

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY

DIVISION DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y MARITIMAS

COMPARACION DE PROGENITORES Y PROGENIES
F1 Y F2 EN CRUZAS DE MAIZ (Zea mays L.) EN
APODACA, N. L. DURANTE EL VERANO DE 1970

TESIS

ALEJANDRO RAMIREZ PEREZ

1971

TL
SB191
.M2
R36
c.1

35



1080110866

TL
SB191
. M2
-36

040631
TEC.8
1971



INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
DIVISION DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y MARITIMAS

COMPARACION DE PROGENITORES Y PROGENIES F_1 Y F_2 EN
CRUZAS DE MAIZ (Zea mays L.) EN APODACA, N. L.
DURANTE EL VERANO DE 1970

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
P O R
ALEJANDRO RAMIREZ PEREZ

1 9 7 1

8987

A mis Padres

Sr. Julián Ramírez G.
Sra. Elena P. de Ramírez

Con todo mi cariño
y agradecimiento.

A mis Hermanos:

María Elena

Marcela

Julián

Javier

Amelia

Ernesto

Beatriz

Pablo

A mis Maestros

A mis Familiares

A mis Compañeros
y Amigos

Hago patente mi agradecimiento y sincero reconocimiento al Sr. Ing. Pedro Reyes - Castañeda, M.S. por sus valiosos consejos y eficaz asesoramiento en el desarrollo del presente trabajo.

Así mismo agradezco las sugerencias y correcciones del Ing. Raúl Robles S. y del Dr. Gabino de Alba.

I N D I C E

	<u>PAGINA</u>
INTRODUCCION	1
LITERATURA REVISADA	5
Hibridación	5
Heterosis	9
Aptitud Combinatoria.	13
Técnicas de predicción de rendimientos.	16
Experimentos sobre cruzas simples y dobles generaciones F_1 y F_2	18
MATERIAL Y METODOS	23
RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSION.	31
Rendimiento de mazorca y grano	31
Estudio de las líneas	34
Aptitud combinatoria general y específica - de las líneas	38
Sanidad de hoja	43
Rendimiento de grano seco en las generacio- nes F_1 y F_2 de los híbridos dobles	45
Caracteres agronómicos en las generaciones F_1 y F_2 de los híbridos dobles	50
Predicción de la producción de grano seco - de las cruzas dobles en las generaciones F_1 y F_2	51
Porcentaje de olote y sanidad de mazorca y - hoja.	52
CONCLUSIONES	58
RESUMEN	60
BIBLIOGRAFIA.	63
APENDICE DE TABLAS	68

INDICE DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PAGINA</u>
I	Genealogía y origen de 25 variedades estudiadas durante el verano de 1970, en Apodaca, N. L.	24
II	Datos de temperatura y precipitación para los meses de Julio a Noviembre de 1970 en el campo experimental del I.T.E.S.M.	25
III	Producción de grano seco (Y), Kgs./Ha. y número de plantas (X) por parcela, de 25 variedades de maíz sembradas durante el verano de 1970 en Apodaca, N.L. usando una distribución látice simple balanceado 5 x 5 con 6 repeticiones	32
IV	Rendimiento de grano seco, kg/parcela, porcentaje relativo y altura de mazorca de 25 variedades de maíz sembradas en Apodaca, N. L. en verano de 1970.	33
V	Rendimiento en toneladas/Ha. de grano seco y caracteres agronómicos de cinco líneas de maíz autofecundadas que intervienen en la genealogía de los híbridos dobles N.L. H-1, N.L.H-2, y N.L. H-3.	37
VI	Rendimiento de grano seco, tons./ha., de las cinco líneas y de sus diez cruzas simples posibles.	38
VII	Precocidad estimada en número de días al 50 por ciento de floración femenina en el mes de septiembre, de cinco líneas y las diez cruzas simples posibles entre ellas	40

