

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

ESCUELA DE AGRICULTURA

**Mejoramiento Jerarquizado en el Rendimiento  
y Valores de Proteína en una Población de  
Maíz Opaco-2**

**T E S I S**

Que para obtener el título de :

**INGENIERO AGRONOMO**

p r e s e n t a :

**MARIO ABEL GARCIA VAZQUEZ**

## DEDICATORIA:

A la memoria de mi Padre quien  
motivó el descubrimiento de mi  
vocación.

A mi Madre, quien con espíritu  
de sacrificio logró mi formación  
y existencia.

A mi Esposa e Hija.

A mis compañeros de campo.

AGRADECIMIENTO:

Al Dr. Federico R. Poey D. Por  
su dirección y apoyo en la  
elaboración de este trabajo.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

AL CIMMYT

AL INIA.

COMITÉ PARTICULAR:

Director: Ing. Antonio Alvarez González.

Asesor: Ing. Bonifacio Zarazúa Cabrera.

Asesor: Ing. José Mauricio Muñoz.

## CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS.	
LISTA DE FIGURAS.	
1.- INTRODUCCION	1
2.- REVISION DE LITERATURA.	2
2.1 Origen y Características Nutricionales del Maíz Opaco-2	2
2.2 Características Físicas y Bioquímicas del Grano de Maíz Opaco-2	10
2.3 Genes Modificadores de la Textura del Grano.	11
2.4 Herencia de la Cantidad y Calidad de la Proteína.	16
2.5 Selección Masal.	21
2.6 Selección Familiar.	26
3.- PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS.	30
4.- OBJETIVOS.	31
5.- MATERIALES Y METODOS.	32
5.1 Habitat de Selección.	32
5.2 Origen y Descripción del Material Genético.	32
5.3 Descripción del Sistema de Mejoramiento.	35
5.3.1 Lote de Aumento del Material Original	39
5.3.2 Lote de Selección Masal	40
5.3.3 Selección para Triptófano en Endospermo	42
5.3.5 Selección para triptófano en Proteína de Grano entero.	46
5.3.6 Lote de Concentración Génica y de Aumento.	46
5.3.7 Esquemas del Sistema de Mejoramiento Jerarquizado.	47
5.3.8 Análisis Bioquímico.	47
6.- RESULTADOS.	51
6.1 Primer ciclo del Sistema de Mejoramiento: Selección Masal.	51
6.2 Segundo Ciclo del Sistema de Mejoramiento: Selección Familiar.	51

6.2.1 Análisis de Varianza para Rendimiento de Grano.	51
6.2.2 Análisis de Varianza para Altura de Planta.	58
6.2.3 Análisis de Varianza para Altura de Mazorca.	58
6.2.4 Análisis de Varianza para Mazorcas Podridas.	58
6.2.5 Días a Floración.	65
6.2.6 Modificación de la Textura del Endospermo	65
7.- DISCUSION.	72
8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	75
9.- RESUMEN.	76
BIBLIOGRAFIA.	77
APENDICE.	81

LISTA DE CUADROS.

		Pág.	
Cuadro	1	Contenido de Aminoácidos en Endospermo con Gene Opaco-2 y normal de la misma mazorca de maíz	5
Cuadro	2	Diferentes fracciones de proteína y su proporción en el endospermo de maíz Opaco-2 y maíz normal.	6
Cuadro	3	Contribución del germen a la proteína total del grano en diferentes variedades y compuestos de maíz.	13
Cuadro	4	Valores de proteína y Triptófano en el endospermo total y en fracciones harinosas y Córneas del endospermo, en seis líneas de maíz Opaco-2 de fenotipo modificado.	17
Cuadro	5	Contenido total de proteína, y Lisina en proteína de endospermo, de selecciones Opaco-2 de Illinois High Protein.	20
Cuadro	6	Efecto de 50 generaciones de selección divergente para contenido de aceite y proteína en líneas de maíz en Illinois.	27
Cuadro	7	Efecto del mejoramiento mediante surco por mazorca en el maíz amarillo Hogue respecto a rendimiento en Nebraska.	28
Cuadro	8	Porcentaje de proteína y triptófano en endospermo de diferentes categorías de granos de Opaco-2.	36
Cuadro	9	Fracciones de proteína en muestra de endospermo de maíz normal, Opaco-2 y Opaco-2 modificado.	37
Cuadro	10	Contenido de proteína, lisina y triptófano en el grano entero de Opaco-2 y Opaco-2 modificado	38
Cuadro	11	Variedades utilizadas como testigos en dos látices 16x16 (La Huerta, Jal. 1974)	44
Cuadro	12	Esquema del sistema de mejoramiento Jerarquizado en una población con el Gene Opaco-2 ( $o_2/o_2$ )	48
Cuadro	13	Esquema del sistema de mejoramiento jerarquizado desarrollado hasta la fecha.	49
Cuadro	14	Esquema del sistema de mejoramiento jerarquizado hasta la fecha y la aplicación futura de se-	

	Pág.
	50
lección para calidad y cantidad de proteína.	
Cuadro 15 Descripción de parámetros fenotípicos de la variedad (Ver 181X Ant Gpo -2) Ven. 1 población original. (La Huerta Jalisco 1974).	52
Cuadro 16 Coeficientes de correlación de cinco variables estudiados en la población (Ver 181 X Ant Gpo-2) Ven 1 - (La Huerta, Jalisco 1974).	53
Cuadro 17 Análisis de varianza latice 1 para la variable rendimiento. Familias del 0101-1 al 0510-5.	55
Cuadro 18 Análisis de varianza latice II para la variable rendimiento. Familias del 0601-1 al 1010-5.	56
Cuadro 19 Medias de rendimiento de la población original, seleccionada y testigos.	57
Cuadro 20 Análisis de varianza latice 1 para la variable altura de planta. Familias del 0101-1 al 0510-5.	59
Cuadro 21 Análisis de varianza latice II para la variable altura de planta. Familias del 0601- al 1010-5.	60
Cuadro 22 Medias de altura de planta de la población original, seleccionada y testigos.	61
Cuadro 23 Análisis de Varianza Látime I para la Variable Altura de Mazorca. Familias del 0101-1 al 0510-5	62
Cuadro 24 Análisis de Varianza Látime II para la Variable Altura de Mazorca Familias del 0601-1 al 1010-5	63
Cuadro 25 Medias de Altura de Mazorca de la Población original, Seleccionada y Testigos.	64
Cuadro 26 Análisis de varianza latice I para la variable mazorcas podridas. Familias del 0101-5 al 0510-5.	66
Cuadro 27 Análisis de varianza Latice II para la variable mazorcas podridas. Familias del 0601-1 al 1010-5.	67
Cuadro 28 Porcentaje de mazorcas podridas de la población original, seleccionada y testigos.	68
Cuadro 29 Días a floración de la población original, seleccionada y testigos.	70
Cuadro 30 Índice de modificación del endospermo de la población original, seleccionada y testigos.	71
Cuadro 31 Valores de medias para rendimiento de grano y diferentes características agonomías de 500 familias seleccionadas de la población (Ver 181 X Ant Gpo-2) Ven 1 Opa co-2 modificado.	82

LISTA DE FIGURAS.

		Pág
Figura	1 Granos de maíz normal ( +/+ ) y con el Gene Opaco-2 ( o <sub>2</sub> / o <sub>2</sub> )	3
Figura	2 Promedio de ganancia en peso de ratas alimentadas con maíz normal y maíz Opaco-2 durante 28 días.	7
Figura	3 Respuesta de ganancia en peso en cerdos a dieta -- de maíz opaco-2 y normal.	9
Figura	4 Fraccionamiento y distribución de las proteínas -- del germen y endospermo del maíz.	12
Figura	5 Granos de maíz normal ( +/+ ), Opaco-2 modificado- ( o <sub>2</sub> / o <sub>2</sub> ) y Opaco-2 Harinoso ( o <sub>2</sub> / o <sub>2</sub> ).	15
Figura	6 Frecuencias de porcentajes de triptófano en la proteína del endospermo de 80 muestras de maíz Opaco-2 ( o <sub>2</sub> / o <sub>2</sub> ).	18
Figura	7 Frecuencias de porcentajes de Proteína del endos--permo de muestras de maíz opaco-2 ( o <sub>2</sub> / o <sub>2</sub> ).	19
Figura	8 Respuesta del rendimiento de maíz al método de selección masal después de cuatro ciclos de selección.	24
Figura	9 Mapa de localización de la Huerta, Jal.	33
Figura	10 Esquema de subdivisión de un lote de Selección masal moderna o estratificada.	41
Figura	11 Diferentes Categorías de modificación en el endospermo de granos de maíz Opaco-2 (25% Corneo, 50% - Corneo, 25% Corneo y 0% Corneo, de derecha a izquierda respectivamente).	45

## 1. INTRODUCCION.

El actual incremento de la población humana y la falta de producción de alimentos básicos, son factores que conducen al mundo a una grave crisis. -- Por otra parte, la baja calidad nutritiva de los productos agrícolas limita satisfacer los requerimientos proteínicos del hombre, contribuyendo a la desnutrición y enfermedades de la población, principalmente en los países en -- vías de desarrollo.

México no escapa a esta situación, ya que la mayor parte de la produc--- ción agrícola se efectúa en zonas de temporal donde predominan condiciones - adversas, lo que resulta en bajos niveles de rendimiento. Además, existe una gran dependencia del maíz en la dieta del mexicano, llegando en ocasiones a considerarse como principal comida durante el día. La proteína del maíz es - de bajo contenido y mala calidad aunque su proporción de carbohidratos es al to. Como es sabido, el déficit en los requerimientos proteínicos del organismo ocasiona poca eficiencia en el desarrollo del individuo.

El reciente descubrimiento de un mutante que modifica favorablemente el valor nutritivo del maíz, representa una posibilidad para solucionar parte - del problema planteado. Este mutante, llamado opaco-2 demostró ser compara-- ble nutricionalmente a la proteína de la leche /

Sin embargo, el gene opaco-2 ocasiona también un cambio en la textura -- del endospermo haciéndolo harinoso. Este problema da lugar a dos efectos negativos. Uno de ellos es la poca aceptación por parte del productor y consumidor y el otro es la merma en densidad que motiva una pérdida de rendimiento calculada en un 13% aproximadamente. Considerando que el mayor interés -- del agricultor es el de obtener los más altos rendimientos en sus campos y - que el consumidor no reditúa pagos adicionales por características de calidad o cantidad de proteína, convendría enfocar los programas de mejoramiento del maíz opaco-2 a resolver este problema, tratando de cambiar la textura harinosa del grano a una total o parcialmente cornea.

En esta tesis se desarrolla un sistema de trabajo de selección genética-- tendiente a mejorar en forma jerarquizada el rendimiento, la calidad y cantidad de proteína en una población de maíz opaco-2, además de cambiar su apa-- riencia harinosa a parcialmente cornea.

## 2. REVISION DE LITERATURA.

Dentro de este capítulo se tratará de presentar una idea global de las características del maíz opaco-2, además de revisar los métodos de mejoramiento de selección masal y familiar, que son los fundamentos del sistema de mejoramiento aplicado en el presente estudio.

Para tal efecto se ha subdividido este capítulo en seis secciones diferentes, con el propósito de revisar y discutir opiniones de diversos investigadores.

### 2.1 Origen y Características Nutricionales del Maíz Opaco-2.

El maíz opaco-2 se originó a partir del maíz normal, por medio de una mutación génica espontánea reportada por Singleton y Jones en 1935. (8) Dicha mutación modifica el fenotipo del endospermo a una textura suave y harinosa. Un efecto similar es ocasionado por otro mutante llamado harinoso-2 ( $fl_2$ ), el cual también modifica favorablemente la calidad nutritiva del endospermo, ambos mutantes pueden detectarse visualmente en poblaciones segregantes. En la Fig. 1, se observa claramente este efecto fenotípico.

Estudios posteriores confirmaron la herencia monogénica y recesiva del gene opaco-2 y se localizó en el cromosoma No. VII. (15).

Este mutante quedó, sin embargo, como una curiosidad académica hasta 1964 en que se descubre su potencial nutritivo en la Universidad de Purdue, E.U., Mertz et al (18)

Mertz, Nelson y Bates, analizando muestras de endospermo de maíz opaco-2 y maíz normal proveniente de una misma mazorca segregante, encuentran diferencia en el balance de los tipos de proteína del endospermo, y variación en el contenido de aminoácidos, componentes principales de las proteínas.

Fig. 1 Granos de Maíz normal (+/+) y con el gene opaco-2 ( $o_2/o_2$ )



En el Cuadro 1, se observa la variación en los contenidos de aminoácidos del endospermo de maíz opaco-2 y maíz normal.

La cantidad de lisina, histidina, arginina, ácido aspártico, glicina y cisteína, se aumentan y las de ácido glutámico, alanina, metionina, leucina y tirosina, se reducen. Este nuevo balance de aminoácidos está asociado a cambios observados en el fraccionamiento de la proteína del endospermo. Según se aprecia en el Cuadro 2, existe una mayor proporción de zeína en el endospermo del maíz normal. Esta fracción es de mala calidad nutricional, ya que contiene poca cantidad de los aminoácidos esenciales, lisina y triptófano. Los otros tres tipos de proteína son de mejor calidad y existen en menor proporción dentro del endospermo del maíz normal. En el maíz opaco-2, sin embargo, se reduce la cantidad de zeína de 55.1% hasta 22.9%, y las otras fracciones aumentan de una manera significativa. Esto ocasiona un incremento de aminoácidos esenciales que resulta en una mejor calidad biológica de la proteína.

Posteriormente al descubrimiento bioquímico del maíz opaco-2, se procedió a evaluar el poder nutritivo de su proteína en animales monogástricos incluyendo al hombre.

En 1965 Mertz y colaboradores (19), reafirman la hipótesis del valor nutricional de maíz opaco-2 en un experimento con seis ratas, alimentadas con dos dietas diferentes: una conteniendo 90% de maíz opaco-2 y la otra 90% de maíz común. El promedio de ganancia en peso de las ratas alimentadas con maíz opaco-2 fue de 97 g en 28 días, en comparación con 27 g en las ratas testigos alimentadas con maíz común. En la Fig. 2 se describe este aumento en forma gráfica.

En 1969 Bressani y colaboradores (3), efectúan un estudio similar pero incluyendo una dieta a base de caseína, principal proteína de la leche. Los resultados de este experimento se reportan en relación a la eficiencia de la proteína consumida, esto es, ganancia en peso del animal por gramo de proteína consumida. El maíz opaco-2 presenta una eficiencia similar a la obtenida con caseína. Esto sugiere que la calidad de la proteína del maíz opaco-2 es comparable a la de la leche.

CUADRO I

Contenido de aminoácidos en endospermo de granos con gene opaco-2 y normal de la misma mazorca de maíz. (Expresado en gramos por 100 g de proteína), (18).

<u>Aminoácido</u>	<u>Endospermo</u>	
	<u>Opaco-2</u>	<u>Normal</u>
Lisina	3.39	1.00
Histidina	3.35	2.82
Amide Ammonia	3.41	3.28
Arginina	5.10	3.76
Acido aspártico	8.45	6.17
Acido Glutámico	19.13	21.30
Treonina	3.91	3.48
Serina	4.99	5.17
Prolina	9.36	9.67
Glicina	4.02	3.24
Alanina	6.99	8.13
Valina	4.98	4.68
Cistina	2.35	1.79
Metionina	2.00	2.83
Isoleucina	3.91	3.82
Leucina	11.63	14.29
Tirosina	4.71	5.26
Fenilalanina	4.96	5.29

CUADRO 2

Diferentes fracciones de proteína y su proporción en el endospermo de --  
maíz opaco-2 y maíz normal (22)

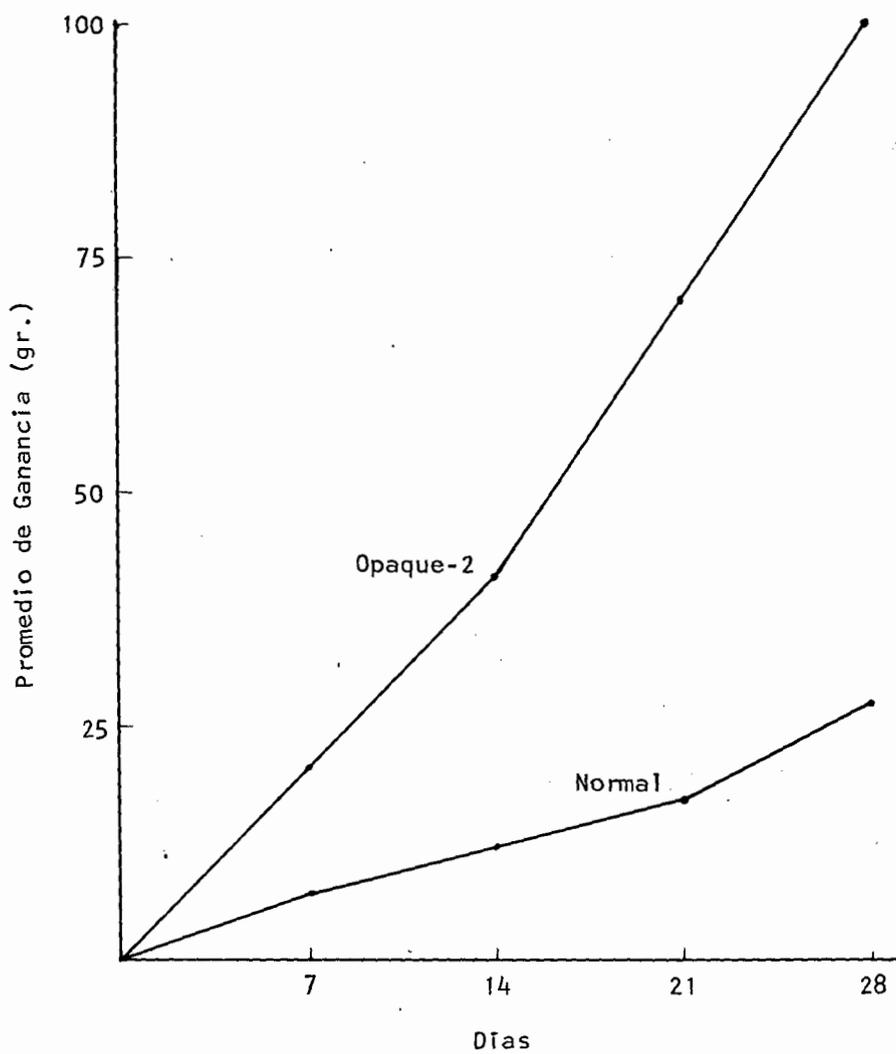
<u>Fracción de Proteína</u>	* Endospermo	
	<u>Opaco-2</u>	<u>Normal</u>
Albúminas	12.1	3.8
Globulinas	5.1	2.0
Zeína	22.9	55.1
Glutelinas	50.1	31.8

\* Los valores de los tipos de proteína se dan en  
% del total de la proteína.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

FIG. 2 Promedio de ganancia en peso de ratas alimentadas con maíz normal y - maíz opaco-2 durante 28 días (19)



( Posteriormente en el mismo año, el mismo equipo de investigadores, evalúan la calidad de la proteína del maíz opaco-2 en humanos (2), alimentando seis niños de 24 a 75 meses de edad con dietas diferentes a base de maíz opaco-2, leche y maíz normal y con ingestas de 1.8 y 1.5 g de proteína por kilogramo de peso por día. Los resultados se midieron en porcentaje de nitrógeno retenido, por ciento de digestibilidad y balance nitrogenado en base a la fuente de proteína. El maíz opaco-2 demostró tener una calidad biológica equivalente a un 90% de la proteína de la leche.)

