores medios del carácter peso de mazorca por planta en cuatro genotipos de maíz bajo nueve ambientes agronómicos y estimación de índices ambientales.  
Marín, N.L. 1981.

Variedades	Ambientes Agronómicos									Yi.	Yi...	Ij
	D <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> N <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> N <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> N <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	D <sub>2</sub> N <sub>3</sub>	D <sub>3</sub> N <sub>1</sub>	D <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	D <sub>3</sub> N <sub>3</sub>			
Pinto amarillo	175.62	190.02	171.25	176.82	150.42	159.5	136.2	132.47	112.95	1405.25	156.13	- 8.44
Mestizo	146.6	139.25	123.6	131.5	131.35	148.15	142.8	144.95	128.7	1236.9	137.43	-27.14
RX-405 W	227.32	218.65	225.6	202.35	185.72	170	151.2	171.17	139.3	1690.91	187.87	23.3
H-412	187.07	229	238.87	183.67	173.92	163.5	142.37	133.07	140.17	1591.64	176.84	12.27
Y.i.	736.61	776.92	758.92	694.34	641.41	641.15	572.57	581.66	521.12			
Y.j.	184.15	194.23	189.73	173.58	160.35	160.28	143.14	145.41	130.28			
Ij	19.58	29.66	25.16	9.01	- 4.22	-4.29	-21.43	-19.15	-34.29			
$\bar{Y}i...$											164.57	

Cuadro A.6. Valores medios del carácter peso de grano por planta en cuatro genotipos de maíz bajo nueve ambientes agronómicos y estimación de índices ambientales. Marfn, N.L. 1981.

Variedades	Ambientes Agronómicos									$\bar{Y}_i..$	Ii	
	D <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> N <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> N <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> N <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	D <sub>2</sub> N <sub>3</sub>	D <sub>3</sub> N <sub>1</sub>	D <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	D <sub>3</sub> N <sub>3</sub>			Y <sub>i..</sub>
Pinto amarillo	147.4	159.92	145.	148.62	129.37	135.77	116.75	112.02	94.2	1189.05	132.11	- 5.76
Mestizo	122.4	119.75	103.9	110.07	110.92	125.05	119.85	123.42	111.11	1046.46	116.27	-21.6
RX-405W	188.	178.12	185.17	165.47	152.8	140.95	123.12	140.67	114.35	1388.65	154.29	16.42
H-412	157.32	195.42	203.12	153.	146.27	135.52	118.77	112.65	117.45	1339.52	148.83	10.96
Y.j.	615.12	653.21	637.19	577.16	539.36	537.29	478.49	488.76	437.1			
$\bar{Y}_j.$	153.78	163.3	159.29	144.29	134.84	134.32	119.62	122.19	109.27			
I <sub>j</sub>	15.91	25.43	21.42	6.42	-3.03	-3.55	-18.25	-15.68	-28.6			
$\bar{Y}...$											137.87	

Cuadro A.7. Valores medios del carácter rendimiento de mazorca (ton/ha) en cuatro genotipos de maíz bajo nueve ambientes agronómicos y estimación de índices ambientales. Marín, N.L. 1981.

Variedades	Ambientes Agronómicos									$\bar{Y}_i$	Ji	
	D <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> N <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> N <sub>3</sub>	D <sub>2</sub> N <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	D <sub>2</sub> N <sub>3</sub>	D <sub>3</sub> N <sub>1</sub>	D <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	D <sub>3</sub> N <sub>3</sub>			$\bar{Y}_i$
Pinto amarillo	3.902	4.222	3.805	6.630	5.640	5.980	7.567	7.360	6.275	51.381	5.709	-.338
Mestizo	3.257	3.094	2.746	4.931	4.926	5.555	7.934	8.053	7.155	47.651	5.294	-.753
RX-405W	5.050	4.859	5.004	7.588	6.965	6.375	8.401	9.511	7.740	61.493	6.832	.785
H-412	4.155	5.088	5.308	6.888	6.521	6.130	7.910	7.393	7.787	57.180	6.353	.306
Y.j.	16.364	17.263	16.863	26.037	24.052	24.04	31.812	32.314	28.957	217.705		
$\bar{Y}_j$ .	4.091	4.315	4.215	6.509	6.013	6.01	7.953	8.078	7.239			
Ij	-1.956	-1.732	-1.832	0.462	-0.034	-0.037	1.906	2.031	1.192			
$\bar{Y}...$											6.047	

Cuadro A.8. Valores medios del caracter Rendimiento de grano (ton/ha) en cuatro genotipos de maiz bajo nueve ambientes agronómicos y estimación de índices ambientales. Marín, N.L. 1981.