INDICE DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PAGINA</u>
VIII	Precocidad estimada en número de días al 50 por ciento de floración masculina, de las cinco líneas y sus diez cruzas simples posibles.	41
IX	Porcentaje de acame en las plantas de las 5 líneas y sus 10 cruzas simples posibles.	41
X	Sanidad de mazorca, expresado en porcentaje de mazorcas enfermas, de las 5 líneas estudiadas y sus 10 cruzas simples posibles. .	43
XI	Grado de ataque del hongo <u>Helminthosporium</u> spp. en las 5 líneas estudiadas y sus 10 cruzas simples posibles.	44
XII	Rendimiento de grano seco en ton./ha. de los híbridos dobles N.L.H-1, N.L.H-2 y N.L.H-3 en las generaciones F ₁ y F ₂ . Valores promedio de 6 repeticiones, ajustados por covarianza. Datos experimentales y teóricos.	46
XIII	Caracteres agronómicos en las generaciones F ₁ y F ₂ , para los híbridos dobles N.L.H-1, N.L.H-2 y N.L.H-3 y el testigo N.L. VS 1..	50
XIV	Rendimiento probable de grano seco en Ton./ha. de 10 híbridos dobles de maíz en las generaciones F ₁ y F ₂ . Datos promedio de 6 repeticiones.	51
XV	Porcentaje de olote y sanidad de mazorca y hoja, en 25 variedades de maíz cultivadas en el verano de 1970, en Apodaca, N. L. ..	53

INDICE DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PAGINA</u>
XVI	Producción de mazorca (P) en Kgs./parcela y porcentaje de humedad del grano (H) de 25 variedades de maíz sembradas en verano de 1970 en Apodaca, N. L.	69
XVII	Covarianza para corrección de fallas en plantas por parcela y análisis de varianza, bloques al azar para producción de grano, peso seco, de 25 variedades estudiadas.	70
XVIII	Prueba de Duncan para producción de grano, peso seco, ton./ha. corregido por covarianza, de las 25 variedades estudiadas	70
XIX	Comparación ortogonal entre F_1 y F_2 de los tres híbridos dobles experimentales, respecto a producción de grano, peso seco en ton./ha.	70
XX	Análisis de varianza, como bloques al azar, de 25 variedades estudiadas, respecto al carácter porcentaje de olote. . . .	71
XXI	Prueba de Duncan para porcentaje de olote de las 25 variedades estudiadas	71
XXII	Análisis de varianza, como bloques al azar, para 25 variedades estudiadas respecto a la resistencia manifestada al ataque del hongo <u>Helminthosporium</u> Spp	71
XXIII	Prueba de Duncan, para comparar resistencia al ataque del hongo <u>Helminthosporium</u> Spp. en las 25 variedades estudiadas. . .	71

INTRODUCCION

Es ya por demás obvia la importancia que reviste el cultivo del maíz como una de las bases más fuertes de la alimentación humana, sobre todo en ciertos sectores de la población. Por consiguiente, desde hace ya muchos años se le ha dedicado a este cultivo gran parte de los esfuerzos en el avance de la investigación, en el campo del mejoramiento genético de las cosechas. Y lógicamente dentro del mejoramiento del maíz, en el punto que más atención se ha puesto ha sido en la hibridación, trabajo que ha remunerado muy halagadores resultados; en los híbridos se ha logrado superar los rendimientos muy por encima de las variedades originales; se ha obtenido, factor de la mayor importancia, dadas las necesidades del cultivo intensivo y los avances en las técnicas del cultivo mecánico, uniformidad en todos los caracteres agronómicos: floración, crecimiento, altura, posición de mazorca y madurez, entre otras. Se ha conseguido también, aumentar la precocidad de la planta pudiéndose obtener la cosecha más rápido y permitiendo realizar dos y en algunos lugares hasta tres siembras anuales en lugar de una sola que podía hacerse con las variedades originales, dado su ciclo biológico muy largo.

Paralelo a la creación de los híbridos, se derivó la necesidad de desarrollar técnicas que permitieran predecir el rendimiento que manifestaría un híbrido, sin necesidad de llevar a cabo todo el largo proceso, que tomaría por lo menos de 5 a 6 años, desde la creación de líneas puras has