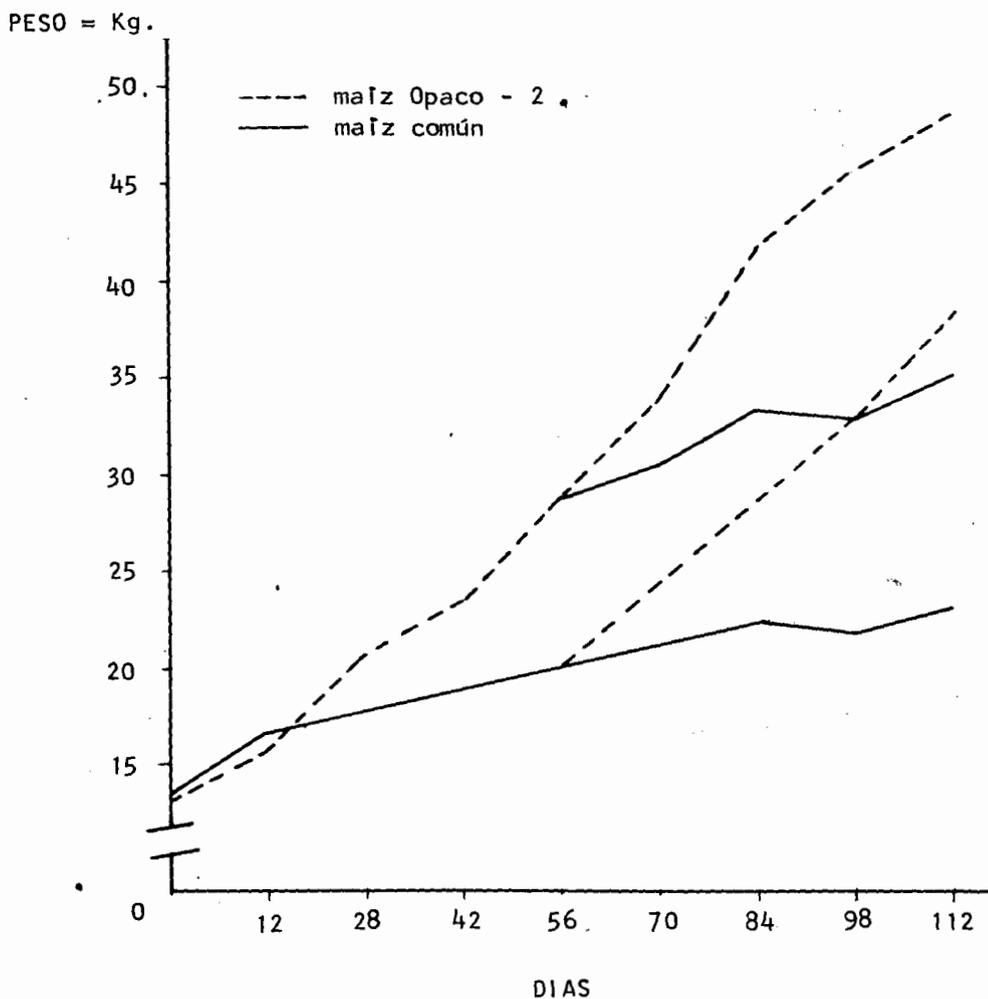
( En otro estudio de la Universidad de Purdue, (6), se encontró que se necesitan aproximadamente 250 g de maíz opaco-2 para obtener el equilibrio de nitrógeno en el organismo. Para lograr este equilibrio a base de maíz común, se necesitan de 400 a 500 g (mencionado por Bressani, 1972), (4).

( El maíz común, comparado al mismo nivel de ingesta del maíz opaco 2, demuestra un desbalance negativo de nitrógeno, lo cual infiere que no se puede utilizar maíz normal como única fuente de proteína en la alimentación de animales monogástricos, incluyendo al hombre.) En 1971, en México, Martínez y Shimada (17), evalúan la calidad del maíz opaco-2 en cerdos de menos de 15 Kg de peso, comparándola con maíz normal, alimentando dos lotes durante 112 días. A los 56 días del tratamiento, se le cambió la dieta a la mitad de cada lote, por el tipo opuesto de maíz. Los resultados se presentan en la Fig. 3.

En la Fig. 3, se puede observar que el lote de cerdos alimentados con maíz normal tuvo un peso final de 24 Kg aproximadamente, mientras que el lote alimentado con maíz opaco-2 logró un peso final de 48 kg es decir un 100% de incremento en peso final.

FIG. 3 Respuesta de ganancia en peso en cerdos a dieta de maíz opaco-2 y normal.

(17)



## 2.2 Características físicas y bioquímicas del grano de maíz opaco-2.

Para entender mejor el enfoque del mejoramiento genético del maíz opaco-2 y los efectos de ese gene en el grano, se discutirán en esta sección las características físicas y bioquímicas de las diferentes estructuras del grano.

En general, el grano de maíz consta de tres partes principales: pericarpio, embrión y endospermo.

El pericarpio es una capa fina, compuesta principalmente de celulosa que envuelve a la totalidad del grano. Su función principal es la de proteger a la semilla del ataque de hongos y bacterias, representa entre el 5 y el 15% del peso total del grano. (30). La constitución genética del pericarpio es di ploide y corresponde al tejido somático materno.

El embrión, es la parte de la semilla que dará origen a una nueva planta y está constituido por dos partes principales: eje embrionario y escutelo. El eje embrionario constituye la planta nueva propiamente dicho, y el escutelo que forma una reserva de alimentos para la plántula en crecimiento. El embrión se encuentra localizado en la base del grano, incrustado en el endosperme y protegido por el pericarpio. Ocupa de un 10 a un 14% del peso total del grano y contiene aproximadamente un 25% de proteína de calidad excelente. La constitución genética del embrión es diploide, producto de iguales dosis gené ticas de cada progenitor.

Finalmente, el endospermo ocupa cerca del 80 a 90% del total de la semilla y está constituido en su mayor parte por almidones y menores cantidades de proteína, aceites y minerales. La función principal del endospermo es la de suplir reservas de energía a la plántula en crecimiento en tanto que sus raíces se desarrollan y la planta se independiza de esta reserva. La constitu ción genética del endospermo es triploidea, producto de dos dosis gené ticas del progenitor femenino y una del masculino.

La cantidad de proteína en el endospermo es de aproximadamente 10% y en el germen de 25%. El tipo de proteína que existe en el endospermo es de baja calidad, debido a su pobre contenido en lisina y triptófano. En la Fig. 4 se aprecian estas diferencias en base al fraccionamiento de las proteínas respectivas.

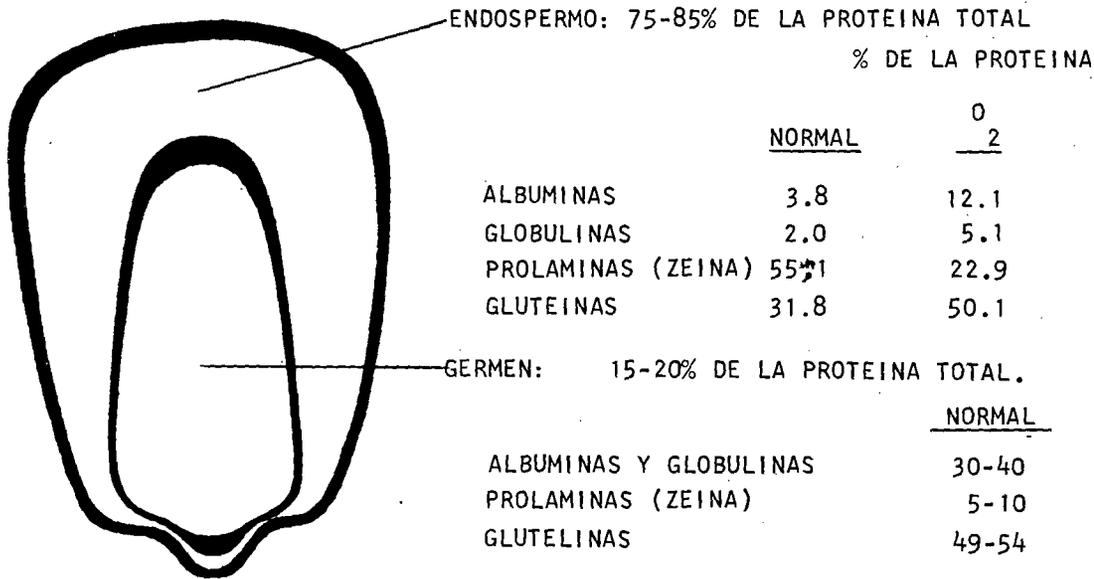
Se han reportado efectos pleiotrópicos del gene opaco-2 en aumentar el tamaño del germen (33). Investigadores de la Universidad de Purdue, informan este efecto en materiales de la faja maicera de Estados Unidos. En México, Johnson y Vasal (12), reportan un incremento promedio de 12.2% en el tamaño del germen de maíces con gene opaco-2 sobre el maíz normal, lo cual significa una contribución de 51.22% más de proteína total del grano, que es además de mejor calidad. En el Cuadro 3, se detallan estos resultados.

El cambio en las estructuras físicas del endospermo de una condición córnea a una harinosa, representa el mayor obstáculo en la aceptación comercial de este maíz por agricultores y consumidores. Este efecto ocasiona una reducción en el peso de grano estimada por Poey en maíces tropicales en 13.13% (25). La mayor susceptibilidad a hongos e insectos de almacenamiento representa otra limitación de importancia. Por último, el tipo de endospermo harinoso es diferente al considerado por el consumidor como maíz de buena calidad, que prefiere un maíz de endospermo total a parcialmente córneo.

### 2.3 Genes Modificadores de la Textura del Grano.

El problema de la apariencia opaca y la textura harinosa en el maíz opaco-2, se empieza a resolver cuando se reportan granos de fenotipos variables en mazorcas homocigóticos de maíz opaco-2. Estas variaciones consisten en modificaciones parciales de la textura harinosa a córnea, descritas primeramente por Paez y colaboradores en 1969 (23) .

FIG. 4 Fraccionamiento y distribución de las proteínas del germen y endospermo del grano maíz (27)



CUADRO 3

Contribución del germen a la proteína total del grano en diferentes variedades y compuestos de maíz (12).

<u>Variedad</u>	<u>Lugar de Origen.</u>	<u>% de Contribución</u>	
		<u>Normal</u>	<u>Opaco-2</u>
Vijay	India	10.40	19.80
Variety A <sub>3</sub>	India	13.20	20.10
Comp A <sub>2</sub>	India	10.50	25.60
J 1	Pakistán	10.90	27.70
Composite AC	México	10.40	9.80
Composite D	México	4.80	10.30
PB5	Tailandia	5.50	22.90
USAxCaribbean Composite	México	8.10	26.70
Rep. Dominicana Gpo 1	México	4.10	31.50
Usatigua	México	10.60	20.50
Iowatigua	México	18.20	21.50
Tuxp. FF	México	9.70	12.80
Campeche Gpo. 8	México	6.70	20.50
Haití Gpo. 4	México	15.40	25.80
Cuba Antibarsan	Cuba	14.12	13.95
Guerrero Gpo. 7	México	10.51	20.00
Oaxaca Gpo. 5	México	13.30	30.70
Granada Gpo. 2	México	9.50	34.30
Tamaulipas Gpo. 1	México	7.00	23.60
San Croix Gpo. 3	México	17.00	28.30
Cuba 11 J	Cuba	15.20	24.70
Veracruz Gpo. 41	México	11.50	16.00
Cuprico x Compuesto F1	Tailandia	8.21	27.10
Centralmex	Brasil	7.20	22.50
Amagaceño	Colombia	7.40	11.10
UPCA-Var 1	Filipinas	3.10	23.50
Compuesto blanco Caribe	México	10.60	24.50
UPCA-Var 2	Filipinas	9.30	29.80
B16 (Yellow)	Nigeria	10.90	27.90
Gs3	Ghana	8.80	26.00
Diacol 153	Ghana	3.90	18.80
Samaru Composite I	Nigeria	6.00	25.00
Samaru Composite II	Nigeria	6.00	22.10
Samaru Composite III	Nigeria	5.10	25.40
Comp. Grano duro	México	20.20	35.30
Población Cristalina	México	20.50	23.12
Mix. 1 Col. Gpo Ix Eto blco	México	11.50	20.40
Tuxp-P. D. (MS) Sel. Amar.	México	7.90	27.70
Gr. Amar. x Cuba 11 J	México	11.50	20.10
Nicarillo	Nicaragua	23.60	29.00
Eto Blanco	México	5.70	18.40
Cuba 11 J Eto Amar. PD(MS)6	México	8.40	9.40
Tuxpeño Cr 1	México	10.60	13.30

En la Fig. 5 se ilustra este fenotipo en comparación con fenotipo normal y opaco-2.

Paez et al reportan que en líneas S<sub>2</sub> procedentes de maíz opaco-2 con fenotipo amiláceo, aparecen dos tipos de grano, endospermo totalmente harinoso y modificado. El modificado consiste en 50% córneo en la parte superior del endospermo y harinoso en el 50% inferior. Al efectuar análisis de lisina, se encuentra que no hay diferencia en la cantidad total de dicho aminoácido entre granos opacos y granos modificados; aún más, al analizar la sección córnea del grano modificado y la sección harinosa, no hubo diferencia aparente en el contenido de lisina total.

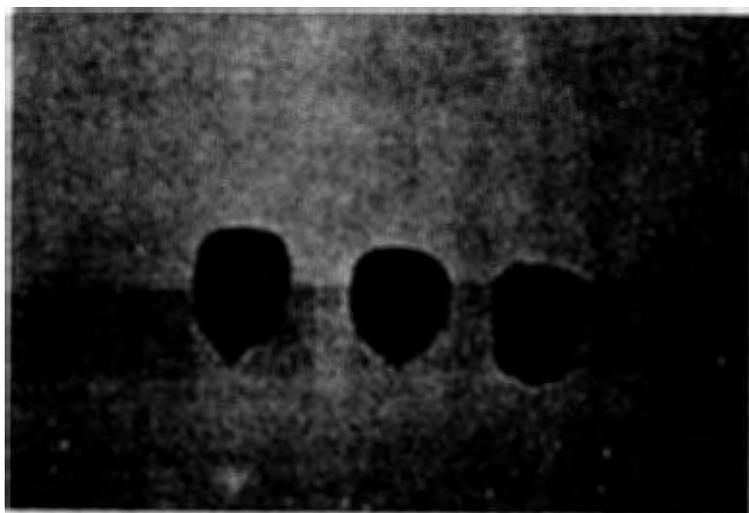
Por otro lado, se puede inferir que el peso de los fenotipos modificados sea mayor que los de apariencia harinosa, por su probable mayor densidad relativa. El contenido similar de lisina reportado sugiere similar valor nutritivo a la vez que se recupera un fenotipo aceptable por el consumidor.

Estudios posteriores reportan la existencia de genes modificadores en otros genotipos homocigotos Opaco-2. Poey y Villegas (26), además, encontraron que la cantidad de proteína total en endospermo de los granos modificados es mayor que la de granos amiláceos, aunque la cantidad de triptófano en muestra fue similar en los dos fenotipos. Desde el punto de vista genético este mismo estudio sugiere que el carácter modificado es de naturaleza cuantitativa, es decir, que depende de la acción de varios genes al igual que el rendimiento, y por lo tanto susceptible a la selección.

El mayor nivel de proteína en endospermo modificado opaco-2, se explica en base a que los genes modificadores afectan la síntesis de zeína. Parece que el mecanismo modificador limita la eficiencia de inhibir la zeína al nivel producido por el gene opaco-2, sin modificadores. Esto motiva que la cantidad de triptófano en proteína sea menor que en el fenotipo amiláceo o harinoso, aunque sigue siendo notablemente superior a la de los maíces normales. En el Cuadro 4 se describen estas tendencias.

En 1973, Poey y Villegas (29), reportan el tipo de herencia de la característica modificada en los maíces opaco-2 y su efecto en el contenido de proteína y triptófano del endospermo. Ellos concluyen que el efecto modificador es de naturaleza cuantitativa con una acción génica promedio de recesivo

FIG. 5 Granos de maíz normal (+/+), opaco-2 modificado ( $o_2/o_2$ ) y opaco-2 -  
harinoso ( $o_2/o_2$ ).



dad parcial, aunque existen también efectos aditivos y parcialmente dominantes. Se apreció también un fuerte efecto materno en la manifestación de este carácter, explicado en base a la constitución triploide del endospermo.

#### 2.4 Herencia de la Cantidad y Calidad de la Proteína.

En general, las variedades comerciales de maíz tienen bajo contenido de proteína en relación a la cantidad de almidón existente en el endospermo del grano. Esto se puede explicar como consecuencia de selección de parámetros de rendimiento asociados al tamaño y tipo de endospermo, donde indirectamente se está seleccionando hacia alto contenido de almidón, bajando proporcionalmente otros tipos de moléculas, tales como la proteína.

El clásico estudio sobre selección divergente para contenido de proteína realizado en la Universidad de Illinois, reporta después de 50 ciclos de selección familiar hasta 24% de proteína en el endospermo (38), sin embargo, el grano es pequeño y poco aceptable a nivel comercial.

Este resultado puede interpretarse como evidencia de la asociación negativa entre rendimiento y cantidad de proteína. Conviene añadir que el incremento en proteína total fue principalmente de la fracción zeína, por lo que la calidad de esa proteína fue baja.

El tipo de herencia de la cantidad de proteína dentro del endospermo, -- así como la del contenido de zeína, lisina y triptófano son de naturaleza -- cuantitativa, además de existir gran variabilidad de estas características -- en diferentes razas y líneas derivadas de un mismo origen. (27). En las Fig. 6 y 7, se presentan tablas de frecuencias del contenido de triptófano y proteína en endospermo dentro de una población de maíz opaco-2.

En resultados reportados por Nelson en 1969 (22), se observa que selecciones de cruces de familias con alto contenido de proteína, con familias de maíz opaco-2, conservan características de ambas. Es decir, se obtuvieron -- granos con alto contenido de proteína y calidad similar que en granos con el gene opaco-2. En el Cuadro 5, se describen estos resultados.

Estos datos sugieren mecanismos hereditarios independientes en la determinación de cantidad total de proteína y lisina (30).

CUADRO 4.

Valores de proteínas y triptófano en el endospermo total y en fracciones harinosas y córneas del endospermo, en seis líneas de maíz opaco-2 de fenotipo modificado. (12).

	% de Proteína			% de Triptófano en Muestra			% de Triptófano en Proteína		
	Endosp. <u>Total</u>	Fracción <u>Harinosa</u>	Fracción <u>Córnea</u>	Endosp. <u>Total</u>	Fracción <u>Harinosa</u>	Fracción <u>Córnea</u>	Endosp. <u>Total</u>	Fracción <u>Harinosa</u>	Fracción <u>Córnea</u>
P D (MS) 6-Gr. Amar.- # 6-1-#	12.53	9.99	12.96	.095	.092	.083	0.76	0.93	0.64
154-6 Cat.IV 152-1 Cat.1a (iii)-3-#	10.47	9.05	11.59	.086	.098	.080	0.82	1.08	0.69
P D (MS)6-Eto-Cuba-Pob. Crist.#1 (A)-1-#-#	9.88	7.69	9.99	.070	.064	.064	0.70	0.83	0.63
P D (MS)6-Eto-Cuba-Pob. Crist.#1-#1-#-#	8.75	9.13	8.49	.076	.077	.066	0.87	0.83	0.77
Pob.Crist.#1-#-#-# (163-6 Cat.1b-1-#IX	9.13	8.43	10.21	.069	.061	.057	0.75	0.72	0.55
P D (MS)6-Gr.Amar)-#-#	10.93	11.25	11.57	.083	.097	.073	0.76	0.86	0.63

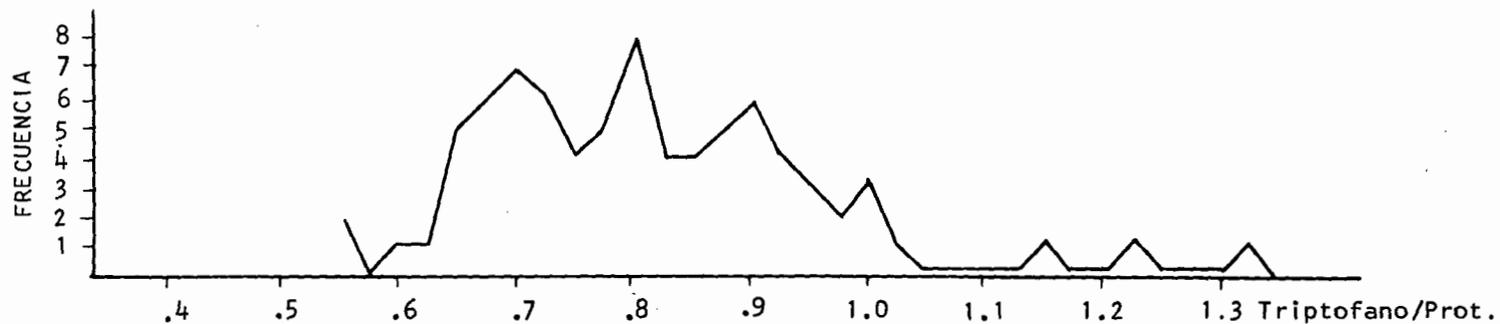
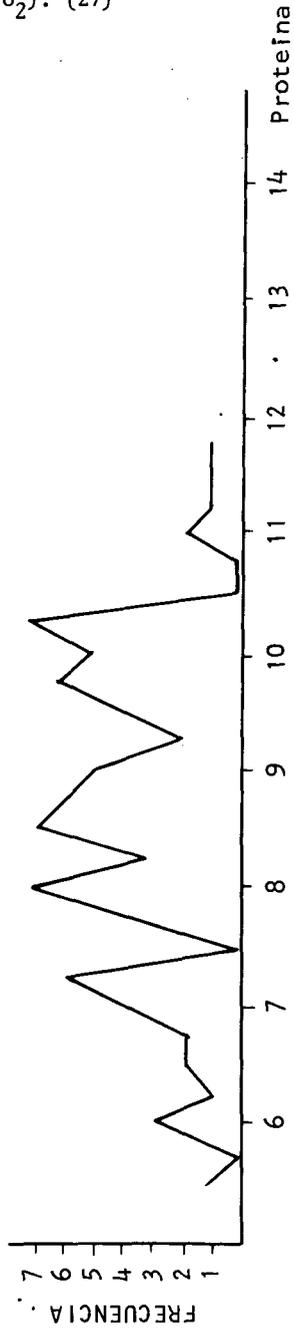


Fig. 6 Frecuencias de porcentajes de triptófano en la proteína del endospermo de 80 muestras de maíz Opaco-2 (o /o ).  
 ( 27 ) 2 2

FIG. 7 Frecuencias de porcentajes de proteína en endospermo de muestras de -  
maíz opaco-2 ( $o_2/o_2$ ). (27)



CUADRO 5

Contenido total de proteína, y lisina en proteína de endospermo, de selecciones opaco-2 de Illinois High Protein (21)

Illinois High Protein:	% de Proteína	% de Lisina en proteína
Normal	20.4	1.3
Opaco-2	17.4	3.6
Maíz Opaco-2	7.9	3.6

En cuanto a la determinación de los parámetros del valor nutritivo, destacan los métodos químicos utilizados y/o elaborados por el Centro Internacional del Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), los cuales se encuentran publicados en su boletín No. 20. (35).