Variedades	Ambientes Agronómicos											$\bar{Y}_i..$	Ii
	$D_1N_1$	$D_1N_2$	$D_1N_3$	$D_2N_1$	$D_2N_2$	$D_2N_3$	$D_3N_1$	$D_3N_2$	$D_3N_3$	$Y_i..$	$\bar{Y}_i..$		
Pinto Amarillo	3.275	3.553	3.221	5.573	4.850	5.090	6.487	6.224	5.233	43.506	4.834	-0.231	
Mestizo	2.720	2.660	2.307	4.129	4.160	4.689	6.659	6.858	6.172	40.354	4.483	-0.582	
RX-405W	4.177	3.957	4.114	6.205	5.729	5.286	6.841	7.818	6.354	50.481	5.609	.544	
H-412	3.495	4.342	4.514	5.738	5.486	5.081	6.599	6.258	6.524	48.037	5.337	.272	
Y.j.	13.667	14.512	14.156	21.645	20.225	20.146	26.586	27.158	24.283				
$\bar{Y}_{ij}$ .	3.416	3.628	3.539	5.411	5.056	5.036	6.646	6.789	6.070				
Ij	-1.649	-1.437	-1.526	.346	-.009	-.029	1.581	1.724	1.005				
$\bar{Y}...$											5.065		

Cuadro A. 9. Coeficientes de correlación fenotípica entre siete características de mazorca de cuatro genotipos de maíz. Marín. N.L. 1981.

Genotipos	P.G.P.	P.M.P.	L.M.	D.M.	N.H.	N.G.H.
P.M.P.	G <sub>1</sub>	.9849**				
	G <sub>2</sub>	.9835**				
	G <sub>3</sub>	.9871**				
	G <sub>4</sub>	.9859**				
L.M.	G <sub>1</sub>	.6108**	.6201**			
	G <sub>2</sub>	.6432**	.6697**			
	G <sub>3</sub>	.6576**	.6678**			
	G <sub>4</sub>	.7219**	.7443**			
D.M.	G <sub>1</sub>	.7250**	.7470**	.1602**		
	G <sub>2</sub>	.5926**	.6293**	.1959**		
	G <sub>3</sub>	.6637**	.6870**	.2039**		
	G <sub>4</sub>	.6991**	.7044**	.2830**		
N.H.	G <sub>1</sub>	.2254**	.2193**	.0309 NS	.3358**	
	G <sub>2</sub>	.2002**	.2041**	-.0294 NS	.3472**	
	G <sub>3</sub>	.1644**	.1472**	.0034 NS	.2489**	
	G <sub>4</sub>	.2379**	.2449**	.0355 NS	.4467**	
N.G.H.	G <sub>1</sub>	.3892**	.3712**	.6561**	-.0456 NS	-.1410**
	G <sub>2</sub>	.5177**	.5033**	.6562**	.0770 NS	-.0781 NS
	G <sub>3</sub>	.4619**	.4690**	.8209**	-.0133 NS	-.0613 NS
	G <sub>4</sub>	.6068**	.6087**	.7645**	.2175**	.0061 NS
N.G.M.	G <sub>1</sub>	.4801**	.4606**	.5790**	.1784**	.5288**
	G <sub>2</sub>	.5575**	.5475**	.5455**	.2629**	.5076**
	G <sub>3</sub>	.4952**	.4909**	.7226**	.1218*	.4805*
	G <sub>4</sub>	.6245**	.6304**	.6214**	.4413**	.6173**

\*\* Altamente significativo ( 0.01)

\* Significativo ( 0.05)

NS No significativo

Cuadro A. 10. Coeficientes de correlación fenotípica entre siete características de mazorca en genotipos de maíz en tres densidades de población. Marín, N.L. 1981.

Densidades	P.G.P.	P.M.P.	L.M.	D.M.	N.H.	N.G.H.
P.M.P.	D <sub>1</sub>	.9862**				
	D <sub>2</sub>	.9862**				
	D <sub>3</sub>	.9827**				
L.M.	D <sub>1</sub>	.6172**	.6399**			
	D <sub>2</sub>	.6082**	.6262**			
	D <sub>3</sub>	.6393**	.6581**			
D.M.	D <sub>1</sub>	.7525**	.7662**	.2068**		
	D <sub>2</sub>	.7101**	.7221**	.1517**		
	D <sub>3</sub>	.5659**	.5910**	.1117*		
N.H.	D <sub>1</sub>	.2447**	.2458**	.0726 NS	.3216**	
	D <sub>2</sub>	.1480**	.1592**	-.0354 NS	.2511**	
	D <sub>3</sub>	.1128*	.1403**	.0729 NS	.2372**	
N.G.H.	D <sub>1</sub>	.4975**	.4897**	.7128**	.1034*	-0.290 NS
	D <sub>2</sub>	.4657**	.4696**	.7527**	.0463 NS	-.1259**
	D <sub>3</sub>	.4732**	.4545**	.6858**	-.0337 NS	-.1198**
N.G.M.	D <sub>1</sub>	.5540**	.5486**	.6266**	.2754**	.5768**
	D <sub>2</sub>	.4892**	.5002**	.6062**	.2042**	.5522**
	D <sub>3</sub>	.4639**	.4674**	.6092**	.1326**	.5787**