ta la formación del híbrido doble y que al final podría resultar en una variedad pobre en sus rendimientos y cuando no menor, sí igual al de las variedades progenitoras, con lo cual no se conseguiría ningún progreso. Así, estas técnicas debían tener una base que no permitiera errores y pudiera indicar cual habría de ser la combinación óptima entre las líneas y luego entre las cruzas simples posibles - para obtener un buen híbrido comercial. Primero, para la formación de las cruzas o híbridos simples se determinó -- que aquellas líneas que manifestaran una buena aptitud combinatoria general; ésto es, que una línea tuviera posibilidad de combinarse con un grupo presentando siempre buenos resultados y luego escoger entre éstas, la mejor combinación, aptitud combinatoria específica, obteniendo así una buena crusa simple que combinada con otra, resultara en un buen híbrido doble. Pero entre todas las cruzas simples - habría posibilidad de formar muchos híbridos dobles, trabajo nada sencillo, así pues, ¿cómo conocer de antemano el rendimiento que manifestarían esos híbridos? Se tomó como base de las predicciones, el rendimiento promedio de las cruzas simples posibles que podían efectuarse entre las -- cuatro líneas progenitoras del híbrido doble. Ahora bien, ¿es posible confiar en estas técnicas de una manera definitiva para cualquiera región y ecología y para toda variedad con la que se quiera llevar a cabo la hibridación? Se ha manifestado como una desventaja del híbrido el hecho de

que al sembrar la semilla cosechada de la generación F_1 , - se obtiene una cosecha que se ve mermada en sus rendimientos con respecto a la primera. También aquí se desarrolló una técnica que permitió conocer esta disminución en rendimiento de la generación F_1 a la generación F_2 . Fué Wright (10) el que descubrió una fórmula basada en los rendimientos promedio de las cruza simples posibles y en el de las líneas progenitoras. Volviendo a la incógnita anterior -- ¿es confiable?. Existen agricultores que por una u otra razón no tienen la facilidad de adquirir semilla nueva para cada siembra por lo que se ven en la necesidad de utilizar la semilla de segunda generación.

Actualmente son desarrollados en el Campo Experimental del I.T.E.S.M., tres híbridos experimentales con magníficas características agronómicas que los hacen susceptibles de competir con las mejores variedades comerciales -- cultivadas en el Noreste de México, comprobado ya, por lo menos en ciclo de Primavera ¿es similar para ciclo de Verano?

Dadas las condiciones climatológicas que prevalecen - en el ciclo de verano, la producción de semilla en el Campo Experimental se ha visto limitada solamente al ciclo de primavera, con la consiguiente necesidad de almacenar durante 6 meses para distribuir a los agricultores al siguiente año. ¿La producción de semilla de estos nuevos híbridos

se verá limitada a las mismas condiciones?

Los objetivos de este trabajo son:

1.- Comparando rendimientos obtenidos experimentalmente, con rendimientos probables obtenidos por medio de las técnicas existentes, comprobar la veracidad y exactitud de dichas técnicas, tanto en la predicción de rendimientos para el híbrido doble en su generación F_1 como en la F_2 .

2.- Determinar si es o no costeable sembrar la semilla cosechada de la primera generación, en caso de que se vea esa necesidad.

3.- Comprobar si las buenas características de los híbridos desarrollados en el Campo Experimental, siguen prevaleciendo sobre las otras variedades aún en el ciclo de verano.

4.- Estudiar si es posible evitar el almacenamiento de la semilla por 6 meses, produciéndola en el ciclo de verano.

LITERATURA REVISADA

Hibridación.

Reporta Zirkle (38) que los primeros trabajos de hibridación hechos en maíz fueron realizados por Darwin en 1876 tomando plantas de maíz del mismo lote, unas las autopolinizó y otras las cruzó y después sembró la semilla de los dos tipos y observó que aquellas plantas que habían sido autofecundadas presentaban menor altura que las que habían sido cruzadas. Y menciona: "la primera y más importante conclusión sacada de estas observaciones es que la fertilización cruzada es generalmente benéfica y la autofertilización es perjudicial". Posteriormente en 1880 Beal citado por Zirkle (38) logró una auténtica hibridación técnica con dos lotes de plantas del mismo tipo pero que habían estado sembradas por mucho tiempo en lugares muy distantes uno del otro. Beal las puso en surcos alternados y todas las de un mismo lote fueron desespigadas para evitar autopolinización y obtener exclusivamente semilla híbrida. La semilla así obtenida fué sembrada y obtuvo un incremento en el rendimiento de 51% respecto a las cosechas anteriores. Luego en 1892 con las observaciones hechas por G. W. McClure se vinieron a perfeccionar mucho los conocimientos acerca de híbridos y heterosis. El observó:

1.- Que la autofecundación a menudo es acompañada por esterilidad y deformidad.

2.- Que el cruzamiento produce vigor.