Para proteína total se describe el método de Microkjeldal para determinación de nitrógeno.

## 2.5 Selección Masal.

Puede decirse que el método de selección masal en maíz fue usado en forma rudimentaria y tal vez inconscientemente desde hace 7000 años, (37) cuando el hombre empieza a domesticar el maíz silvestre para su provecho. Esta práctica consistía en recolectar las mazorcas que se lograban en los campos mezclando el grano hasta que llegaron a domesticar la forma silvestre de esta gramínea. Esta domesticación determinó su dependencia del hombre a tal grado de no poder subsistir en la naturaleza en forma silvestre.

Se puede suponer, que, una vez domesticado, se empieza a seleccionar masalmente mazorcas con determinadas características, tales como forma y longitud, color del grano y otras características de la planta.

Sin embargo, la práctica de mezclar la semilla seleccionada en base a la mazorca y no a la planta, no permite separar los efectos del medio ambiente de los genotípicos. Esto ocasiona que el comportamiento de dichas variedades no sea estable genéticamente resultando que la selección de características cuantitativas no es eficiente.

En 1955 Sprague (32), menciona que el método de selección masal es ineficaz para mejorar el rendimiento de variedades de maíz, debido a:

- a) Falta de información de las características del padre y
- b) a la variación de fertilidad en el suelo.

Otros investigadores (24), (1), reportan que la selección masal no ha sido eficaz para aumentar el rendimiento de una variedad adaptada debido a:

- a) la ineptitud del fitomejorador para identificar genotipos superiores por el fenotipo externo de la planta madre,

- b) a la polinización no controlada, de tal manera que las mazorcas seleccionadas pudieran ser fecundadas por polen de plantas superiores o inferiores y
- c) cuando se aplica presión de selección a determinada característica de la planta, se reduce el tamaño de la población y consecuentemente la frecuencia génica, lo que conduce a la endogamia.

Los reportes anteriores sugirieron que el método de selección masal no era efectivo para incrementar el rendimiento en poblaciones de maíz, pero si características tales como prolificidad, altura de planta y mazorca, de tal manera que no se consideró de mucha importancia por un período largo de tiempo.

En 1956, sin embargo Lonnquist y McGill (13) demostraron que era posible elevar el rendimiento mediante la selección masal en campos aislados de variedades sintéticas con un número de plantas entre 5,000 y 10,000. Al momento de la cosecha se seleccionaban las mejores 150-200 plantas y la semilla de las mazorcas escogidas se mezclaban y se utilizaban como material básico para el próximo ciclo de selección y prueba de rendimiento. Las ganancias en peso que reporta al final de la selección fue de 14% en promedio.

En 1961, Gardner (10) reporta un trabajo de selección masal en el cual el primer ciclo de selección se cosechó el 10% de las mejores plantas del lote considerando el rendimiento como criterio principal de selección y acame y enfermedades, como características secundarias. Sin embargo, en ciclos posteriores se modifica el método masal, estratificando el lote de selección en pequeñas áreas de 40 plantas y seleccionando el 10% de las mejores plantas del estrato en base a rendimiento y los criterios antes mencionados. Por otra parte, se seleccionaron plantas con competencia completa, es decir plantas que se desarrollaron en presencia de plantas vecinas, a los lados y en surcos laterales. Dicha estratificación y selección, trata de eliminar la variación ambiental existente, dando oportunidad a seleccionar genotipos superiores manifestados en el fenotipo.

Después de cuatro ciclos de selección masal se obtuvieron incrementos de rendimiento hasta de 22.8% comparado con la variedad original. En la Fig. 8- se describen estos incrementos.

Estos resultados sugieren que el método de selección masal, llevado racionalmente, actúa eficientemente en el incremento del rendimiento en variedades de polinización abierta.

Al determinar el por ciento de humedad en el grano seleccionado masalmente se obtuvieron incrementos de hasta 7.9% comparados con la población original. Este incremento de humedad del grano a la cosecha está correlacionado positivamente al período vegetativo de la población, lo que indica que si se utiliza el criterio de rendimiento como parametro principal de selección, se termina con variedades de período vegetativo largo, característica indeseable en la mayor parte de las zonas de tempora. Por otra parte, Gardner reporta que la fracción aditiva de la varianza genotípica de la variedad trabajada no parece haber sido reducida por los 4 ciclos de selección masal.

Utilizando metodología similar a la anterior se han reportado trabajos de selección masal en diferentes variedades con ganancias hasta de 11% en cada ciclo. (11)

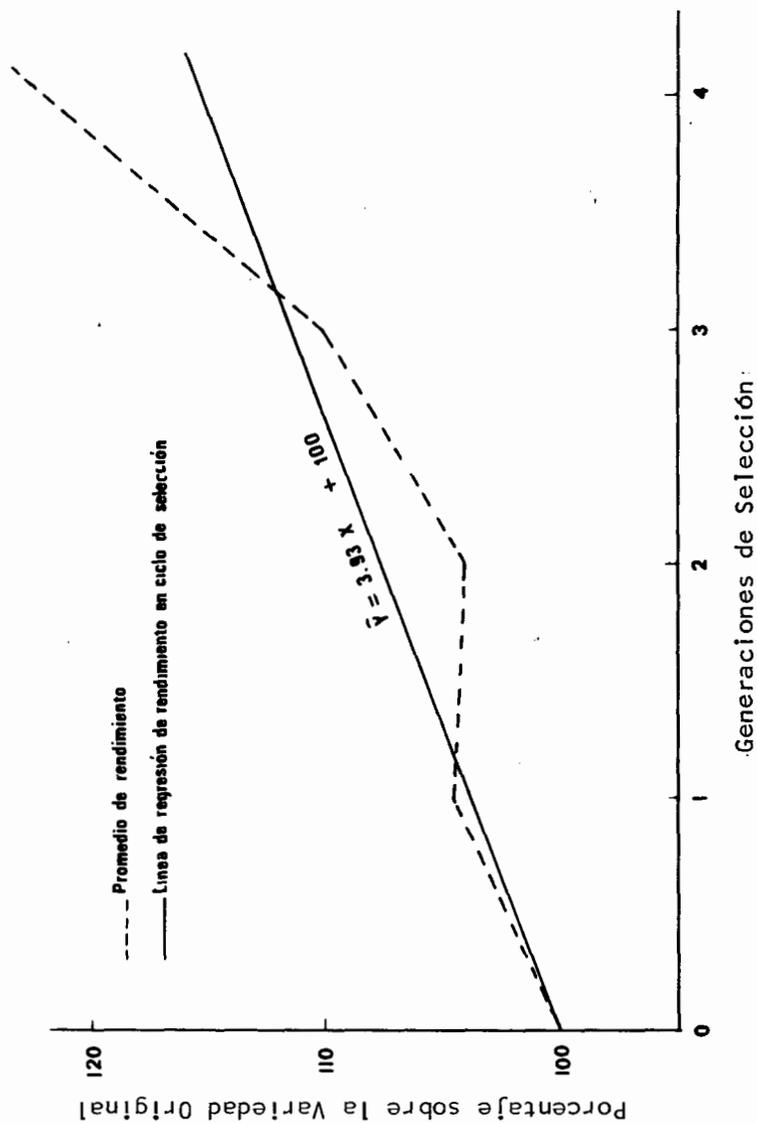
La base genética del método de selección masal estriba en la selección de características visuales con efectos aditivos. Analizando este concepto se observa que dicho método explota principalmente la fracción de varianza genotípica de aditividad, quedando en forma aleatoria las fracciones de dominancia, sobredominancia, y epistasis cuando se mantienen poblaciones adecuadas.

Robinson y colaboradores en 1949 (31), efectuaron un estudio para evaluar la variación genética en variedades de polinización abierta en maíz reportando una cantidad considerable de varianza genética aditiva para rendimiento de grano. La varianza de dominancia fue menor a la aditiva tanto para rendimiento como para otras características estudiadas.

En general cualquier población con varianza genotípica contiene los tipos aditivos y no aditivos de variación, de tal manera que mediante algún sistema de mejoramiento se puede explotar dichas fracciones genéticas en favor del incremento en rendimiento y mejoras de diferentes características tanto bioquímicas como agronómicas.

Analizando un poco más la varianza aditiva, Falconer (19) indica que "es la fracción más importante, debido a que es la causa principal del pare-

FIG. 8 Respuesta del rendimiento de maíz al método de selección masal después de cuatro ciclos de selección. (10)



cido entre parientes y por lo tanto la principal determinante de las propiedades genéticas observables de la población y de la respuesta de ésta a la selección. Más aún, es la única componente que puede ser estimada directamente a partir de las observaciones hechas en la población".

De acuerdo a lo anterior la selección masal se basa en la colecta de fenotipos superiores, con la esperanza de que su progenie sea parecida a ellos en las características señaladas. Sin embargo, dicha selección es lenta debido a que las características son de origen cuantitativo, de tal manera -- que, se requiere de varios ciclos para acumular en una sola población una gran frecuencia de genotipos superiores.

El problema principal que se plantea al método de selección masal es el de la variación ambiental, principalmente la heterogeneidad del suelo, en -- cuanto a fertilidad y propiedades físicas del lote donde se hace la selección.

Aparte del método estratificado sugerido por Gardner y Lonquist, ya -- mencionado, Molina en (16), sugiere la selección de las mejores plantas en base a rendimientos ajustados, considerando la media de rendimiento del total de las plantas del lote y la media de cada estrato o sublote.

El objetivo de este método es el de eliminar la componente ambiental -- ( $V_a$ ) y la interacción genotipo ambiente ( $v_{ga}$ ) de la varianza fenotípica -

$$v_f = v_g + v_a + v_{ga}$$

Otra de las características del método de selección masal, es que conserva dentro de una población, su variabilidad genética, ya que la fecundación cruzada es libre y completamente al azar, lo que permite la recombinación génica en su mayor expresión y evita el fenómeno de la endogamia. ✓

Posteriores modificaciones al método fueron hechas por diferentes investigadores, una de los cuales fue el método llamado surco por mazorca o selección familiar que se discutirá en el capítulo siguiente.

## 2.6 Selección Familiar.

El método de selección familiar o surco por mazorca fue iniciado en --- 1896 en la estación Illinois (32), consiste en la selección de mazorcas individuales con los mejores fenotipos y la siembra de éstas en surcos por separado, con el objeto de poder observar el comportamiento de cada familia - de medios hermanos (una madre común y diferentes padres).

Otro aspecto importante en la selección familiar es la prueba de proge-nie, evaluación que no se efectúa en la selección masal y por lo tanto ofrece mayor información de cada familia seleccionada.

El método de surco por mazorca fue utilizado para seleccionar caracte-rísticas bioquímicas, tales como por ciento de aceite y proteína en el grano. El trabajo clásico en este campo es el de la Universidad de Illinois, donde Woodworth y colaboradores (38) reportan la efectividad del método durante - 50 ciclos para separar linajes de altos y bajos niveles de aceite y proteína - en el grano de la variedad de maíz Burr White. En el Cuadro 6 se observan - estos resultados.

Los primeros 28 ciclos de selección fueron mediante el método surco por mazorcas y en los restantes ciclos se utilizó el método de selección masal - con polinización controlada dentro de cada linaje.

Posteriormente el método se aplicó a diferentes características de la - planta de maíz, tales como altura de planta y mazorca, etc. con resultados - positivos en la selección.

Sin embargo, cuando el método fue aplicado para mejorar el rendimiento - de variedades, los resultados obtenidos fueron negativos ya que las variedades seleccionadas no superaban a la original. Por ejemplo en el Cuadro 7 se describen resultados obtenidos en Nebraska.

CUADRO 6

Efecto de 50 generaciones de selección divergente para contenido de aceite-  
y proteínas en linajes de maíz en Illinois (38).

<u>Año</u>	<u>Generación</u>	<u>Aceite Alto % Aceite</u>	<u>Aceite Bajo % Aceite</u>	<u>Proteína Alta % Proteína</u>	<u>Proteína Baja % Proteína</u>
1896	0	4.70	4.70	10.92	10.92
1901	5	6.24	3.45	13.78	9.63
1906	10	7.38	2.67	14.26	8.65
1911	15	7.52	2.06	13.79	7.90
1916	20	8.51	2.07	15.66	8.68
1921	25	9.94	1.71	16.66	9.14
1926	30	10.21	1.44	18.16	6.50
1931	35	11.80	1.23	20.14	7.12
1936	40	10.16	1.24	22.92	7.99
1941	45	13.73	1.02	17.76	5.79
1949	50	15.36	1.01	19.45	4.91

CUADRO 7

Efecto del mejoramiento mediante surco por mazorca en el maíz amarillo-Hogue respecto a rendimiento en Nebraska (24)

Variedad y Línea	Rendimiento Promedio 1911-1917
Var. Original Hogue Yellow Dent	3410.30 Kg/ha
Selección continuada de surco por mazorca después de 1903	3391.23 Kg/ha

La crítica que tuvo el método de selección familiar por no incrementar el rendimiento en variedades de maíz, fue que al separar familias generación --- tras generación dentro de una población se disminuye la variabilidad, tendiendo a la endogamia estrecha y en consecuencia con un alto grado de homocigosis. Este efecto reduce el rendimiento

Otro aspecto importante que se hizo notar (32) fue que se utilizaba un -- surco representativo de cada familia, lo cual aumenta aún más el coeficiente de endogamia y que "el método de surco por mazorca se desacreditó en la selección para rendimiento, no por sus limitaciones genéticas, sino debido a una - inadecuada técnica experimental en el campo"

En 1964 Lonquist (14) presenta una modificación al método de selección - surco por mazorca. Esencialmente el método consiste en seleccionar entre familias y dentro de familias de medios hermanos:

La selección entre familias se basa en escoger las mejores en base a su - promedio en tres localidades diferentes, y la selección de plantas dentro de - familias se efectúa en una sola localidad, dentro de un lote aislado. ↙

Este método permite acumular rápidamente complejos de genes favorables -- para rendimiento y efectos aditivos con poca probabilidad de endogamia, debido a que en el lote aislado, se utilizan las familias seleccionadas como hembras, desespigándose al momento de la floración. Como macho se utiliza un compuesto balanceado de todas las familias, con oportunidad de seleccionar las - mejores plantas, desespigando las que no se desean.

Los resultados de ganancia en rendimiento por ciclo fueron de 9.44% comparados con la variedad original. En publicación anterior (10) y en la misma población, utilizando el método de selección masal modificada, obtiene ganancia de 3.9% en cada ciclo. ↙

Finalmente Webel y Lonquist (36) concluyen que "el método de surco por - mazorca modificado puede utilizarse para obtener incrementos rápidos en la -- frecuencia de genes favorables para la obtención de líneas puras. Además se - puede utilizar este método después de alguna reducción en la varianza genética aditiva de la variedad como consecuencia de la selección masal. Y cuando - se necesite de una medida genotípica más precisa".

### 3. PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS

En el presente trabajo se aplica un sistema de mejoramiento jerarquizado para rendimiento de grano y valores de calidad y cantidad de proteínas en una población de maíz opaco-2.

A continuación se plantea la hipótesis en la cual se fundamenta dicho sistema.

"Es factible mejorar genéticamente la capacidad de rendimiento de peso de grano, calidad y cantidad de proteína y la apariencia o textura del endospermo en poblaciones de libre polinización de maíz con gene opaco-2".

Los conceptos más importantes en los cuales se fundamenta esta hipótesis se discutirán por separado.

- a) Variación genética aditiva. Cuando el fenotipo está determinado por efectos génicos de naturaleza cuantitativa y existe variabilidad dentro de ellos, la media de la población puede ser desviada por selección a cualquier extremo que se desee.

Se han presentado en la sección 2.5 evidencias que sugieren que variedades de maíz de libre polinización, contiene dentro de su variación genotípica, dos fracciones importantes para rendimiento, la aditiva y la no aditiva siendo la primera la que capitaliza mejor el método de selección masal.

La cantidad de aminoácidos esenciales también está sujeta a la variación aditiva. Este tipo de acción génica persiste aún después de incorporado el gene opaco-2 en las poblaciones utilizadas.

- b) Peso de grano vs. calidad y cantidad de proteína. La aparente correlación negativa entre cantidad de proteína y cantidad de carbohidratos -- que determina en forma principal el rendimiento de grano, se puede romper mediante su selección jerarquizada. La utilización de tamaños de poblaciones adecuadas deben permitir la selección de ambos criterios llevando control de niveles mínimos en ambos.

- c) Modificación del Endospermo. Existen genes modificadores en poblaciones de maíz opaco-2, cuyo efecto es el de cambiar la textura amilacea a córnea. El tipo de herencia de estos genes es cuantitativa y susceptibles a la selección.

#### 4. OBJETIVOS.

El principal objetivo de este estudio, es el de lograr mediante la aplicación de los métodos de selección masal y familiar a una población de maíz-opaco-2, el mejoramiento del rendimiento y valor nutritivo.

Otro objetivo de este estudio es formar un compuesto mejorado que pueda aprovecharse para utilización comercial y base para otros ciclos de mejoramiento.

## 5. MATERIALES Y METODOS.

El desarrollo del trabajo de campo, materiales y el lugar donde se efectuó la selección serán descritos en las siguientes tres secciones:

### 5.1 Habitat de Selección.

\*El trabajo de campo consistió en dos ciclos de selección, desarrollados en la Huerta, Jalisco, situado a una altura sobre el nivel del mar de 500 -- mts. y una latitud 19°28' N, y longitud 104°38'. En la Fig. 9 se puede localizar esta zona.

El clima dominante de la región es del tipo (AW) según la clasificación de Koppen, Tropical (Sabana), con temperatura media de 18°C y un promedio de precipitación anual mayor a 750 mm, de invierno seco.