\*\* Altamente significativo (0.01)

\* Significativo (0.05)

NS No significativo



Cuadro. All. Coeficientes de correlación fenotípica entre once características de planta de cuatro genotipos de maíz Marín, N.L. 1981

Genotipo	A.P.	A.M.	N.H.A.M.	N.T.H.	R.H.A.T.	A.H.M.	L.H.M.	A.B.H.M.	N.M.P.	I.P.M.
A.M.	G1	.6702 **								
	G2	.6874 **								
	G3	.3945 **								
	G4	.6718 **								
NHAM	G1	.2726 **	.0412 NS							
	G2	.2396 **	.0993 NS							
	G3	.2596 **	.0711 NS							
	G4	.1378 **	-.1163 *							
N.T.H.	G1	.2643 **	.3391 **	.3656 **						
	G2	.1459 **	.2081 **	.1950 **						
	G3	.2019 **	.2241 **	.3066 **						
	G4	.3210 **	.3494 **	.0791 NS						
RHAT	G1	.0279 NS	-.2323 **	.6884 **	-.4167 **					
	G2	.1318 *	-.0249 NS	.8115 **	-.4096 **					
	G3	.0840 NS	-.1004 NS	.7013 **	-.4590 **					
	G4	-.1068 *	-.3252 **	.7649 **	-.5733 **					
AHM	G1	.8612 **	.2883 **	.0502 NS	.2017 **	-.1149 *				
	G2	.0584 NS	.0213 NS	-.0172 NS	.2432 **	-.1730 **				
	G3	.2185 **	.3932 **	.0797 NS	.1396 **	-.0380 NS				
	G4	.2088 **	.2268 **	-.0026 NS	.1519 **	-.1052 *				
LHM	G1	.3021 **	.1300 **	.0219 NS	.1058 *	-.0719 NS	.1005 NS			
	G2	.2532 **	.1960 **	.1006 NS	.2654 **	-.0747 NS	.1753 **			
	G3	.2463 **	.2065 **	.0852 NS	.2867 **	-.1424 **	.2332 **			
	G4	.2846 **	.1720 **	.0103 NS	.2145 **	-.1277 *	.1795 **			
AFHM	G1	.3837 **	.3039 **	.0509 NS	.2087 **	-.1241 *	.7946 **	.6754 **		
	G2	.1822 **	.1190 *	.0443 NS	.3218 **	-.1694 **	.8359 **	.6808 **		
	G3	.2912 **	.3797 **	.1031 *	.2631 **	-.1108 *	.8050 **	.7605 **		
	G4	.3202 **	.2632 **	.0135 NS	.2290 **	-.1387 **	.8077 **	.7188 **		
NMIP	G1	-.0314 NS	.0711 NS	.0035 NS	.1744 **	-.1159 *	.0908 NS	.0295 NS	.0934 NS	
	G2	-.0560 NS	.1068 *	.0234 NS	.0689 NS	-.0160 NS	.0217 NS	-.0240 NS	-.0021 NS	
	G3	-.1304 *	.2232 **	-.0221 NS	-.0143 NS	-.0003 NS	.2112 **	-.0171 NS	.1309 *	
	G4	.1921 **	.2610 **	.0564 NS	.0317 NS	-.0254 NS	.2019 **	-.0063 NS	.1333 *	
I.P.M.	G1	-.2741 **	.5209 **	-.2601 **	.1481 **	-.3435 **	.0791 NS	-.1722 **	-.0399 NS	.1321 *
	G2	-.1828 **	.5782 **	-.1203 *	.1351 **	-.1776 **	-.0329 NS	-.0087 NS	-.0354 NS	.2054 **
	G3	-.5412 **	.5410 **	-.1656 **	.0241 NS	-.1648 **	.1582 **	-.0181 NS	.0894 NS	.2992 **
	G4	-.1120 *	.6532 **	-.2883 **	.1440 **	-.3249 **	.1072 *	-.0594 NS	.0369 NS	.1510 **
D.T.	G1	.1969 **	.2770 **	.1017 NS	.1637 **	-.0412 NS	.3207 **	.0451 NS	.2605 **	.1131 *
	G2	.1971 **	.2239 **	.1676 **	.0772 NS	.1168 *	.1828 **	-.0160 NS	.1206 *	.1175 *
	G3	.0864 NS	.3708 **	.1988 **	.0262 NS	.1807 **	.3640 **	.0588 NS	.2745 **	.3262 **
	G4	.3432 **	.3643 **	.1626 **	.1306 *	.0370 NS	.3077 **	.0400 NS	.2365 **	.2551 **