3.- Que es imposible decir por adelantado que cruzamiento entre variedades será el que produzca maíz de mayor tamaño.

4.- Que lo que parece ser la mejor mazorca no siempre produce las mayores cosechas.

5.- Que todos los híbridos desarrollados en su segundo año son más pequeños que los del primer año, pero aún son mayores que el promedio de las variedades progenitoras (38).

En el transcurso de algunos experimentos hechos por el editor del American Farmer, con el propósito de crear maíz indio, impregnó los pistilos del grande Tuskarora Blanco con el polen de las espigas del Sioux Dorado. El resultado fué un perfecto híbrido entre los dos.

"El grano fue de un color azufrado del tamaño y forma del tuskarora y como aquel con 8 hileras en la mazorca. Fué una variedad de maíz preciosa. Presentaba las buenas cualidades de los dos sin la desventaja de la mazorca grande y grano pequeño de la Sioux dorada. Sembramos esta semilla y los tallos fueron muy bajos parecidos a los del --

Sioux y el maíz muy temprano en su maduración. Encontramos también que en cada mazorca había ahora granos del color del Tuskarora y otros con el color del Sioux. Pero indudablemente la calidad del maíz fue superior a la de los padres". Este artículo fué publicado en 1832 en Missouri.
(3)

Mangelsdorf (21) en su estudio "Hibridación en la Evolución del Maíz" concluye que:

1o.- Evidencias han sido presentadas para demostrar - que tanto hibridaciones interraciales como interespecífi--cas acompañadas de heterosis han sido factores determinantes en la evolución del maíz.

2o.- El vigor híbrido que ocurre cuando se cruzan razas de maíz es capaz de persistir en parte en subsecuentes generaciones, por tanto el maíz doméstico es potencialmente una planta automejorable.

3o.- Hibridación interespecífica de maíz y teosintle ocurren actualmente en Guatemala y en México y existen evidencias suficientes para afirmar que ocurrió lo mismo en - el pasado.

4o.- Regresión introspectiva de Teosintle en maíz en cultivos experimentales es benéfico algunas veces cuando - los genes del teosintle son heterocigotes pero es siempre

nocivo cuando estos son Homocigotes.

50.- Aún así parece probable que la persistencia de germoplasma de teosintle en el maíz a sido acompañada de complejos modificadores que han hecho a los genes de aquel recesivo en su acción o por el mantenimiento de un estado continuo de heterocigosidad.

60.- La posibilidad de que la heterocigosidad del maíz haya sido preservada por selección natural como en el caso de *Drosophila* es discutible.

Las características de las plantas de maíz en cualquier variedad criolla, concluye Jenkins (17), son muy diversas en los que se refiere a caracteres agronómicos, resistencia a agentes adversos y rendimientos. Mediante la aplicación de un método de mejoramiento es posible producir variedades híbridas las cuales son uniformemente rendidoras, tanto o más que las mejores de polinización libre.

El maíz híbrido no es mas que la primera generación de una crusa entre líneas autofecundadas. La producción de maíz híbrido hace necesario que se lleven a cabo los siguientes pasos.

a) la obtención de líneas autofecundadas por autopolinización controlada.

b) determinación de cuales de las líneas autofecunda-

das pueden combinarse en cruzas productivas.

c) la utilización comercial de las cruzas para la producción de semilla. (25)

Al cruzar variedades ocasionalmente se obtienen poblaciones que representan mayor variación y ocurre un aumento de vigor en la descendencia pudiéndose apreciar sobre todo en la primera generación. Este aumento de vigor se puede manifestar de diferentes maneras como serían: mayor altura de plantas, mayor tamaño de mazorca, mayor rendimiento, mayor precosidad, y mayor resistencia a plagas y enfermedades. (24)

En experimentos realizados en el Campo Experimental del I.T.E.S.M. sobre comportamiento de híbridos en ciclos de primavera y verano obtuvieron los siguientes resultados: en siembras de primavera los híbridos produjeron en promedio 16% más que el promedio de las variedades. En siembras de verano la producción promedio de las variedades fué 36% más que el promedio de los híbridos y en general los híbridos fueron mas precoces, las plantas más cortas, se acamaron menos y las mazorcas fueron más dañadas por insectos. (26)

Heterosis.