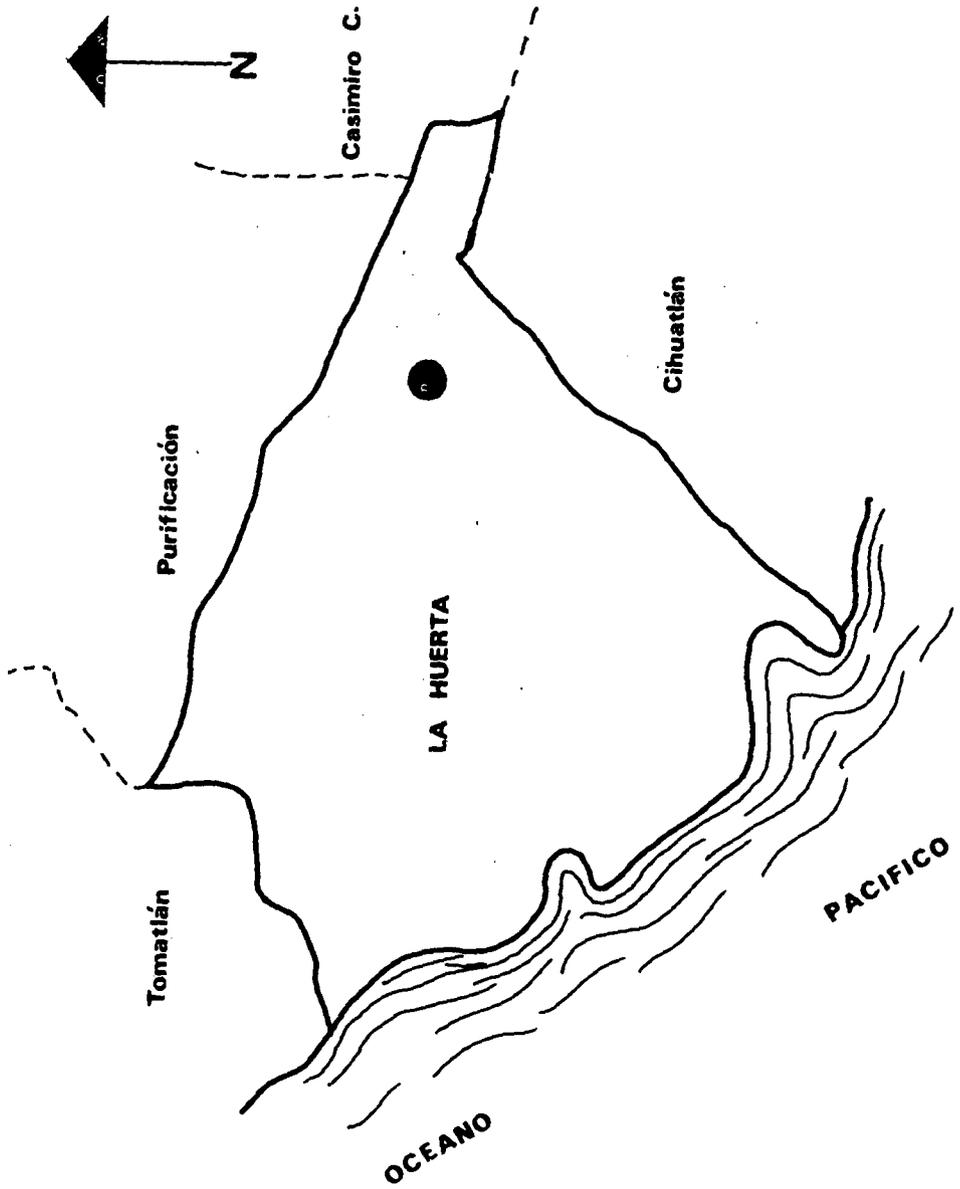
\*El primer ciclo de selección fue sembrado en el campo experimental "Costa de Jalisco" del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), - en el mes de diciembre de 1973, bajo condiciones de riego. Se aplicó fertilizante de fórmula 60-40-0 en la siembra y 60-0-0 en la segunda escarda. La -- densidad de población fue de cuarenta mil plantas por hectárea.\*

\*La decisión de aplicar la fórmula de fertilización y densidad anteriores fue hecha en base al supuesto de que altos niveles de nitrógeno elevan el -- contenido de protefina en el endospermo del grano de maíz, y altas densidades de población la afectan bajando el contenido de ella. Por esta razón se trató de mantener esos niveles ambientales en proporciones lo menos drásticas - posibles. El segundo ciclo de selección y evaluación se efectuó en el temporal de 1974, en el campo experimental "La Huerta", de la Escuela de Agricultura, Universidad de Guadalajara, situado en la misma zona, en el mes de mayo, con la misma fertilización y con una densidad de población de 46,500 --- plantas por hectárea. Las plagas y labores culturales se controlaron según - la forma recomendada para la región.\*

### 5.2 Origen y Descripción de Material Genético.

\*El material utilizado fue la variedad denominada \*  
(Ver 181 x Ant Gpo-2) Ven 1 (O<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>) \*

FIG. 9 Mapa de localización de la Huerta, Jal.



proporcionada en 1972 por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

\* La población es una generación avanzada de una cruce intervarietal fundada a partir de tres materiales: \*

El Ver 181, (Veracruz 181) es de origen tropical colectado a 80 m sobre el nivel del mar en Tihatlán, Veracruz por el Ing. José Jiménez en Julio de 1959. (\*)

El Ant Gpo 2 (Antigua Grupo-2) compuesto tropical del caribe, desarrollado a partir de seis variedades (ant-1 D, ant-2 D, ant-3D, ant-6 D, ant 7 D, y -- ant-8 D), colectadas por Pablo E. Daza en la Isla de Antigua de las Antillas Menores en noviembre de 1959.

El Ven 1, (Venezuela 1) es una variedad mejorada, tipo flint, desarrollada en Maracay, Venezuela por el Dr. David Langham, en 1940-1942.

\* Los tres materiales anteriores fueron recombinados posteriormente en --- CIMMYT para formar la actual variedad de maíz. \*

Inicialmente, se cruzó la variedad (Ver 181) por (Ant Gpo-2), formando la cruce (Ver 181 x Ant Gpo-2). En evaluaciones promedio de 30 localidades de diferentes países demostró una capacidad de rendimiento de 3,289 Kg/ha. en su versión opaco-2. La variedad (Ven 1) opaco-2, por sí sola en los mismos experimentos, rindió 3,486 Kg./ha., 197 Kg. más que la cruce anterior.

Finalmente se cruzó (Ven 1) con la cruce intervarietal anterior y se formó la (Ver 181 x Ant Gpo-2) Ven 1 en versión opaco-2 con segregación de genes modificadores para la textura del grano. Los fenotipos modificados aparecieron en la población, permitiendo selección hacia ese carácter. En experimentos posteriores dicha variedad demostró capacidad de rendimiento de 3,900 5,000 kg./ha. en cuatro localidades de la república, una de altura, dos de transición y una tropical.

\* El CIMMYT describe la variedad con buen potencial de rendimiento. Regularmente tolerante a enfermedades foliares comunes. Para el Trópico bajo y Sub Trópico. Es de grano amarillo, semicristalino, de madurez y altura intermedias. Los valores de proteína triptófano y lisina en proteína de grano completo para la versión opaco-2 modificada son 9.7%, 0.9% y 4.7% respectiva

(\*) Comunicación personal del Dr. Mario Gutiérrez del CIMMYT.

mente. (5) En cuanto a calidad y cantidad de proteína en la variedad seleccionada se presenta a continuación un estudio hecho en CIMMYT 1972.

En el Cuadro 8 se dan los porcentos de proteína y triptófano en la proteína del endospermo de diferentes categorías de granos modificados opaco-2 (o<sub>2</sub>/o<sub>2</sub>).

En Cuadro 9 se presentan las fracciones de proteína en muestra de endospermo de maíz normal (+/+), opaco-2 (o<sub>2</sub>/o<sub>2</sub>) y opaco-2 modificado (o<sub>2</sub>/o<sub>2</sub>).

En el Cuadro 10 se describe el contenido de proteína, lisina y triptófano en grano completo de opaco-2 y opaco-2 modificado.

En el Cuadro 8 se puede observar un incremento en la cantidad de proteína en el endospermo cuando se analizan granos de apariencia harinosa (8.71%) y granos de apariencia más o menos normal (9.04%) debido a los genes modificadores. Este incremento está correlacionado a una pérdida en la calidad de la proteína representada por la baja de triptófano de (0.75% a 0.63%), sin embargo, la cantidad de triptófano en el maíz opaco modificado, es mayor comparada que la del maíz normal (0.37%).

En el Cuadro 9, se observa el incremento de fracciones ácido solubles y glutelinas en la muestra de endospermo de maíz opaco, y la disminución en el maíz modificado. Sin embargo, la cantidad registrada en la muestra modificada sigue siendo mayor que la del maíz normal.

En el Cuadro 10 se compara la cantidad y calidad de proteína en el grano completo en la versión harinosa y modificada. Considerando el germen en estas comparaciones, la calidad de ambos tipos de endospermo es igual.

### 5.3 Descripción del Sistema de Mejoramiento.

Para satisfacer las hipótesis planteadas en el capítulo 3, se necesita de la aplicación de uno o varios métodos de mejoramiento que aprovechen las fracciones de varianza genética para rendimiento, calidad y cantidad de proteína y otras características a seleccionar.

En 1972 Poey (28) propone un método de selección para mejoramiento integral de maíz, en donde se pretende mejorar rendimiento de grano a la vez que se mejora la calidad y cantidad de proteína. En general el método se basa en

CUADRO 8

Porcentaje de proteína y triptófano en la proteína del endospermo de diferentes categorías de granos modificados de opaco-2. (5)

	<u>% de</u> <u>Proteína</u>	<u>% de</u> <u>Triptófano</u>	<u>Categoría</u>
(Ver 181 x Ant Gpo-2) Ven I	9.04	0.63	1
	8.72	0.63	2
	9.06	0.70	3
	8.90	0.74	4
	8.71	0.75	5

- 1.- Prácticamente normal
- 2.- 75% translúcido, 25% opaco.
- 3.- 50% translúcido, 50% opaco.
- 4.- 25% translúcido, 75% opaco.
- 5.- 0% translúcido, 100 opaco.

CUADRO 9

Fracciones de Proteína en muestras de endospermo de maíz normal, opaco-2 y opaco-2 modificado. (5)

% de fracciones de Proteína en el Endospermo

Tipo de <u>Muestra</u>	Acido Soluble		Zeina		Glutelinas	
	<u>Real</u>	<u>% del Normal</u>	<u>Real</u>	<u>% del Normal</u>	<u>Real</u>	<u>% del Normal</u>
(Ver 181 x Ant Gpo-2) Ven I Normal	27.0	100.0	4.23	100.00	19.8	100.00
Opaco	39.7	147.0	24.2	57.2	31.3	158.1
Modificado	35.0	129.6	26.3	62.2	29.3	148.0

CUADRO 10

Contenido de proteína, lisina y triptófano en el grano entero de opaco-2 y opaco-2 modificado. (5).

	<u>Fenotipo</u>	<u>% de Proteína</u>	<u>% de Triptófano en la Proteína</u>	<u>% de Lisina en la Proteína</u>
(Ver 181 x Ant Gpo-2) Ven I	Opaco	9.88	0.97	4.71
	Modificado	9.69	0.97	4.72

la selección jerarquizada de peso, cantidad de triptófano y cantidad de proteína en generaciones sucesivas de selección masal y familiar.\*

\* La selección masal se utiliza como medio contra la endogamia y a la vez como fuente de nuevas familias para el segundo ciclo de selección. La selección familiar pretende detectar las mejores familias en rendimiento, calidad y cantidad de proteína. \*

La calidad de la proteína se mide por el porcentaje de triptófano en la muestra analizada por considerarse que el porcentaje de triptófano en la proteína es un criterio menos heredable.

Los análisis bioquímicos para determinar el porcentaje de triptófano se efectúan por el método desarrollado en el CIMMYT (35) y la cantidad de proteína se determina por la cantidad de nitrógeno en la muestra, detectado por micro Kjeldahl.

Finalmente, Poey propone que la población que se desea mejorar, sea homocigótica para el gene opaco-2 ( $o_2/o_2$ ).

El sistema de mejoramiento desarrollado en el presente trabajo se deriva del esquema anterior con algunas modificaciones.

### 5.3.1 Lote de aumento del material original.

El material genético que se utilizó en el trabajo de investigación fue proporcionado por el CIMMYT en 1972, consistiendo ésta en medio kilogramo de la variedad (Ver 181 x Ant Gpo-2) Ven I. En el ciclo de temporal del mismo año, se sembró un lote de aumento de 400 plantas en el campo experimental de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, en los Belenes, Zapopan. Al momento de la floración se realizaron cruza fraternal en ausencia de selección.

En la cosecha se seleccionaron las mazorcas más homogéneas en color y con índice de modificado más alto; se desgranó, y se mezcló el grano de todas las mazorcas así seleccionadas para formar la población original.

### 5.3.2 Lote de Selección Masal.

El primer ciclo de selección dentro del sistema de mejoramiento corresponde a un lote de selección masal moderna o estratificada, según propone Gardner (10).

Se sembró un lote de cinco mil plantas en cuarente surcos de cuarenta metros de largo separados por 80 cm. con bordo de protección en la periferia, de la variedad (Ver 181 x Ant Gpo-2) Ven I, en versión opaco-2 modificada. En el momento de la cosecha se estratificó en sublotes de cuatro surcos de cuatro metros de largo cada uno, resultando un total de cien. A cada sublote se le dió un número clave para identificación, a partir del 0101 al 1010, indicando los dos primeros dígitos la posición de la columna que ocupa dentro del lote y los otros dos dígitos, la fila donde se encontraba. Ver Fig. 10

Ejemplo:

número de fila	número de fila
$\overline{01} \overline{01}$	$\overline{10} \overline{10}$
número de columna	número de columna

Se procedió a seleccionar un diez por ciento de la población total de la forma siguiente: Dentro de cada sublote, se seleccionaron las cinco mejores mazorcas en base a rendimientos como criterio principal estimado objetivamente. El segundo criterio de selección fue el fenotipo modificado y finalmente la arquitectura de la planta.

Esta selección jerarquizada pretende romper las correlaciones positivas entre rendimiento y altura de planta y puesto que la altura de planta está asociada a maduración tardía, la selección trata de lograr la obtención de variedades rendidoras, pero con altura de planta y madurez aceptables.

De esta manera se obtuvieron quinientas mazorcas o familias de medios hermanos identificados con la clave del sublote y el número de mazorca (del 1 al 5), de tal manera que la tercera mazorca cosechada en la segunda columna y cuarta fila se identificó como 0204-3 y así sucesivamente hasta llegar al 1010-5.

FIG. 10 Esquema de subdivisión de un lote de selección masal moderna o estratificada.

0110	0210	0310	0410	0510	0610	0710	0810	0910	1010
0109	0209	0309	0409	0509	0609	0709	0809	0909	1009
0108	0208	0308	0408	0508	0608	0708	0808	0908	1008
0107	0207	0307	0407	0507	0607	0707	0807	0907	1007
0106	0206	0306	0406	0506	0606	0706	0806	0906	1006
0105	0205	0305	0405	0505	0605	0705	0805	0905	1005
0104	0204	0304	0404	0504	0604	0704	0804	0904	1004
0103	0203	0303	0403	0503	0603	0703	0803	0903	1003
0102	0202	0302	0402	0502	0602	0702	0802	0902	1002
0101	0201	0301	0401	0501	0601	0701	0801	0901	1001

### 5.3.3 Selección para triptófano en endospermo.

El siguiente paso dentro del esquema general de trabajo es la selección para alto triptófano en muestra de endospermo. Las familias de medios hermanos seleccionadas en base a rendimiento dentro del lote de selección masal se someten a análisis bioquímicos para determinar el triptófano en muestra de endospermo como medida de calidad biológica de la proteína.

Se puede determinar la lisina en vez del triptófano, sin embargo, se prefiere este último por ser más sencilla su determinación, además de estar altamente correlacionada con la cantidad de lisina en el endospermo.

Se sugiere una presión de selección bastante baja al escoger las familias con más alto contenido de triptófano para evitar un alto coeficiente de endogamia al recombinar las familias y además para mantener la variabilidad de contenido de proteína total en el endospermo. Un análisis de alto triptófano en muestra representa un endospermo con proteína de alto contenido de triptófano, o con gran cantidad de proteína aunque sea de bajo triptófano. Es decir, que los criterios de calidad y cantidad de proteína se seleccionan sin separarse, ya que conviene mantener variabilidad en ambos criterios expresamente durante los primeros ciclos de mejoramiento.

En el plan de trabajo inicial de el presente estudio, se pensó en aplicar un 40% de presión de selección para triptófano en muestra, para terminar con 200 familias o 4% seleccionadas en base a rendimiento y triptófano en el endospermo. Para el ciclo de selección familiar, sin embargo, se presentó el problema de la falta de facilidades para efectuar los análisis de triptófano.

Se trató de aplicar el método rápido para determinar calidad de proteína propuesto por Mertz (20), en base a la reacción de aminoácidos libres en el endospermo de grano con el reactivo Ninhidrina. Una evaluación previa de este método demostró que solamente separa genotipos opaco-2 con fenotipo harinoso de genotipos sin el gene mutante, pero dentro de materiales opaco-2 modificados no es efectiva la separación para calificar la calidad de la proteína en endospermo (34).

### \* 5.3.4 Selección familiar.

Las quinientas familias escogidas dentro del lote de selección masal pa-

saron al segundo ciclo del sistema de mejoramiento o selección de los materiales en ensayos de rendimiento.

Las 500 familias de medios hermanos se dividieron en dos grupos de 250 cada uno y se agregaron 6 variedades testigo, 5 en versión opaco-2 ( $o_2/o_2$ ) y -- una normal (+/+). Esta última se desepigó en el momento de la floración para evitar contaminaciones.

Se formaron dos latices simples 16 x 16 con dos repeticiones cada uno y se sembraron en la época de temporal de 1974, en la Huerta, Jal. Inicialmente fueron 4 repeticiones de cada látice, las otras dos se sembraron en Poza Rica, Ver. Estas últimas repeticiones se perdieron antes de la floración por daños de inundación ocasionados por la creciente de los ríos.

Cinco de las variedades testigo fueron proporcionadas por el CIMMYT, y la sexta fue la población original de donde se derivaron las familias en evaluación. Los testigos utilizados se presentan en el Cuadro 11, fueron los mismos en ambos latices.

La presión de selección en base a rendimientos de las mejores familias sugerida de un 40%, no es fuerte con el objeto de evitar deriva genética de los genes que determinan la calidad y cantidad de proteína.

Esta presión de selección se refiere a las 200 familias que debieron haber sido seleccionadas en base a rendimiento y posteriormente en base a calidad de proteína, lo cual no pudo realizarse.

Cuando se confirmó la imposibilidad de hacer los análisis de proteína se decidió evaluar las 500 familias y continuar la selección hacia rendimiento hasta que surja la oportunidad de realizar análisis bioquímicos.

En este ciclo de mejoramiento se consideró la selección para fenotipos modificados. La forma de medir esta característica fue en base a una escala objetiva del 1 al 5. Los fenotipos superiores a 75% de endospermo córneo se les calificó con el número uno, y a los completamente harinosos con el cinco. Esta medición se hizo en una muestra aleatoria de varias mazorcas dentro de la misma familia de una sola repetición, exceptuando los testigos, que tuvieron dos repeticiones. En la Fig. 11 se presentan granos de maíz opaco-2 con diferentes intensidades de modificación en el endospermo.

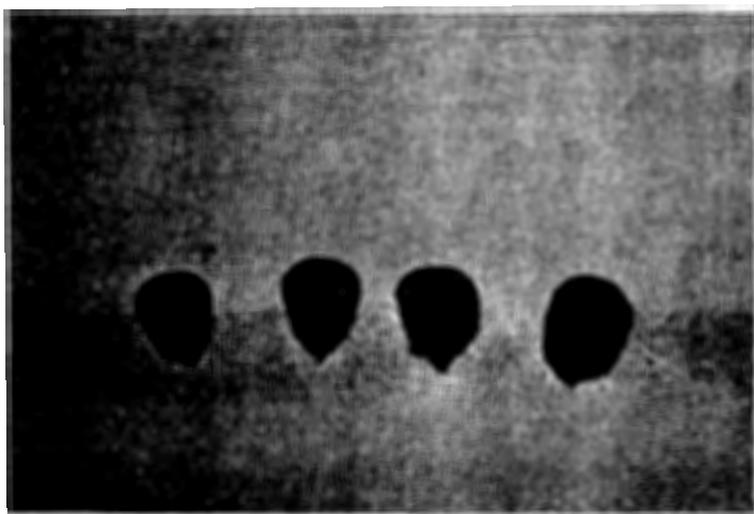
CUADRO 11.