\*\* ALTAMENTE SIGNIFICATIVO (0.01) \* SIGNIFICATIVO (0.05) NS= NO SIGNIFICATIVO

Cuadro A 12 Coeficientes de correlación fenotípica entre once caracteres de planta en tres densidades de población. Marín, N.L. 1981.

DENSIDADES	A.P.	A.M.	N.H.A.M.	N.T.H.	R.H.A.T.	A.H.M.	L.H.M.	A.F.H.M.	N.M.P.	I.P.M.
A.M.	D1 .7265 **									
	D2 .7714 **									
	D3 .6959 **									
N.H.A.M.	D1 .1847 **	.0236 NS								
	D2 .2017 **	.0689 NS								
	D3 .0426 NS	-.1918 **								
N.T.H.	D1 .2438 **	.3247 **	.9994 **							
	D2 .0253 NS	.0481 NS	.9994 **							
	D3 .1911 **	.1877 **	.9993 **							
R.H.A.T.	D1 .0015 NS	-.1872 **	.7672 **	-.4564 **						
	D2 .1737 **	.0385 NS	.7554 **	-.3737 **						
	D3 -.1122 **	-.3201 **	.7142 **	-.4153 **						
A.H.M.	D1 .1429 **	.1902 **	.0203 NS	.2046 **	-.1203 **					
	D2 .1394 **	.1333 **	-.0096 NS	.1604 **	-.1320 **					
	D3 .0871 NS	.1111 *	.0448 NS	.2414 **	-.1468 **					
L.H.M.	D1 .3453 **	.2612 **	.0702 NS	.2231 **	-.0806 NS	.0910 *				
	D2 .3025 **	.1940 **	.0713 NS	.1962 **	-.0804 NS	.2344 **				
	D3 .2611 **	.1761 **	.0524 NS	.1588 **	-.0747 NS	.2387 **				
A.F.H.M.	D1 .3115 **	.2940 **	.0613 NS	.2837 **	-.1321 **	.7927 **	.6731 **			
	D2 .2875 **	.2149 **	.0361 NS	.2152 **	-.1394 **	.7895 **	.7754 **			
	D3 .2013 **	.1725 **	.0675 NS	.2579 **	-.1380 **	.8523 **	.7057 **			
N.M.P.	D1 -.0941 *	.0118 NS	.1565 **	.1646 **	.0459 NS	.0533 NS	.0079 NS	.0475 NS		
	D2 -.2017 **	-.0464 NS	.0166 NS	.1729 **	-.0991 *	.0657 NS	-.0697 NS	-.0040 NS		
	D3 -.1827 **	-.0295 NS	.0526 NS	.1210 **	-.0428 NS	.2038 **	.0830 NS	.1962 **		
I.P.M.	D1 -.2218 **	.4967 **	-.1750 **	.1662 **	-.2558 **	.0856 NS	-.0499 NS	.0285 NS	.1290 **	
	D2 -.1492 **	.5037 **	-.1614 **	.0360 NS	-.1675 **	.0406 NS	-.0914 *	-.0312 NS	.2035 *	
	D3 -.1000 *	.6308 **	-.3045 **	.0571 NS	-.3198 *	.0700 NS	-.0142 NS	.0408 NS	.1489 **	
D.T.	D1 .1960 **	.2812 **	.1490 **	.1142 *	.0653 NS	.2964 **	.0063 NS	.2196 **	.1467 **	.1614 **
	D2 .1754 **	.2961 **	.1769 **	.0142 NS	.1731 **	.1246 **	.0025 NS	.0771 NS	.0737 NS	.2408 **
	D3 .2794 **	.3493 **	.0734 NS	.2486 **	-.1201 **	.2405 **	.1422 **	.2543 **	.0957 *	.1908 **

\*\* ALTAMENTE SIGNIFICATIVO (0.01) \* SIGNIFICATIVO (0.05) NS= NO SIGNIFICATIVO

005304