Variedades utilizadas como testigos en dos latices 16 x 16. ( La Huerta, Jal. 1974)

(Ver 181 x Ant Gpo 2) Ven I ( $o_2/o_2$ ) Población original.

Compuesto K ( $o_2/o_2$ )	
Compuesto Blanco (HE) ( $o_2/o_2$ )	
P D (MS) <sub>6</sub> (DE) ( $o_2/o_2$ )	
Tuxpeño x La Posta ( $o_2/o_2$ )	
Tuxpeño Planta Baja (+/+)	

FIG. 11 Diferentes categorías de modificaciones en el endospermo de granos de maíz opaco-2. (25% córneo, 50% córneo, 25% córneo y 0% córneo - de derecha a izquierda respectivamente).



### 5.3.5 Selección para triptófano en proteína de grano entero.

Después de la selección para rendimiento en base a las familias escogidas se aplica una presión de selección en base a calidad, analizando el triptófano en proteína del grano entero. Se sugiere una presión de selección de 50% - con el objeto de mantener la variabilidad de la cantidad de la proteína, debido a que es una característica difícil de medir por su interacción con el medio ambiente y por la necesidad de depender de pocas observaciones en su determinación.

Las muestras para los análisis se toman de varias mazorcas escogidas aleatoriamente de una de las repeticiones de cada ensayo de rendimiento.

La selección hecha en base a la información obtenida de los ensayos de rendimiento y calidad de proteína, identifica a las familias que se escogen dentro del lote de concentración génica y aumento sembrado simultáneamente a las pruebas pero en lote aislado.

Esta selección no se realizó por la falta de facilidades para análisis bioquímicos.

### 5.3.6 Lote de concentración génica y aumento.

Este lote reúne las mismas familias que se encuentran dentro de los ensayos de rendimiento, en surco por mazorcas, con el objeto de proporcionar la semilla de las familias seleccionadas para el siguiente ciclo de mejoramiento. El siguiente ciclo corresponderá a un lote de selección masal que sirve para reiniciar otro ciclo de mejoramiento y/o producir material básico de una variedad sintética comercial.

\*Las 500 familias puestas en ensayo de rendimiento se sembraron en un lote surco por familia y en el momento de la floración se efectuaron cruces fraternales dentro de cada surco, tomando polen de las mejores plantas dentro de la familia y fecundando plantas también seleccionadas en base a su fenotipo. En la cosecha se seleccionó el 50% de las plantas trabajadas, presionando hacia rendimiento fenotipo de planta y endospermo modificado.\*

### 5.3.7 Esquemas del sistema de mejoramiento jerarquizado.

El sistema de mejoramiento aplicado en el presente estudio, se describe en el siguiente esquema, Cuadro 12.

El sistema de mejoramiento jerarquizado desarrollado hasta la fecha se describe en el Cuadro 13.

El esquema del sistema de mejoramiento hasta la fecha y la aplicación futura de selección para calidad y cantidad de proteína se presenta en el Cuadro 14.

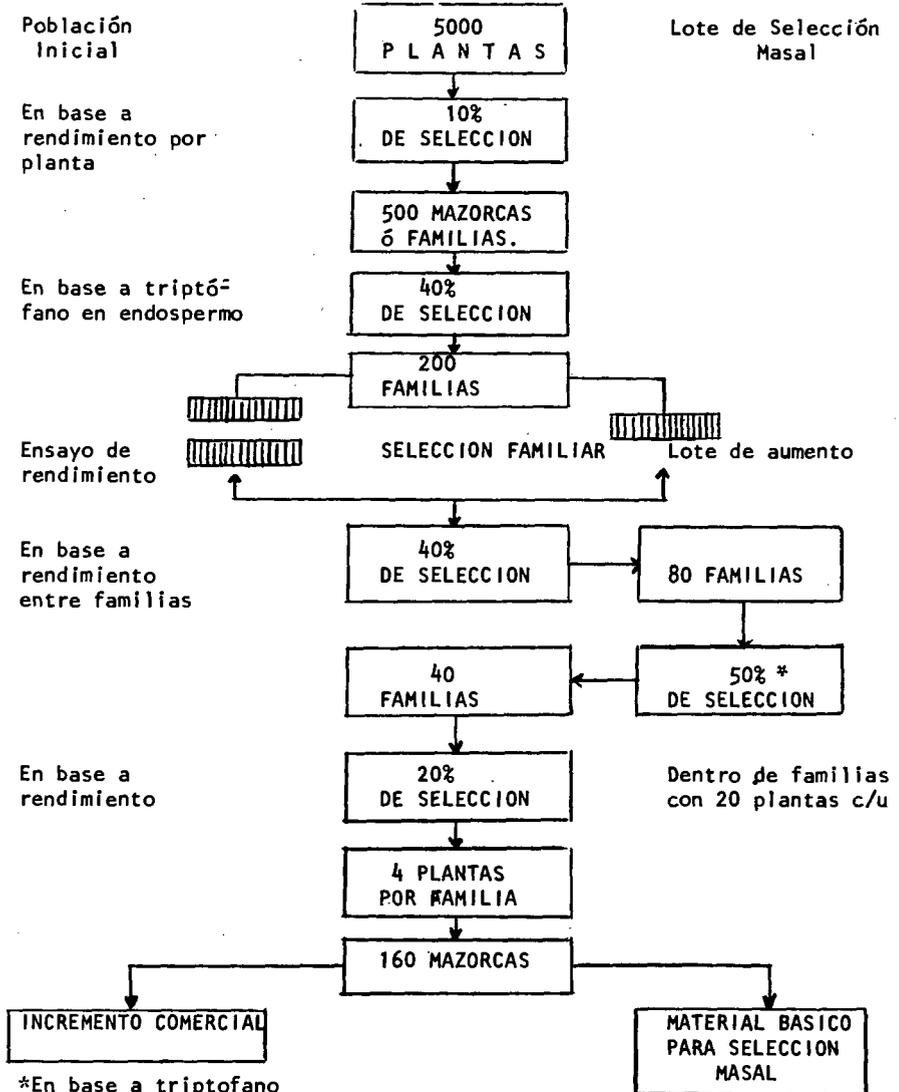
La selección para calidad y cantidad de proteína no ha sido aplicada aún, por lo tanto los complejos génicos responsables para estas características se suponen permanecen aleatorias en la población ya que el tamaño de muestra es lo suficientemente grande para limitar la endogamia.

### 5.3.8 Análisis bioquímicos.

El trabajo de laboratorio para los dos ciclos de mejoramiento sería: Para el primer ciclo, 500 análisis de triptófano en muestra del endospermo y para el segundo ciclo, 280 análisis de proteína y triptófano en la proteína de grano entero.

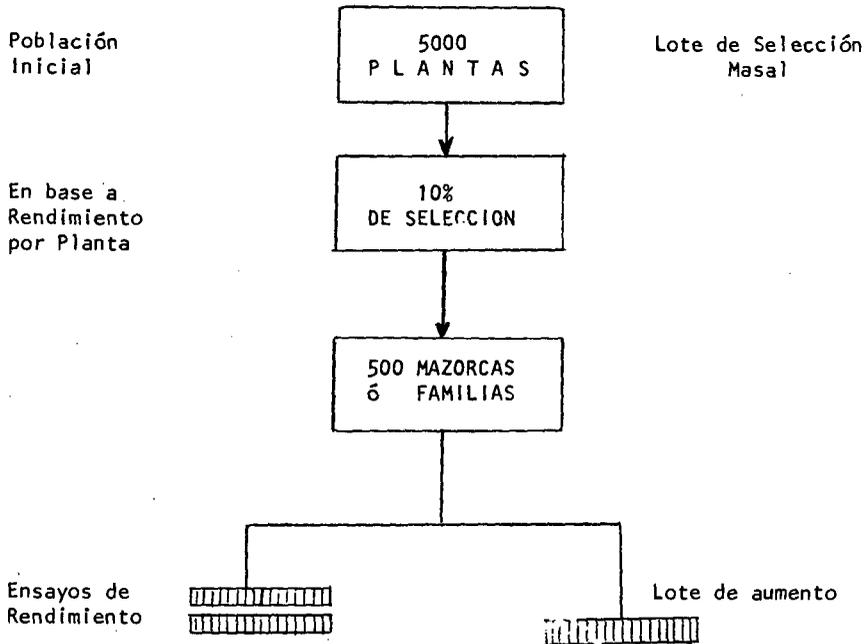
CUADRO 12

Esquema del sistema de mejoramiento Jerarquizado en una población con el gene opaco-2 -- ( $o_2/o_2$ ).



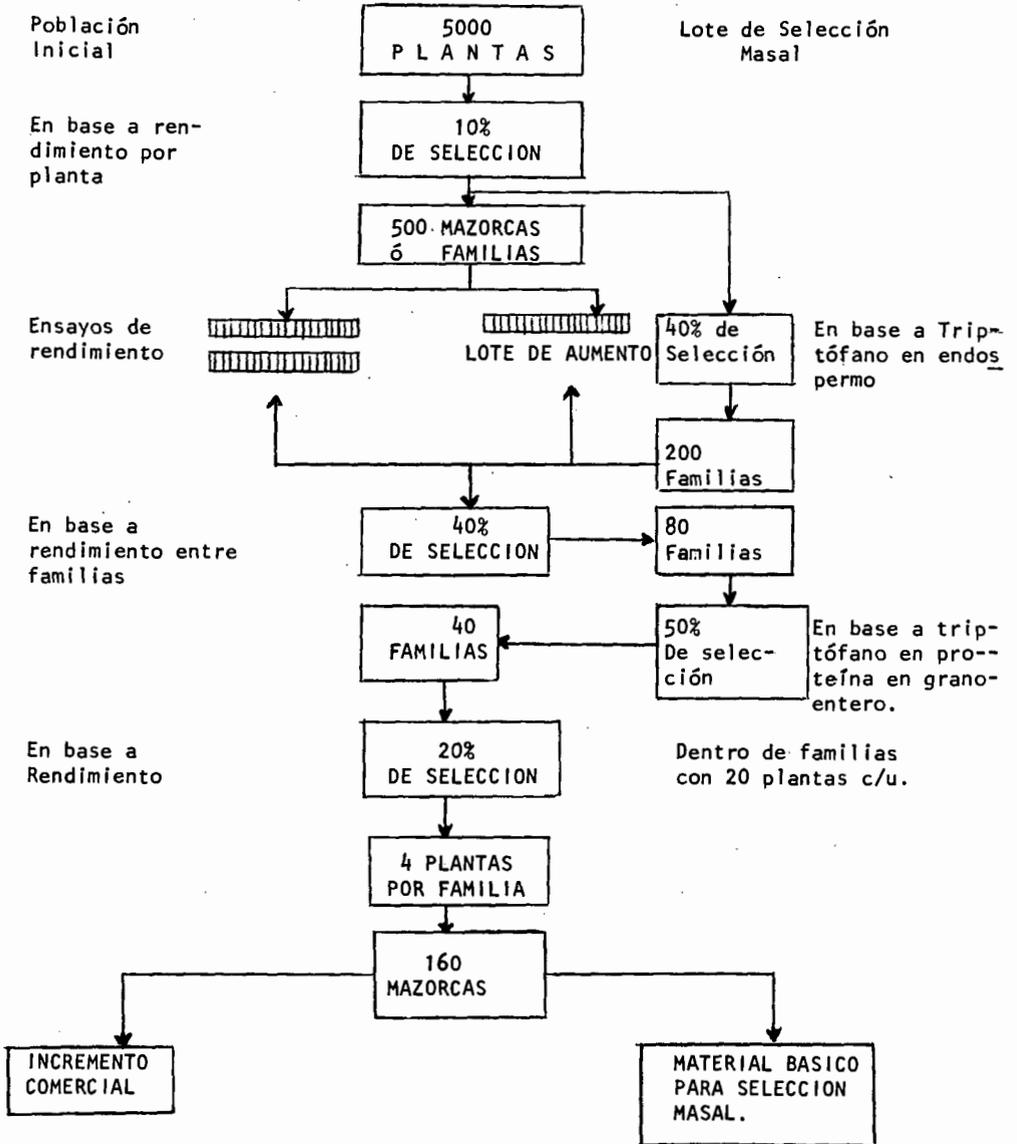
CUADRO 13

Esquema del sistema de mejoramiento jerarquizado desarrollado hasta la fecha.



CUADRO 14

Esquema del sistema de mejoramiento jerarquizado hasta la fecha y la aplicación futura de selección para calidad y cantidad de proteína.



## 6. RESULTADOS.

Los resultados sobre rendimiento, fenotipo modificado y algunas características agronómicas, de dos ciclos del sistema de mejoramiento, se reportan a continuación:

Los resultados de análisis bioquímicos para calidad y cantidad de proteína se presentarán en otra oportunidad.

### 6.1 Primer ciclo del sistema de mejoramiento. Selección Masal.

\* Del lote de selección masal sembrado como primer ciclo del mejoramiento-simultáneo se obtuvieron 500 mazorcas o familias de medios hermanos, seleccionadas en base al fenotipo de la planta madre y al peso objetivo de la mazorca, además de lo modificado de ésta.

En el momento de la floración se efectuó un estudio estadístico de esta población original tomando una muestra aleatoria de cien plantas dentro del lote de selección. Los parámetros fenotípicos descritos son: altura de planta, altura de mazorca, número de inflorescencias femeninas, área de la hoja y diámetro del tallo a la altura de la mazorca principal. Dichos parámetros se describen en el Cuadro 15.

Los coeficientes de correlación de las variables estudiadas se dan en el Cuadro 16.

### 6.2 Segundo ciclo del sistema de mejoramiento Selección Familiar.

El segundo ciclo del sistema de mejoramiento consistió en efectuar la evaluación de las 500 familias seleccionadas. Dicho trabajo se efectuó en 2 láminas 16 x 16, debido a lo cual los resultados se presentarán en cuadros separados para cada experimento.

#### 6.2.1 Análisis de Varianza para Rendimiento de Grano.

En el látice I, familias del 0101-1 al 0510-5, Cuadro 17 se puede observar que existe diferencia altamente significativa (al 1%) para repeticiones,

CUADRO 15  
 Descripción de Parámetros Fenotípicos de la Variedad  
 (Ver 181 x Ant Gpo-2) Ven 1. Población Original  
 (La Huerta, Jal. Marzo 1974)

		Media	Valor Mínimo	Valor Máximo	Desviación Estandar	Varianza
Altura de Planta	(cm)	233.94	170.00	300.00	25.33	641.61
Altura de Mazorca	(cm)	113.28	72.00	172.00	16.39	268.63
No. de Mazorcas		1.30	1.00	3.00	0.48	0.23
Superficie de la Hoja	(cm <sup>2</sup> )	545.60	328.00	784.00	98.26	9,655.03
Diámetro del Tallo en entrenudo de la mazorca superior.	(cm)	2.82	2.07	3.66	0.31	0.10

CUADRO 16  
 Coeficientes de Correlación de Cinco Variables Estudiadas  
 en la Población (Ver 181 X Ant. Gpo-2) Ven 1 .  
 (La Huerta, Jal. Marzo 1974)

	<u>Altura de Planta</u>	<u>Altura de Mazorca</u>	<u>No. de Mazorca</u>	<u>Area de la Hoja</u>	<u>Diámetro del Tallo</u>
Altura de Planta	1.000000	0.696185**	0.031276	0.239083*	0.247535
		1.000000	0.154214	0.121691	0.126381
			1.000000	0.113885	0.282969**
Superficie de la Hoja				1.000000	0.565662**

\* Significativo al 5%

\*\* Significativo al 1%

indicando que el terreno donde se estableció el experimento fue heterogéneo - en sus propiedades químicas y edafológicas. Sin embargo, el coeficiente de variación (21.2%) puede considerarse aceptable dentro del límite para experimentos de temporal (20%).

\* La variabilidad entre bloques con 16 familias diferentes, dentro de repeticiones no fue significativo a ninguno de los dos niveles probados (5 y 1%), - lo que sugiere que se pudo haber aplicado el diseño bloques de azar, siempre y cuando el número de entradas fuera menor. \*

\* La variabilidad entre familias fue significativa al 1% en el látice I y - al 5% en el látice II. Lo que sugiere que existen familias con diferente capacidad de rendimiento. \*

En el látice II, familias del 0601-1 al 1010-5, Cuadro 18, se observa que no se presentó diferencia estadística entre repeticiones infiriendo ésto, que el terreno donde se efectuó este experimento fue más homogéneo que el anterior.

Los dos análisis de varianza para familias se efectuaron con las medias - sin ajustar. Los promedios de rendimiento de las 500 familias se presentan en el apéndice Cuadro 31.

\* El rendimiento de la población original de donde se derivaron las 500 familias fue de 3274.09 Kg./Ha. y la media de la población seleccionada masalmente fue de 4000.79 Kg./Ha., es decir que hubo incremento de 22.2% sobre la primera. \* En el Cuadro 19 se describen estos resultados.

En el Cuadro 19 se observa que las Variedades Compuesto K ( $o_2/o_2$ ) y compuesto Blanco ( $o_2/o_2$ ) y tuxpeño planta baja (+/+), superan el rendimiento de la media de la población seleccionada, sin embargo, hay familias individuales con rendimientos mayores a los 5 testigos.

CUADRO 17

Análisis de Varianza Látice I para la Variable Rendimiento  
Familias del 0101-1 al 0510-5

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
Repeticiones	1	10,280,960.00	10,280,960.00	15.52**	3.89	6.76
Bloques dentro de Repeticiones (ajustados)	30	20,385,913.68	679,530.46	1.03	1.52	1.79
Componente b	30	20,384,726.38	679,490.88			
Variedades (sin ajustar)	255	239,857,664.00	679,618.29	1.42**	1.26	1.39
Error intrabloque	225	149,033,454.12	662,370.91			
Total	511	419,557,991.80				

Coefficiente de Variación 21.2%

FV = Fuente de Variación

GL = Grados de Libertad

SC = Suma de Cuadros

CM = Cuadrado medio o varianza

FC = F calculada

FT = F tabulada

\* Significativo al 5%

\*\* Significativo al 1%

C U A D R O 1 8 .

ANALISIS DE VARIANZA LATTICE II PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO  
FAMILIAS DEL 0601-1 AL 1010-5

FV	GL	SC	CM	FC	5%	1%
Repeticiones	1	4,055,040.00	4,055,040.00	3.01	3.89	6.76
Bloques dentro de Repeti ciones (ajustados)	30	63,303,604.10	2,110,120.14	1.56*	1.52	1.79
Componente b	30	63,301,366.61	2,110,045.55			
Variedades (sin ajustar)	255	444,243,968.00	1,742,133.21	1.29*	1.26	1.39
Error intrabloque	225	303,207,623.85	1,347,589.44			
Total	511	814,810,235.95				
Coefficiente de Variación	28,7%					

CUADRO 19 .

Medias de Rendimiento de la Población Original, Seleccionada y Testigos

		Rendimiento Kg/ha.
Población Original	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	3,274.09
Población Seleccionada	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	4,000.79
Tuxpeño Planta baja	(+/+)	5,208.14
Compuesto K	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	5,257.37
Compuesto Blanco	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	4,790.02
Tuxpeño x La Posta	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	3,841.36
P D (MS) <sub>6</sub> de	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	3,564.20

#### 6.2.2 Análisis de Varianza para Altura de Planta.

En el Cuadro 20 se describen los resultados de la variable altura de planta del látice I, familias del 0101-1 al 0510-5.

En el Cuadro 20 se aprecia que existe diferencia altamente significativa al 1% probados entre familias, en lo relativo a altura de planta. En el látice II, familias del 0601-1 al 1010-5, Cuadro 21 la variabilidad para familias fue significativa solamente al nivel de 5%.

\*La población seleccionada exhibió un promedio de altura de 2.55 mts., mientras que la población original midió 2.51 mts., es decir, que ocurrió un incremento de 4 cms. en un ciclo de selección.\* En el cuadro 22 se describen estos resultados. Las medias de las familias se presentan en el apéndice Cuadro 31.

#### 6.2.3 Análisis de Varianza para Altura de Mazorca.

En el Cuadro 23 se presenta el análisis de varianza para altura de mazorca, látice I. Familias del 0101-1 al 0510-5.

En el Cuadro 24 se presenta el análisis de varianza para altura de mazorca, látice II. Familias del 0601-1 al 1010-5.

En el Cuadro 23 se aprecia que hay diferencia significativa al nivel de 5% de probabilidad, entre las diferentes variedades en cuanto altura de planta.

En el Cuadro 24 se observa que la diferencia es significativa al 1%.

La media de altura a la mazorca de la población original fue de 1.29 mts. mientras en la población seleccionada se incrementó en 3 cms. En el cuadro 25 se describen estas medias.

Las medias para cada familia se dan en el apéndice Cuadro 31.

#### 6.2.4 Análisis de Varianza para Mazorcas Podridas

En el Cuadro 26 se presenta el análisis de varianza para el látice I familias del 0101-1 al 0510-5.

En el Cuadro 27 se presenta el análisis de varianza para el látice II, familias del 0601-1 al 1010-5.

C U A D R O 20,

Análisis de Varianza Látice I para la Variable Altura de  
Planta

Familias del 0101-1 al 0510-5

FV	GL	SC	CM	FC	5%	FT	1%
Repeticiones	1	0,018066	0,018066	0,34	3,89	6,76	
Bloques dentro de Repeticiones (ajustados)	30	2,764198	0,092140	1,74 *	1,52	1,79	
Componente b	30	2,763742	0,092125				
Variedades (sin ajustar)	255	19,877930	0,077953	1,47 **	1,26	1,39	
Error intrabloque	225	11,891577	0,052851				
Total	511	34,551771					
Coefficiente de Variación	9,41 %						

C U A D R O 2 1 .

Análisis de Varianza Látice II para la Variable  
 Altura de Planta  
 Familias del 0601-1 al 1010-5

FV	GL	SC	CM	FC	5%	FT	1%
Repeticiones	1	0.569580	0.569580	7.33 **	3.89		6.76
Bloques dentro de Repeticiones (ajustados)	30	3.931876	0.131063	1.69*	1.52		1.79
Componente b	30	3.931644	0.131055				
Variedades (sin ajustar)	255	26.484131	0.103859	1.34*	1.26		1.39
Error intrabloque	225	17.490341	0.077735				
Total	511	48.475928					
Coefficiente de Varia ción	11.29 %						

CUADRO 22.

Medias de Altura de Planta de la Población Original, Seleccionada y Testigos.-

		Altura en Mts.
Población Original	( $o_2/o_2$ )	2.51
Población Seleccionada	( $o_2/o_2$ )	2.55
Compuesto K	( $o_2/o_2$ )	2.55
Compuesto Blanco HE	( $o_2/o_2$ )	2.55
P D (MS) <sub>6</sub> de	( $o_2/o_2$ )	2.44
Tuxpeño x La Posta	( $o_2/o_2$ )	2.42
Tuxpeño Planta Baja	(+/+)	2.32

C U A D R O 2 3 .

Análisis de Varianza Látice I para la Variable  
 Altura de Mazorca  
 Familias del 0101-1 al 0510-5

FV	GL	SC	CM	FC	5%	FT	1%
Repeticiones	1	0.030518	0,030518	0,78	3.89		6.76
Bloques dentro de Repeticiones (ajustados)	30	1,687480	0,056249	1,45	1,52		1,79
Componente b	30	1,687334	0,056244				
Variedades (sin ajustar)	255	13,152344	0,051578	1,33*	1,26		1,39
Error intrabloque	225	8,752227	0,038899				
Total	511	23,622569					
Coefficiente de Variación	15,56 %						

C U A D R O 2 4 ,

Análisis de Varianza Látxice II para la Variable  
 Altura de Mazorca  
 Familias del 0601-1 al 1010-5

FV	GL	SC	CM	FC	5%	FT	1%
Repeticiones	1	0.031006	0.031006	0.84	3.89		6.76
Bloques dentro de Repeticiones (ajustados)	30	2.662510	0.088750	2.42**	1.52		1.79
Componente b	30	2.662244	0.088741				
Variedades (sin ajustar)	255	15.449951	0.060588	1.65**	1.26		1.39
Error intrabloque	225	8.262406	0.036722				
Total	511	26.405873					
Coeficiente de Variación	14.93 %						

CUADRO 25.

Medias de Altura de Mazorca de la Población original, Seleccionada y Testigos.

		Altura a la Mazorca mts.
Población original	( $o_2/o_2$ )	1.29
Población Seleccionada	( $o_2/o_2$ )	1.32
Compuesto K	( $o_2/o_2$ )	1.36
Compuesto Blanco HE	( $o_2/o_2$ )	1.10
P D (MS) <sub>6</sub> DE	( $o_2/o_2$ )	1.12
Tuxpeño x La Posta	( $o_2/o_2$ )	1.08
Tuxpeño Planta Baja	(+/*)	1.03

En el Cuadro 26, Láttice I, se aprecia una diferencia significativa al 1% entre familias, en cuanto al diferente número de mazorcas podridas.

El láttice II, Cuadro 27 la diferencia significativa fue al 5%.

El porciento de mazorcas podridas para la población seleccionada fue de 26.22% en comparación con la población original que fue de 36.94%. En el Cuadro 28 se describen los valores en porciento de mazorcas podridas incluyendo los testigos.

Las variedades con menor porciento de mazorcas podridas que la población seleccionada fueron Tuxpeño x La Posta ( $o_2/o_2$ ) y el Tuxpeño planta baja normal (+/+).

Las medias de las familias se dan en el apéndice Cuadro 31.

#### 6.2.5 Días a Floración

La media para días a floración de la población seleccionada, fue de 58.07 días, y la de la población original fue de 57.25, de tal manera que, se incrementó 0.82 días por efectos indirectos de la selección realizadas.

En el Cuadro 29 se presentan las medias de días a floración de la población original, seleccionada y testigos.

Se puede apreciar que las variedades relativamente más tardías, fueron el P D (MS)<sub>6</sub> DE ( $o_2/o_2$ ) y el Tuxpeño planta baja normal (+/+).

Las medias de días a floración para las familias, se dan en el apéndice Cuadro 31.

#### 6.2.6 Modificación de la Textura del Endospermo

\* Los resultados para endospermo modificado se reportan en base al índice obtenido mediante una escala del 1 al 5. (1 apariencia prácticamente normal, 5 totalmente harinosas). \*

El índice de modificación para las 500 familias, se presenta en el apéndice Cuadro 31.

\* La media para modificación de la población original fue de 3.75, mientras que la población seleccionada fue de 2.66, que representado en porciento hay-

CUADRO 26,

Análisis de Varianza Látice I para la Variable  
Mazorcas Podridas - Familias del 0101-1 al 0510-5.

FV	GL	SC	CM	FC	5%	1%
Repeticiones	1	1.125000	1.125800	0.34	3.89	6.76
Bloques dentro de Repeticiones (Ajustados)	30	98.437500	3.281250	1.00	1.52	1.79
Componente b	30	98.437500	3.281250			
Variedades (sin ajustar)	255	1241.242188	4.867616	1.49	1.26	1.39
Error intrabloque	225	737.437500	3.277500			
Total	511	2078.242188				
Coefficiente de Variación	45.93 %					

C U A D R O 2 7 ,

Análisis de Varianza Látxice II para la Variable Mazorcas  
Podridas  
Familias del 0601-1 al 1010-5

FV	GL	SC	CM	FC	5%	FT	1%
Repeticiones	1	72.000000	72.000000	17.44	3.89	6.76	
Bloques dentro de Repeticiones (ajustados)	30	390.125000	13.004167	3.15	1.52	1.79	
Componente b	30	390.125000	13.004167				
Variedades (sin ajustar)	255	1407.218750	5.518505	1.34	1.26	1.39	
Error intrabloque	225	928.875000	4.128333				
Total	511	2798.218750					
Coefficiente de Variación	46.86 %						

C U A D R O 2 8 .

Porcentaje de Mazorcas Podridas de la Población Original, Seleccionada y Testigos.

		% de Mazorcas Podridas
Población Original	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	36.94
Población Seleccionada	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	26.22
Compuesto K	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	30.60
P D (MS) <sub>6</sub> DE	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	28.63
Compuesto Blanco	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	26.86
Tuxpeño x La Posta	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	23.05
Tuxpeño Planta Baja	(+ / +)	15.75

una ganancia en modificación del endospermo de 29.07%\*. En el Cuadro 30 se describen estos resultados, incluyendo los testigos.

En el Cuadro 30 se observa que el Tuxpeño planta baja, tiene un índice -- igual a uno, debido a que este material es normal (+/+) para el locus opaco-2.

\*La Variedad Tuxpeño x La Posta es la que demuestra mayor índice<sup>(5)</sup>, lo -- cual indica que no existen genes modificadores en el endospermo de dicho material.\*

En el apéndice Cuadro 31 se presentan los índices de modificación del endospermo de las familias y testigos.

CUADRO 29 .

Días a Floración de la Población Original, Seleccionada y Testigos.

		Media Días a Floración.
Población Original	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	57.25
Población Seleccionada	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	58.07
Tuxpeño Planta Baja	(+ / +)	58.92
P D (MS) <sub>6</sub> DE	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	58.86
Tuxpeño x La Posta	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	58.23
Compuesto K	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	58.17
Compuesto Blanco	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	56.84

CUADRO 30. <sup>\*</sup>

Indice de Modificación del Endospermo de la Población Original, Seleccionada y Testigos.

		Indice
Población Seleccionada	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	2.66
Población Original	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	3.75
Tuxpeño x La Posta	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	5.00
Compuesto Blanco HE	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	4.50
P D (MS) <sub>6</sub> DE	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	3.00
Compuesto K	(o <sub>2</sub> /o <sub>2</sub> )	2.75
Tuxpeño Planta Baja	(+ / +)	1.00

## 7. DISCUSION.

Los resultados reportados para rendimiento sugieren que existe variabilidad genética entre familias, de tal manera que debe ser posible seleccionar -- las mejores de acuerdo al sistema de mejoramiento aplicado. De hecho, el primer ciclo demostró un incremento de ganancia en peso en la media de la población seleccionada de 22.2% sobre el rendimiento de la población original. Esta ganancia parece excesiva de acuerdo a lo reportado en la literatura pero puede justificarse como consecuencia de otros factores indirectos que contribuyen a la diferencia obtenida. Aparte de la eficiencia del método de selección masal-estratificado en sí, la ganancia en modificación del endospermo y la mayor altura (4 cm.) y fecha de maduración (.82 días) pueden haber contribuido directa o indirectamente al rendimiento. La mayor proporción de estructura cornea aumenta la densidad y peso de la semilla, mientras que la altura de planta y mayor ciclo de floración, parecen estar correlacionados positivamente con el rendimiento. Por otro lado, la comparación de medias, estimada en 1000 observaciones para el primer ciclo, contra la de la población original estimada en base a solo 4 observaciones, pueden haber contribuido a un sesgo involuntario en la ganancia interpretada en 22.2%.

El período vegetativo, altura de planta y de mazorca de la población seleccionada, se aumentó a pesar de que se trataron de controlar durante la selección para estas características en el momento de la cosecha. Sin embargo, este incremento, es menor que cuando se selecciona para rendimiento como criterio principal permaneciendo aleatorias las otras características fenotípicas de la planta.

La parte bioquímica del sistema de mejoramiento, tendrá que esperar a que se efectúen los análisis para triptófano en endospermo para poder tener un índice de selección de calidad y cantidad de proteína dentro de las 500 familias del lote de selección masal. Posteriormente, dentro de la evaluación familiar, se aplicará una presión de selección, primero para rendimiento, y después en base a la calidad del endospermo.

Al efectuar análisis bioquímicos para triptófano en el endospermo, se pretende separar aquellos genotipos con calidad superior en el endospermo, sin -- considerar la calidad y el tamaño del germen. Posteriormente, en el segundo ci

clo, cuando se efectúan análisis para triptófano en proteína del grano completo es cuando indirectamente se está seleccionando para tamaño y calidad del embrión, que juntamente con la calidad y cantidad de proteína de endospermo capitalizan al máximo los valores de proteína.

Los genes que controlan la cantidad de proteína, se consideran que permanecen en forma aleatoria dentro de las 500 familias evaluadas, debido a que no ha sido seleccionado este parametro. La variabilidad genética existente dentro de dicha población, debe permitir seleccionar posteriormente genotipos con alto valor nutritivo en el grano a la vez que se aumenta el rendimiento.

El supuesto de que existan mecanismos hereditarios independientes en el control de la calidad y cantidad de proteína, además de ser ésta de naturaleza cuantitativa, fundamenta la eficiencia del sistema de mejoramiento aplicado, basado en la selección masal y familiar. Dichos métodos explotan también la fracción de la varianza aditiva para rendimiento, de tal forma que se puede obtener una variedad de polinización abierta con altos rendimientos y buen potencial nutritivo, seleccionando simultáneamente para los valores de proteína y rendimiento. Al practicar estos métodos en una población con gene opaco-2, el valor de proteína debe aumentarse sobre los obtenidos por efectos exclusivos del gene.

\*El mayor problema con que se enfrenta el sistema de mejoramiento propuesto, es el de los análisis bioquímicos, debido a que los métodos para determinar la calidad y cantidad de la proteína, depende de laboratorios especializados, lo cual es costoso y difícil de operar. \*

El conocimiento del mecanismo hereditario de los genes modificados de la textura del grano, permite cambiar gradualmente la apariencia de las poblaciones con el gene opaco-2. Tomando en cuenta que el agricultor no valora ventajas bioquímicas positivas en el grano, tales como valor nutritivo, sino que su mayor interés es el de rendimiento final de grano, el enfoque del mejoramiento de las poblaciones de maíz con el gene opaco-2 debe incluir la modificación de la estructura harinosa a una de apariencia normal. Al perseguir este objetivo se tratará de mantener la calidad y cantidad de proteína además del más alto rendimiento de grano posible.

Una vez que se hallan seleccionadas las 160 mazorcas que formarán la variedad sintética comercial y/o material básico para nuevos ciclos de selec-

ción masal y familiar, se sugiere la derivación de líneas de la población me jorada para la formación de híbridos. El objeto de esto es explotar la fracción de varianza no aditiva, es decir, la dominancia y sobredominancia que existe en la población.

El principal cuidado que se debe observar es que el nivel de calidad y cantidad de proteína de las líneas sea igual o superior a la media de la población original.

Las líneas que entran en la formación del híbrido deben ser de diferente origen, con objeto de que la expresión de heterosis sea máxima, por lo cual se sugiere aplicar el sistema de mejoramiento simultáneo a diferentes poblaciones con genes opaco-2 y derivar así líneas con genotipos contrastantes.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones que se deducen del presente estudio, se presentan a continuación:

8.1 El sistema de mejoramiento aplicado, es decir, la selección masal y familiar, fue efectivo para elevar la capacidad de rendimiento de la población seleccionada.

8.2 El no contar con un método rápido de campo para determinar calidad de proteína, limita los programas de mejoramiento del valor nutritivo de dichos materiales.

8.3 Se sugiere en base a aprovechar la información disponible sobre rendimiento, formar un compuesto balanceado. Este compuesto deberá tener mejor valor nutricional que los de maíces sin gene opaco-2, aún cuando no se haya aplicado todavía criterios de selección para mejorar el nivel promedio del valor nutritivo de esa población. Se sugiere seleccionar el 20% superior de las familias dentro del ensayo de rendimiento elaborado. La calidad y cantidad de proteína quedarán en forma aleatoria dentro de este compuesto permaneciendo la posibilidad de mejorar su valor nutricional en futuros programas.

8.4 El compuesto balanceado formado de las mejores familias, podrá ser utilizado como fuente de germoplasma para la derivación de líneas puras, con el objeto de formar híbridos.

8.5 Para beneficio de programas de hibridación, se sugiere aplicar el sistema de mejoramiento jerarquizado, a diferentes poblaciones de maíz con el gene opaco-2, con el objeto de obtener líneas de diferentes orígenes que al combinarse exhiban la máxima heterosis.

8.6 Después de aplicar las respectivas presiones de selección a las 500 familias seleccionadas, se sugiere formar la población básica para otro ciclo de selección masal.

## 9. RESUMEN .

Se aplicaron los métodos de selección masal y familiar en forma secuencial a la población de maíz con el gene opaco-2 y endospermo modificado llamada - (Ver 181 x Ant Gpo - 2) Ven I. El criterio principal de selección fue el rendimiento de grano y en forma jerarquizada, el aspecto corneo del grano y la arquitectura de la planta. En el primer ciclo se sembró un lote de selección masal estratificada de 5,000 plantas y se aplicó una presión de 10% de selección para rendimiento de grano y características antes mencionadas. Resultaron 500-mazorcas o familias de medios hermanos que fueron evaluadas para rendimientos en el segundo ciclo.

La media de rendimiento de grano de la población seleccionada mostró una ganancia de 22.2% sobre la población original. La altura de planta y de mazorca se incrementaron en 4 y 3 cm. respectivamente. El aspecto modificado del -- grano en esta población se incrementó en 29.07% sobre la población original.

Se sugiere la formación de un compuesto balanceado, escogiendo el 20% superior en rendimiento de las 500 familias evaluadas, considerando que este material es superior en calidad nutritiva a otras poblaciones sin el gene opaco-2.

Puesto que los análisis bioquímicos no se han realizado hasta la fecha, se sugiere la continuación de este proyecto para incluir el mejoramiento nutricional del grano.

También se sugiere la aplicación del sistema jerarquizado de selección hacia rendimiento y valor nutritivo en varias poblaciones no emparentadas, y con gene opaco-2, con el objeto de derivar líneas para futuros programas de hibridación.

## B I B L I O G R A F I A .

- 1.- Allard R. W., 1967, Principios de la mejora Genética de las plantas. Primera Edición. Edición Omega, S. A. Barcelona.
- 2.- Bressani R., J. X Alvarado y F. Viteri, 1969., Evaluación en niños, de la calidad de la proteína del maíz Opaco-2. Archivos Latino Americanos de nutrición, Vol. 19: 129-140
- 3.- Bressani R., L.G. X Elías And. R. A. Gómez., 1969., Protein quality of Opaque-2 Corn evaluation in Rats. -- Journal of Nutrition, Vol. 97.
- 4.- Bressani R., 1972., X Evaluación Nutricional del maíz Opaco-2 en Niños y Adultos. En simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo, Colegio de Postgraduados Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- 5.- CIMMYT., 1973., Informe anual del CIMMYT sobre mejoramiento de maíz y trigo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, el Batán México.
- 6.- Clark H. E., 1966., X Opaque-2 Corn as a source of protein for --- adult human subjects. Proc. of the high lysine Corn con Laffayette Indiana.
- 7.- Cuca G. M., 1972., X Estudios nutricionales con maíz Opaco-2 y harinoso-2 en animales monogástricos. En simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo, Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- 8.- Emerson, R. A., G.W. Beadle, and A.C. Fraser., 1935., A Summary of linkage studie in maize. Mem. Cornell. Agric. Exp. Sta. 180-1-83
- 9.- Falconer D. S., 1972., Introducción a la Genética cuantitativa. 3a.- Impresión. Compañía Editorial Continental, S. A. (CECSA) México.

- 10.- Gardner C.O., 1961., An evaluation of effect of mass selection - and seed irradiation with Thermal neutrons- an Yield of Corn. Crop. Science 1: 241-245.
- 11.- Johnson E.C., 1963., Efecto de la selección masal sobre el rendimiento de una variedad tropical de maíz. In forme de la 9a. reunión anual del PCCMM, EI Salvador. 56-57.
- 12.- Johnson E.C., y S.K., Vasal, 1972., Estudios para el mejoramiento del índice de proteína en el maíz. En simpo sio sobre desarrollo y utilización de maí-- ces de alto valor nutritivo, Colegio de Post graduados, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- 13.- Lonquist J. H. and D. P. Mc. Gill., 1956., Performance of - Corn Synthesis and after two Cycles of recur- rent selection. Agronomy Journal 48: 249-253.
- 14.- Lonquist J. H., 1964., A modification of the ear to Row procedure - of the improvement of maize populations. --- Crop Science. 4: 227-228.
- 15.- Maize Genetics Cooperation., 1939., Recent Linkage studies in maize. Ge- netics 24:50
- 16.- Márquez. S. F., 1971., Interpretación a la fórmula de ajuste del -- rendimiento individual en la selección masal. Revista Fitotecnia Sociedad mexicana de Fito- genética A. C. Año I Jul-Dic. No. 2.
- 17.- Martínez, R. L. y A. Shimada., 1971., Valor alimenticio de una variedad mexicana de maíz Opaco-2 para cerdos en cre- cimiento. X Técnica Pecuaria en México.
- 18.- Mertz. E. T., L. S. Bates and O. E. Nelson., 1964., Mutant gene- that changes protein composition and increa- ses lysine content of maize endosperm. Scien- ce 145: 279-280
- 19.- Mertz E. T., A. V. Olivia., L. S. Bates and O. E. Nelson., 1965- Growth of Rats feed on Opaque-2 maize. Scien- ce 148:1741.
- 20.- Mertz E. T., 1974., Rapid Ninhydrin color test for screening high lysine mutants of maize, sorghum, Barley and- other cereal grains. Cereal qhemistry 51:304.

- 21.- Nelson O. E., 1966., Opaque-2, Floury-2 and High protein maize. In proceedings of the high lysine Corn conference. Purdue University, Washington 156-159.
- 22.- Nelson O.E., 1969., The modification by mutation of protein quality in maize. New approaches to breeding for improved. -- Atomic. energy agency Viena 41-45.
- 23.- Paez A.V., J.L. Helm. and M. S. Zuber., 1969., Lysine content of opaque-2 maize Kernels having different phenotyps. Crop science Vol. 9: 251-252.
- 24.- Pohlman J.M., 1969., Mejoramiento Genético de las cosechas primera Edición en español. Editorial Limusa Wiley, S.A. México.
- 25.- Poey F.R., 1969., Comparación de los efectos de los genes Opaco-2 y harinoso-2 en el peso y densidad en grano en maíces tropicales. Agrociencia (México) 4 núm. 1: 47-65.
- 26.- Poey F.R. y E. Villegas., 1970., Variaciones en el fenotipo de maíz Opaco-2. Resumen VIII Reunión Latino Americana de Fiotecnica Colombia 1970.
- 27.- Poey F.R., 1972., Mejoramiento Genético de la calidad nutritiva del maíz. En simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Colegio de -- Postgraduados Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo, México.
- 28.- Poey F. R., 1972., Un Método de Selección para el mejoramiento integral del maíz. En memorias de la XVIII Reunión del PCCMCA. -- Managua Nicaragua.
- 29.- Poey F.R. y E. Villegas., 1973., Herencia del Fenotipo córneo en maíces - Opaco-2 y su efecto en contenido de protefina - y triptofano del endospermo. Resumen V Reunión de maiceros de la zona Andina Cochabamba, Bolivia.
- 30.- Poey F. R., 1975., El maíz Opaco; problema y soluciones. En prensa.

- 31.- Robinson H. F., R. E. Comstock, and P.H., Harvey., 1949., Estimates of heritability and the degree of dominance in corn.  
Agronomy Journal 41: 355-359:
- 32.- Spague G. F., 1955., Corn and Corn improvement.  
Academic. press, Inc.  
New. York N.Y.
- 33.- Sreeramulu, C., L.F. Bauman and Garay Roth, Effect of Outcrossing on protein quality, Kernel Weight and related characters en Opaque-2 and Floury-2 maize. (Zea mays L.).  
Crop science 10: 235-236.
- 34.- Vázquez B., M.A. García, E. Villegas y F. Poey., 1974., Evaluación del método de Ninhidrina de Mertz para seleccionar calidad de proteína en granos individuales de maíz.  
En memorias de la VI reunión de maiceros de la zona Andina Maracay Venezuela.
- 35.- Villegas E. y E.T. Mertz., 1971., Métodos químicos usados en CIMMYT para determinar la calidad de la proteína del maíz folleto de investigación No. 20 CIMMYT, México.
- 36.- Webel O. D. and J.H. Lonquist., 1967., An evaluation of modified. ear to-row selection in a population of corn. (Zea mays L.). Crop Science 7: 651-654.
- 37.- Wellhausen E. J. 1960., El mejoramiento del maíz en México avances actuales y proyección hacia el futuro.  
Revista de la sociedad mexicana de Historia-Natural tomo XXI No. 2.
- 38.- Woodworth C. M., 1952., Fifty Generations of selection for protein.  
Agronomy Journal 44: 60.

APENDICE .

CUADRO 31

Valores de medias para rendimiento de grano y diferentes características agronómicas de 500 familias seleccionadas de la población (Ver 181 X Ant. - Gpo. -2) Ven 1 Opaco 2 modificado.

Familias	Rendimiento Kg. 1 ha.	Altura de plantas	Altura de mazorca	Mazorca podridas	Días a Flora- ción.	Índice de modi- fica- ción
0101-2	4115.10	2.57	1.27	2.50	59.50	2.0
0101-2	3727.24	2.95	1.45	5.00	59.00	3.5
0101-3	3172.14	2.55	1.40	4.50	58.00	1.0
0101-4	2556.16	2.55	0.95	3.00	57.00	2.0
0101-5	4751.96	2.58	1.10	2.50	57.00	3.0
0102-1	3695.10	2.45	1.18	5.00	58.00	2.5
0102-2	3958.96	2.75	1.17	5.50	58.00	3.0
0102-3	4511.65	2.42	1.15	2.00	58.50	4.6
0102-4	3619.63	2.45	1.28	1.00	57.00	1.5
0102-5	3895.55	2.70	1.37	5.50	58.50	4.0
0103-1	4446.60	1.80	1.35	3.00	58.00	2.5
0103-2	3012.05	2.58	1.45	3.50	57.50	1.0
0103-3	3781.50	2.80	1.48	2.50	58.50	1.0
0103-4	2261.18	2.67	1.40	4.00	59.00	2.5
0103-5	2878.10	2.77	1.20	4.50	58.50	3.0
0104-1	5515.32	2.50	1.30	4.00	57.00	3.5
0104-2	3666.22	2.60	1.22	4.00	58.50	1.0
0104-3	4582.69	2.50	1.25	5.00	58.00	3.4
0104-4	4892.74	2.60	1.28	1.50	60.00	4.0
0104-5	2908.36	2.45	1.15	5.00	57.50	3.0
0105-1	4254.24	2.68	1.17	2.00	58.00	1.5
0105-2	4272.32	2.82	1.63	4.00	58.50	1.0
0105-3	4336.68	2.38	1.20	4.50	58.50	4.0
0105-4	3436.14	2.35	1.12	3.50	59.00	1.0
0105-5	3457.78	2.42	1.65	3.00	57.00	1.0
0106-1	3861.90	2.90	1.50	2.00	57.50	3.5
0106-2	3135.02	2.08	1.38	5.50	59.00	1.0
0106-3	3077.36	2.50	1.45	8.00	58.00	1.5
0106-4	3308.13	2.77	1.55	2.00	59.00	1.0
0106-5	3831.00	2.63	1.47	4.00	59.00	4.0
0107-1	3661.21	2.32	1.40	5.50	58.50	1.5
0107-2	4548.38	2.38	1.18	3.50	57.50	1.0
0107-3	3942.07	2.47	1.30	4.50	57.50	4.0
0107-4	4934.62	2.35	1.15	3.00	58.00	3.0
0107-5	4203.21	2.65	1.42	4.50	57.00	1.0
0108-1	3048.29	2.45	1.33	3.50	58.50	2.0
0108-2	4179.35	2.45	1.30	3.50	58.50	2.0
0108-3	4311.70	2.73	1.32	4.50	56.50	4.0
0108-4	4339.10	2.35	1.43	4.50	57.50	2.0
0108-5	5233.90	2.80	1.45	2.00	59.00	4.5

0109-1	3594.70	2.90	1.67	2.50	59.50	2.0
0109-2	3615.22	2.62	1.38	1.50	58.00	3.0
0109-3	5107.85	2.63	1.12	5.00	58.50	3.0
0109-4	4313.04	2.67	1.40	4.50	59.00	4.0
0109-5	8622.46	2.45	1.23	3.50	57.00	2.0
0110-1	2658.00	2.53	1.40	5.00	57.50	4.0
0110-2	3487.55	2.72	1.27	3.50	58.50	1.5
0110-3	4069.39	2.63	1.40	2.50	57.50	3.6
0110-4	4334.23	2.55	1.33	4.00	59.00	1.0
0110-5	3271.32	2.62	1.10	2.00	59.50	4.0
0201-1	4306.70	2.63	1.42	3.50	57.50	2.5
0201-2	3465-79	1.90	0.73	1.00	59.50	4.0
0201-3	3356.86	2.42	1.17	7.00	59.00	1.0
0201-4	3146.84	2.98	1.08	2.00	56.50	4.0
0201-5	3733.94	2.25	0.97	9.50	59.00	4.5
0202-1	3577.52	2.87	1.48	5.50	57.00	2.5
0202-2	3711.68	2.38	1.22	4.00	57.50	3.0
0202-3	4276.87	2.35	1.15	7.00	58.50	4.5
0202-4	3589.88	2.42	1.03	3.50	58.50	2.5
0202-5	4747.77	2.25	1.22	1.50	59.50	1.5
0203-1	4252.47	2.33	1.50	3.50	58.50	2.5
0203-2	5214.83	2.42	1.30	7.00	58.50	3.6
0203-3	3579.80	2.43	1.13	4.50	58.50	2.0
0203-4	3535.40	2.42	1.30	2.50	60.50	4.5
0203-5	4879.72	2.33	1.05	3.00	58.00	4.0
0204-1	2906.25	2.35	1.20	3.00	58.50	2.5
0204-2	3722.84	2.37	1.27	4.50	58.50	3.5
0204-3	3233.18	2.53	1.23	4.00	58.50	3.0
0204-4	2950.97	2.27	1.15	4.00	59.00	1.5
0204-5	3618.25	2.53	1.27	4.50	57.50	4.0
0205-1	4205.31	2.47	1.43	6.00	59.00	4.0
0205-2	3781.21	2.20	1.10	1.10	56.00	4.0
0205-3	3227.60	2.45	1.32	2.50	59.00	4.0
0205-4	5119.37	2.85	1.45	4.00	57.50	1.0
0205-5	2767.63	2.48	1.35	5.00	58.00	4.0
0206-1	3620.32	2.72	1.28	1.00	59.00	3.0
0206-2	5036.04	2.23	1.12	3.00	57.00	1.0
0206-3	3535.32	2.57	1.23	4.00	58.50	4.0
0206-4	3173.47	2.18	1.17	5.00	58.50	2.0
0206-5	3953.10	2.50	1.33	3.50	57.00	1.0
0207-1	3864.20	2.57	1.37	2.00	58.50	2.5
0207-2	4094.34	2.73	1.45	6.50	59.00	3.0
0207-3	2520.76	2.22	1.15	3.50	57.50	1.5
0207-4	3682.65	2.53	1.13	4.50	58.50	1.5
0207-5	3811.81	2.57	1.37	6.00	58.50	2.0
0208-1	4356.19	2.75	1.30	5.00	59.00	2.0
0208-2	4154.30	2.48	1.33	1.00	58.50	2.0
0208-3	3466.34	2.32	1.25	4.00	59.00	3.0
0208-4	3424.62	2.40	0.97	2.50	57.00	2.0
0208-5	3031.68	2.50	1.48	3.50	60.00	1.5
0209-1	3684.27	2.43	1.25	2.50	59.00	2.0
0209-2	4696.58	2.80	1.35	6.50	58.00	2.0

0209-3	3344.58	2.60	1.30	4.50	58.00	4.0
0209-4	2995.38	2.67	1.47	3.00	59.00	4.0
0209-5	4954.14	2.70	1.30	4.00	58.00	3.5
0210-1	4470.90	2.50	1.28	3.00	59.00	2.0
0210-2	3429.44	2.65	1.30	4.00	58.00	3.0
0210-3	3355.91	2.38	1.22	5.00	58.00	1.0
0210-4	2945.57	2.67	1.38	4.00	61.00	1.0
0210-5	3275.77	2.65	1.45	5.00	59.00	1.5
0301-1	3534.94	2.75	1.32	4.00	58.00	3.0
0301-2	2932.03	2.53	1.28	2.50	60.00	2.5
0301-3	2966.49	2.30	1.20	2.00	58.00	1.0
0301-4	2964.93	2.42	1.25	5.00	59.00	1.0
0301-5	4840.40	2.80	1.35	4.00	57.50	3.5
0302-1	4179.99	2.83	1.60	3.50	58.00	3.0
0302-2	3421.83	2.47	1.42	5.00	59.00	2.0
0302-3	5075.99	2.65	1.50	4.00	56.50	3.0
0302-4	3371.91	2.75	1.33	5.50	58.50	1.5
0302-5	3864.73	2.43	1.50	2.00	58.00	1.0
0303-1	4251.25	2.72	1.37	3.50	57.50	2.5
0303-2	4015.88	2.83	1.50	3.00	56.50	3.5
0303-3	3719.12	2.67	1.50	4.00	58.50	2.0
0303-4	3931.07	2.70	1.40	5.50	58.00	2.5
0303-5	3864.04	2.53	1.20	4.00	59.50	2.5
0304-1	2564.41	2.55	1.43	1.50	59.50	2.0
0304-2	3598.37	2.45	1.32	2.50	57.00	1.5
0304-3	4188.18	2.52	1.20	3.50	57.00	4.0
0304-4	2154.03	2.55	1.43	5.50	57.50	2.5
0304-5	3130.75	2.88	1.52	4.00	59.00	4.0
0305-1	4219.73	2.87	1.45	4.00	58.50	4.0
0305-2	3782.81	2.88	1.40	4.00	59.00	4.0
0305-3	3303.13	2.85	1.68	3.00	58.50	3.5
0305-4	3918.11	2.50	1.30	1.50	57.50	3.5
0305-5	3986.25	2.52	1.25	3.00	59.00	4.0
0306-1	4867.57	2.70	1.27	4.50	57.00	4.5
0306-2	4718.47	2.65	1.33	2.50	58.50	1.0
0306-3	3857.03	2.85	1.42	4.00	56.50	4.0
0306-4	4376.04	2.43	2.43	1.00	57.50	3.0
0306-5	5161.40	2.15	1.18	1.18	58.50	4.5
0307-1	3508.06	2.55	1.22	2.50	59.00	3.5
0307-2	4468.70	2.62	1.28	0.50	58.50	4.5
0307-3	5099.43	2.88	1.52	2.50	59.00	1.5
0307-4	4025.47	2.45	1.40	2.50	59.50	1.0
0307-5	3024.00	2.42	1.10	6.00	58.50	1.0
0308-1	4256.03	2.65	1.35	3.00	58.50	4.0
0308-2	3429.62	2.50	1.30	4.00	59.50	4.5
0208-3	4459.90	2.90	1.35	5.00	58.50	3.5
0308-4	4458.97	2.60	1.40	3.00	57.50	1.5
0308-5	3927.33	2.60	1.37	4.00	57.50	2.5
0309-1	3722.43	2.58	1.20	6.00	60.00	2.0
0309-2	4703.79	2.45	1.20	3.50	60.50	1.0
0309-3	5715.23	2.92	1.53	4.50	58.00	1.0
0309-4	3930.31	2.78	1.52	3.50	58.50	1.5

0309-5	2980.07	2.80	1.63	5.00	57.00	4.0
0310-1	4363.59	2.80	1.47	2.50	59.50	1.5
0310-2	3499.08	2.50	1.33	2.50	57.00	1.0
0310-3	3507.64	2.45	1.17	3.50	58.50	1.0
0310-4	3507.22	2.52	1.25	4.00	58.50	2.0
0310-5	3531.72	2.40	1.30	4.50	59.50	1.0
0401-1	3532.46	2.43	1.18	3.50	59.00	3.0
0401-2	2839.18	2.60	1.40	2.00	59.00	1.0
0401-3	4720.23	2.67	1.42	2.00	56.50	1.0
0401-4	3262.99	2.28	1.18	1.50	58.50	3.0
0401-5	4553.35	2.87	1.45	2.00	59.00	1.0
0402-1	5191.28	2.75	1.87	4.00	57.50	2.5
0402-2	3079.54	2.68	1.25	5.50	58.50	4.0
0402-3	3726.33	2.60	1.43	4.50	59.00	1.0
0402-4	4412.00	2.75	1.32	2.00	58.00	2.5
0402-5	3902.41	2.47	1.28	4.50	57.50	2.0
0403-1	3566.00	2.40	1.10	5.00	57.00	2.5
0403-2	3452.02	2.48	1.25	5.00	58.50	3.5
0403-3	3939.28	2.92	1.62	4.50	59.00	4.0
0403-4	2820.85	2.23	1.20	6.50	58.00	1.0
0403-5	3887.01	2.65	1.40	4.00	58.00	3.0
0404-1	4254.26	2.65	1.35	3.50	59.50	3.0
0404-2	3262.13	2.80	1.33	1.00	59.00	1.0
0404-3	3540.69	2.52	1.15	7.50	59.00	3.0
0404-4	3658.74	2.75	1.17	4.50	59.50	4.0
0404-5	4538.94	2.38	1.75	3.00	59.00	2.0
0405-1	3810.83	2.15	1.20	5.50	58.50	2.0
0405-2	3632.47	2.82	1.48	3.00	59.00	1.5
0405-3	3440.79	2.38	1.15	6.50	57.50	1.5
0405-4	3051.18	2.80	1.42	1.50	58.50	3.0
0405-5	4180.77	2.65	1.40	4.50	59.00	3.0
0406-1	4946.19	2.65	1.28	2.00	3.00	4.0
0406-2	3911.04	2.77	1.60	3.00	58.50	4.0
0406-3	3686.58	2.45	1.22	1.50	59.00	4.0
0406-4	3610.43	2.43	1.30	0.50	57.00	4.5
0406-5	3397.20	2.72	1.30	6.50	59.00	2.5
0407-1	4481.21	2.65	1.37	5.00	58.50	3.0
0407-2	5182.71	2.37	1.23	3.50	57.00	4.0
0407-3	3579.63	2.73	1.57	5.00	59.50	3.5
0407-4	5357.75	2.52	1.40	4.50	59.00	3.5
0407-5	3028.70	2.58	1.35	8.50	57.00	3.5
0408-1	4951.21	2.40	1.15	2.00	58.00	1.0
0408-2	3891.27	2.77	1.45	6.00	58.00	3.5
0408-3	3739.64	2.55	1.18	2.50	59.00	4.5
0408-4	3472.48	2.58	1.45	0.50	58.50	1.0
0408-5	3069.19	2.12	1.00	3.50	58.00	4.0
0409-1	3901.26	2.43	1.25	2.00	58.50	4.0
0409-2	3841.00	2.65	1.35	1.50	57.50	4.0
0409-3	3746.28	2.42	1.20	2.00	59.00	3.5
0409-4	4258.01	2.75	1.35	4.50	59.00	4.0
0409-5	4275.11	2.73	1.05	4.50	56.50	2.0
0410-1	4194.18	2.50	1.37	6.50	57.00	3.0

0410-2	3082.86	2.37	1.15	5.00	59.00	3.5
0410-3	3462.66	2.73	1.60	3.50	59.00	2.0
0410-4	4051.60	2.87	1.58	5.00	59.50	4.5
0410-5	4493.96	2.60	1.25	5.00	60.00	4.0
0501-1	3632.09	2.45	1.17	3.00	59.00	2.0
0501-2	3811.02	2.53	1.30	4.00	57.00	2.0
0501-3	3577.35	2.40	1.30	3.00	57.50	1.0
0501-4	2482.96	2.42	1.35	5.00	57.00	1.0
0501-5	5198.11	2.80	1.35	2.00	60.00	2.0
0502-1	4538.76	2.55	1.43	6.50	56.50	2.5
0502-2	3199.08	2.25	1.10	6.00	57.50	4.0
0502-3	4982.59	2.73	1.35	1.00	575.0	1.0
0502-4	3257.42	2.65	1.32	2.50	59.00	4.0
0502-5	3966.54	2.55	1.13	3.00	59.00	1.5
0503-1	4820.21	2.77	1.22	3.50	58.00	1.0
0503-2	4547.84	2.53	1.28	4.50	57.50	2.0
0503-3	3950.86	2.45	1.30	5.00	57.50	1.0
0503-4	5137.72	2.75	1.20	2.50	57.50	3.5
0503-5	2751.94	2.25	1.05	2.50	58.00	3.5
0504-1	5119.32	2.77	1.57	3.50	59.00	4.0
0504-2	3113.02	2.40	1.20	3.00	56.00	4.5
0504-3	3675.54	2.35	1.13	2.50	57.50	1.0
0504.4	4770.97	2.80	1.70	3.00	58.50	4.0
0504-5	2983.20	2.53	1.20	3.00	58.50	2.0
0505-1	4158.41	2.62	1.60	5.00	59.00	1.5
0505-2	4144.97	2.76	1.37	3.50	59.00	1.5
0505-3	3587.32	2.42	1.13	3.50	56.50	1.0
0505-4	3936.98	2.53	1.17	2.50	57.50	4.0
0505-5	3860.53	2.62	1.08	5.50	58.00	3.0
0506-1	4558.96	2.45	1.00	4.00	59.00	1.5
0506-2	2961.43	2.65	1.52	5.50	58.50	1.0
0506-3	2964.50	2.53	1.18	6.50	58.00	4.0
0506-4	3081.57	2.35	1.05	3.00	58.00	3.0
0506-5	3986.76	2.52	1.30	3.50	58.50	2.0
0507-1	3469.92	2.53	1.15	6.00	59.00	4.0
0507-2	3003.30	2.65	1.20	5.00	60.00	3.5
0507-3	3451.54	2.57	1.10	3.00	59.00	1.5
0507-4	2482.50	2.33	1.12	5.50	59.00	3.5
0507-5	3068.53	2.70	1.35	3.50	59.50	1.0
0508-1	3496.06	2.47	1.40	3.00	59.00	2.5
0508-2	3750.84	2.53	1.15	4.50	58.50	4.0
0508-3	2577.58	2.40	1.38	9.00	58.50	1.5
0508-4	4343.57	2.80	1.62	3.00	58.50	4.0
0508-5	2812.64	2.72	1.43	5.00	59.00	4.0
0509-1	4494.31	2.78	1.57	7.00	57.50	2.5
0509-2	4253.53	2.32	1.15	6.00	59.50	3.5
0509-3	3051.13	2.48	1.22	5.50	58.50	4.0
0509-4	3709.01	2.27	1.18	6.50	57.50	3.5
0509-5	3644.72	2.55	1.30	8.00	59.00	4.0
0510-1	4775.97	2.03	1.30	5.50	58.00	3.0
0510-2	3016.06	2.47	1.07	4.0	58.50	3.0

0510-3	4118.03	2.35	1.10	5.00	58.00	4.0
0510-4	3334.36	2.95	1.70	5.00	59.50	2.5
0510-5	3176.21	2.75	1.38	6.00	59.50	3.5
0601-1	2190.36	2.57	1.13	1.37	56.59	4.0
0601-2	3553.90	2.46	1.01	4.61	58.67	2.0
0601-3	4063.55	2.42	1.21	4.56	55.74	2.0
0601-4	4761.95	2.73	1.46	4.38	57.60	4.0
0601-5	3860.20	2.54	1.25	3.09	57.41	4.0
0602-1	6397.71	2.95	1.53	3.83	58.26	2.0
0602-2	3553.38	2.20	1.08	4.51	57.98	3.5
0602-3	5708.37	2.62	1.35	4.37	59.05	1.5
0602-4	3337.18	2.46	1.11	3.11	58.09	2.0
0602-5	3518.61	2.76	1.03	5.31	56.16	3.5
0603-1	5218.62	3.15	1.73	5.60	58.34	4.0
0603-2	4036.15	2.24	1.04	3.41	58.16	1.5
0603-3	4519.61	2.87	1.39	5.23	58.50	3.5
0603-4	3920.51	2.63	1.21	7.81	56.55	4.0
0603-5	2562.29	2.40	1.26	7.03	58.79	3.0
0604-1	4696.71	2.98	1.38	3.74	57.16	1.5
0604-2	4232.47	3.22	1.37	3.96	58.34	1.0
0604-3	4266.85	2.95	1.54	5.70	59.91	3.5
0604-4	2446.65	2.28	.97	4.15	58.48	1.5
0604-5	4561.78	2.50	1.27	4.97	58.84	2.5
0605-1	3374.36	3.37	1.24	4.17	57.65	1.5
0605-2	3548.62	2.48	1.82	3.91	57.51	1.5
0605-3	4070.12	2.72	1.51	4.60	57.72	1.0
0605-4	3457.28	2.60	1.29	2.46	57.79	4.5
0606.5	3447.15	2.35	1.11	3.19	55.84	1.0
0606-1	4222.51	2.43	1.24	3.39	56.91	4.0
0606-2	4825.73	2.32	1.20	1.18	56.08	1.0
0606-3	4167.64	2.45	1.35	5.00	58.91	4.0
0606-4	4192.95	2.75	1.54	3.82	55.74	1.5
0606-5	1611.69	2.58	1.30	3.39	60.29	1.0
0607-1	3621.71	2.62	1.36	3.12	59.03	2.5
0607-2	4335.86	2.73	1.41	4.33	59.41	3.0
0607-3	6420.91	2.40	.90	2.15	56.78	4.0
0607-4	4281.65	2.80	1.43	7.39	56.35	3.0
0607-5	3759.87	2.60	1.50	4.34	56.92	4.0
0608-1	3201.25	2.17	1.12	7.16	58.78	2.5
0608-2	3352.25	2.36	1.34	4.86	58.09	2.5
0608-3	4790.35	2.39	1.16	2.11	58.45	1.5
0608-4	4530.60	2.49	1.20	4.79	57.66	3.5
0608-5	4114.21	2.40	1.26	3.15	59.23	1.5
0609-1	4418.20	2.90	1.56	4.98	58.78	4.0
0609-2	4773.60	2.71	1.38	8.09	58.35	1.5
0609-3	3238.31	2.15	1.11	6.37	56.02	1.0
0609-4	3857.98	2.83	1.55	1.69	58.35	4.5
0609-5	4322.89	2.87	1.44	3.01	57.68	3.5
0610-1	4306.10	2.70	1.51	4.59	59.73	1.5
0610-2	2894.19	2.86	1.52	5.31	57.47	1.5
0610-3	4517.40	2.90	1.48	5.52	57.85	9.0
0610-4	5121.71	2.75	1.42	5.18	55.45	4.0

0610-5	3913.74	2.27	1.02	3.42	55.03	1.5
0701-1	3994.25	3.00	2.00	1.37	56.59	3.0
0701-2	2579.06	2.50	1.12	3.19	58.46	3.5
0701-3	2343.21	2.50	1.20	4.89	58.26	2.0
0701-4	4668.62	2.83	1.43	6.14	56.62	1.5
0701-5	2641.41	2.55	1.11	2.82	58.34	4.0
0702-1	4129.96	2.67	1.41	4.68	60.41	2.0
0702-2	3031.86	2.68	1.41	4.41	59.45	4.0
0702-3	4025.48	2.42	1.04	5.62	57.52	3.0
0702-4	3528.43	2.25	1.07	3.91	58.19	2.5
0702-5	4292.99	2.78	1.37	5.72	55.52	3.0
0703-1	5246.99	2.65	1.23	4.54	55.86	1.0
0703-2	4836.72	2.65	1.26	2.62	56.91	3.0
0703-3	5025.65	2.45	1.12	2.34	56.65	1.5
0703-4	4524.49	2.70	1.43	5.05	59.52	1.0
0703-5	2316.05	2.55	1.36	3.52	59.08	2.5
0704-1	4548.78	2.62	1.41	2.76	57.15	4.5
0704-2	3912.44	2.75	1.57	7.21	56.22	1.0
0704-3	5381.50	2.10	1.38	4.53	58.08	2.5
0704-4	3516.93	2.35	1.13	7.23	57.39	3.0
0704-5	3057.75	2.48	1.51	3.98	55.75	4.5
0705-1	2493.49	2.50	1.10	8.16	59.46	2.5
0705-2	2239.92	2.12	1.99	6.02	58.03	3.5
0705-3	4669.45	2.90	1.67	4.26	58.58	4.5
0705-4	3035.87	2.25	0.99	3.96	58.15	3.0
0705-5	5652.57	2.43	1.21	3.25	58.82	3.0
0706-1	3253.74	2.65	1.21	1.06	59.65	3.0
0706-2	6005.61	2.75	1.32	6.88	58.48	2.0
0706-3	3098.11	2.35	1.22	2.96	56.53	3.0
0706-4	4162.77	2.80	1.41	6.18	55.77	3.0
0706-5	5349.65	2.72	1.61	4.39	57.65	2.0
0707-1	4582.77	2.78	1.49	5.22	59.25	1.5
0707-2	5422.40	2.97	1.63	3.46	60.83	4.0
0707-3	6257.22	2.68	1.27	3.91	57.39	2.5
0707-4	2877.30	2.72	1.37	4.73	58.76	3.5
0707-5	3316.81	2.65	1.20	5.44	59.06	1.0
0708-1	2859.84	2.30	1.13	2.68	57.42	3.5
0708-2	3932.73	2.20	1.55	7.36	58.64	2.5
0708-3	4034.59	2.93	1.38	4.22	56.71	3.0
0708-4	4576.07	2.77	1.46	0.96	59.25	3.5
0708-5	4007.93	2.50	1.18	1.66	59.82	3.5
0709-1	4329.38	2.43	1.16	6.95	63.99	1.0
0709-2	2345.44	2.50	1.24	6.27	58.32	3.0
0709-3	4913.04	2.77	1.48	4.59	58.16	1.0
0709-4	4872.61	2.70	1.47	2.66	58.71	3.0
0709-5	5929.83	2.45	1.34	3.88	57.95	2.0
0710-1	3802.71	2.75	1.18	4.59	60.32	1.0
0710-2	4170.20	2.93	1.56	2.17	57.99	3.0
0710-3	4107.69	2.82	1.46	3.41	57.06	3.5
0710-4	4610.31	2.64	1.44	2.86	58.13	3.0
0710-5	5043.60	2.64	1.41	8.68	57.99	1.0

0801-1	4573.95	2.47	1.28	7.88	56.80	4.0
0801-2	2935.39	2.36	1.18	2.13	57.66	4.0
0801-3	4985.65	2.65	1.19	5.31	58.38	3.0
0801-4	4489.65	2.48	1.30	6.67	55.94	4.0
0801.5	4468.97	2.53	1.31	1.91	57.49	1.5
0802-1	4105.54	2.62	1.30	6.11	57.06	1.5
0802-2	3925.47	2.69	1.25	5.40	56.73	4.5
0802-3	5151.79	2.73	1.30	4.21	57.56	4.0
0802-4	4885.26	2.80	1.44	2.03	56.39	3.5
0802-5	3713.02	2.52	1.25	2.61	59.44	3.0
0803-1	3210.57	2.73	1.29	4.33	56.18	4.0
0803-2	4267.98	2.54	1.25	6.54	57.56	3.0
0803-3	4875.49	2.75	1.27	5.30	56.50	4.0
0803-4	4851.40	2.80	1.29	8.54	56.58	3.5
0803-5	4547.51	2.23	1.02	3.99	58.64	3.0
0804-1	4116.73	2.27	1.10	4.31	57.51	2.0
0804.2	3054.34	2.60	1.22	8.51	59.31	3.0
0804-3	4598.15	2.48	1.23	6.26	56.67	2.0
0804-4	3805.12	2.22	1.20	5.94	57.89	3.0
0804-5	4062.47	2.40	1.25	3.30	56.45	1.0
0805-1	4730.79	2.75	1.48	3.03	57.50	3.0
0805-2	4484.90	2.43	1.01	3.23	58.57	3.5
0805-3	4885.94	2.35	1.06	4.52	57.74	3.5
0805-4	3835.77	2.32	1.16	3.34	60.07	1.0
0806-1	3580.44	2.17	1.07	1.23	58.95	3.0
0806-2	2879.75	2.50	1.32	3.96	57.19	4.0
0806-3	3609.45	2.50	1.13	5.17	59.07	1.0
0806-4	4082.62	2.68	1.36	1.41	56.24	3.0
0806-5	5005.40	2.66	1.36	3.65	56.82	1.5
0807-1	4903.25	2.80	1.33	5.09	58.38	1.0
0807-2	3565.38	2.25	1.15	2.92	56.75	4.0
0807-3	4416.35	2.32	1.21	2.62	56.55	2.5
0807-4	5407.46	2.46	1.40	6.36	54.91	4.0
0807-5	6299.53	2.76	1.57	3.05	56.63	3.5
0808-1	5703.00	2.77	1.46	3.91	57.69	3.0
0808-2	3872.10	2.50	1.21	4.14	56.74	2.0
0808-3	4304.97	2.53	1.25	2.34	58.81	3.5
0808-4	3715.75	2.81	1.46	5.63	57.98	3.0
0808-5	7956.10	3.00	1.18	4.45	57.81	3.0
0809-1	5852.81	2.70	1.27	5.77	58.15	3.5
0809-2	5043.16	2.52	1.29	3.84	58.19	3.0
0809-3	5426.42	2.95	1.60	6.57	58.44	2.0
0809-4	4147.96	2.50	1.32	4.78	58.81	4.0
0809-5	4894.51	2.95	1.50	3.19	56.09	2.0
0810-1	5789.16	2.82	1.19	1.43	56.67	3.5
0810-2	5339.01	2.70	1.26	3.88	57.74	4.5
0810-3	4134.29	2.78	1.40	4.20	55.60	2.0
0810-4	4070.12	2.57	1.30	2.90	56.91	2.5
0810-5	2909.50	2.81	1.19	3.65	56.26	3.5
0901-1	2761.40	2.65	1.22	2.33	57.48	3.5
0902-2	2878.33	2.23	1.10	4.19	60.05	4.0

0901-4	5089.62	2.40	1.17	3.63	56.16	3.5
0901-5	4377.80	2.73	1.23	6.41	56.34	3.5
0902-1	4832.44	2.37	1.03	2.73	59.16	1.5
0902-2	5425.71	2.83	1.35	6.05	58.50	2.5
0902-3	5214.61	2.57	1.32	5.13	58.55	3.0
0902-4	4430.76	2.58	1.22	6.35	57.29	2.0
0902-5	4774.80	2.38	1.05	3.06	57.16	3.5
0903-1	3958.70	2.75	1.31	4.06	57.83	1.0
0903-2	3952.35	2.52	1.22	2.81	58.41	2.5
0903-3	3899.03	2.73	1.12	5.25	58.97	1.0
0903-4	3244.58	2.55	1.04	4.08	57.34	3.5
0903-5	5299.82	2.40	1.09	4.78	58.14	1.0
0904-1	4942.21	2.52	1.23	6.52	58.50	1.0
0904-2	3015.68	2.13	1.10	4.20	56.22	3.5
0904-3	3079.76	2.60	1.41	3.06	59.28	2.0
0904-4	3910.90	2.85	1.60	6.30	57.83	2.5
0904-5	4131.99	2.55	1.22	3.50	56.90	3.5
0905-1	4351.77	2.70	1.46	4.79	59.07	3.0
0905-2	4825.18	2.60	1.31	1.61	56.90	2.5
0905-3	4603.61	2.35	1.12	1.93	59.24	4.0
0905-4	5072.94	2.20	1.01	5.50	58.28	4.0
0905-5	3693.31	2.30	1.00	4.23	58.02	1.5
0906-1	4420.90	2.47	1.32	6.44	57.90	1.5
0906-2	4093.77	2.73	1.41	3.91	57.29	3.0
0906-3	4072.05	2.45	1.26	3.16	55.86	1.0
0906-4	4115.71	2.82	1.43	3.10	58.43	4.1
0906-5	3058.64	1.95	0.86	4.93	58.29	3.0
0907-1	2616.29	2.53	1.46	3.13	58.10	3.0
0907-2	4502.09	2.35	1.22	6.37	57.46	4.0
0907-3	4747.10	2.67	1.39	5.05	57.68	4.0
0907-4	5069.85	2.65	1.54	3.91	57.24	1.0
0907-5	3264.97	2.58	1.12	3.65	57.79	2.0
0908-1	3897.11	2.35	1.14	5.85	56.86	1.5
0908-2	3483.77	2.37	1.20	2.64	57.53	3.0
0908-3	3368.48	2.58	1.25	5.46	57.86	3.0
0908-4	4983.47	2.37	1.14	6.28	57.19	3.0
0908-5	3798.86	2.48	1.15	2.85	57.24	4.0
0909-1	4490.25	2.60	1.55	3.58	57.48	4.5
0909-2	3887.38	2.60	1.34	5.29	59.36	1.0
0909-3	4262.07	2.48	1.18	4.32	55.06	2.0
0909-4	4738.51	2.49	1.11	4.06	54.64	1.0
0909-5	4106.81	2.46	1.38	1.01	57.21	1.5
0910-1	4281.83	2.64	1.33	7.83	55.07	4.0
0910-2	2742.57	2.27	1.17	5.03	57.38	3.0
0910-3	2910.73	2.49	1.22	4.77	56.24	1.5
0910-4	3907.04	2.81	1.27	4.96	56.95	2.5
0910-5	3657.82	2.58	1.34	3.32	58.52	1.5
1001-1	6411.90	3.05	1.70	1.05	58.06	1.0
1001-2	4686.41	2.12	1.00	6.25	56.14	3.0
1001-3	5156.73	2.50	1.22	3.54	56.31	2.0
1001-4	3514.35	2.44	1.22	4.36	57.14	1.0
1001-5	4767.49	3.10	1.64	2.68	58.47	2.0

1002-1	3579.20	2.45	1.18	3.76	58.52	1.0
1002-2	3896.04	2.75	1.27	4.48	57.76	1.0
1002-3	5450.66	2.62	1.22	5.19	57.14	1.5
1002-4	3695.13	2.25	1.11	6.67	55.98	1.0
1002-5	3277.35	2.75	1.32	1.91	55.55	1.0
1003-1	5709.01	2.33	1.21	4.86	58.12	1.5
1003-2	3779.68	2.40	1.38	5.68	57.98	4.0
1003-3	2877.16	1.82	1.04	2.38	59.29	1.5
1003-4	2397.73	2.08	1.02	2.13	57.65	2.0
1003-5	3855.95	2.25	1.29	5.31	56.36	1.5
1004-1	5349.39	2.90	1.67	3.17	55.43	4.0
1004-2	3903.76	2.92	1.47	5.41	57.78	2.0
1004-3	4575.21	2.30	1.00	4.61	57.05	2.0
1004-4	5048.06	2.75	1.43	5.40	59.22	1.5
1004-5	3600.53	2.28	1.05	1.21	57.55	4.0
1005-1	4489.30	2.72	1.37	7.03	56.88	2.5
1005-2	3107.81	2.55	1.31	5.61	59.43	4.0
1005-3	3332.64	2.43	1.13	4.83	59.17	2.0
1005-4	4304.09	2.80	1.55	6.04	59.05	3.0
1006-1	4256.17	2.82	1.27	3.70	57.29	2.5
1006-2	4112.67	2.58	1.21	6.15	56.35	4.0
1006-3	2309.64	2.22	1.90	5.97	58.22	4.0
1006-4	2624.26	2.83	1.44	3.67	56.52	2.5
1006-5	4970.07	2.57	1.27	10.41	57.88	3.0
1007-1	4655.27	2.70	1.37	4.10	59.10	2.5
1007-2	2933.96	2.50	1.32	4.96	59.16	3.0
1007-3	3620.80	2.80	1.40	2.69	58.21	4.5
1007-4	2982.89	2.13	1.05	3.39	59.78	1.5
1007-5	3705.64	2.42	1.23	7.18	57.45	5.0
1008-1	4137.76	2.68	1.26	3.50	57.78	2.0
1008-2	4285.87	2.75	1.25	3.82	55.62	3.0
1008-3	4293.84	2.67	1.41	3.89	58.16	2.5
1008-4	4426.65	2.78	1.31	4.12	58.41	1.5
1008-5	4108.66	2.52	1.34	2.83	58.78	1.5
1009-1	4789.16	2.40	1.30	3.59	58.26	1.5
1009-2	4785.23	2.93	1.31	4.83	58.84	4.0
1009-3	4510.76	2.30	1.06	3.77	56.41	2.5
1009-4	6121.84	2.60	1.29	3.10	56.77	2.0
1009-5	4337.85	2.45	1.33	3.30	57.58	1.0
1010-1	5642.88	2.60	1.31	4.54	56.94	2.5
1010-2	4089.76	2.65	1.31	3.23	59.15	1.0
1010-3	3329.13	2.47	1.26	4.09	58.72	2.5
1010-4	3220.57	2.10	1.16	6.32	55.76	3.0
1010-5	4091.46	2.65	1.49	3.52	57.84	3.0