La ciencia de la genética ha demostrado que la heren-

cia del maíz respecto a rendimiento es cuantitativa. Es - decir, que el rendimiento de cualquier planta de una variedad, depende del número de grupos de genes diferentes que directa o indirectamente afectan al rendimiento o caracteres agronómicos y que ha heredado de sus progenitores.(34)

Algunos investigadores han desarrollado varias teoorías sobre heterosis, una de ellas, sostenida por Bruce o (25), establece que el mayor vigor es debido a la interacoción de genes dominantes favorables.

De la Loma (5) sostiene en su explicación de la heteorosis que hay diferentes teorías:

1.- Para algunos el vigor híbrido resulta de un estíomulo fisiológico producido por la unión de gametos diferenotes.

2.- Para otros y esta es la creencia más generalizada hoy, la heterosis se debe a la acumulación de factores doominantes en el cigote y sobre todo a la combinación de geones complementarios. El mayor vigor del híbrido se debe a la presencia en el cigote de éste, de un mayor número de ogenes dominantes que en el de los progenitores, por reunoirse en aquel los genes dominantes aportados por éstos.

Hayes (11) en su estudio sobre el desarrollo en el o concepto de heterosis, dice que él considera heterosis co-

mo la expresión normal de un carácter complejo cuando los genes concernientes a éste, están en condiciones de alta heterocigosis. Como la mayoría de los caracteres normales son el resultado final de la acción, reacción e interacción de un número incontable de genes y como la mutación génica ocurre constantemente, aunque relativamente infrecuentemente, puede ser imposible obtener todos los genes esenciales en el estado más favorable de homocigosis. Después de seleccionar a las mejores combinaciones homocigóticas, fuerte vigor será obtenido debido a la combinación heterocigótica de los factores. Dominancia o dominancia parcial, parece ser de gran importancia como una explicación del vigor híbrido. En algunos casos debe de existir vigor extra correlacionado con la condición heterocigótica de pares de alelos. Los tipos de respuesta de la interacción de factores inter o intra alélicos están dependiendo, sin duda, de los factores internos y externos del ambiente.

Whaley (37) en su investigación sobre la fisiología de la acción génica en los híbridos, afirma que: "De tremenda importancia son también las interacciones entre la actividad génica y el medio ambiente. Hablando de vigor híbrido generalmente nos referimos a caracteres como tamaño y rendimiento, pero estos son sólo producto final de los procesos metabólicos, cuyos patrones están en los genes, pero estos procesos pueden verse acelerados, inhibi-

dos o modificados en otra forma por efecto de los factores ambientales. Híbridos particularmente vigorosos bajo ciertas condiciones, pueden mostrar, bajo otras condiciones ambientales, relativamente poco vigor.

La diversidad genética de dos poblaciones medidas por las diferencias en las frecuencias de los genes, fué relacionada al comportamiento heterótico del híbrido, donde la medida de la heterosis fué la desviación de los progenitores. La heterosis se encontró que fué no negativa en el caso de dos alelos, si la dominancia negativa fué excluída. Con más de dos alelos por locus, contribuciones negativas a la heterosis son de esperarse en cierto loci y el efecto puede resultar en un híbrido con valor genotípico igual o inferior al de los progenitores. Esto puede ocurrir aún cuando la dominancia de todos los pares de alelos sea positiva. (4)

A medida que se produce un aumento en la pérdida del vigor por autofecundación disminuye la variación entre las plantas de la progeñie por el aumento de homocigosis. Cuando se cruzan dos líneas consanguíneas de maíz, la F_1 es -- uniforme y no solamente se recupera el vigor perdido, sino que esta F_1 suele ser de un vigor superior al de las plantas en las que se inició la autofecundación; este fenómeno se llama heterosis, llamado también vigor híbrido. La teoría más aceptada es la de la dominancia, en la cual tanto

la disminución de vigor por consanguinidad como la heterosis obtenida por cruzamiento, son fenómenos mendelianos -- que envuelven una interacción entre genes dominantes que -- tienden a aumentar el vigor y genes recesivos que tienden a disminuírlo. (30)

Aptitud Combinatoria.

Por aptitud combinatoria general se entiende la habilidad promedio con respecto a algunos razgos o una combinación sopesada de razgos de un número indefinidamente grande de de progenie de un individuo o línea, cuando es cruzada con una muestra-rango, de una población específica. Aptitud combinatoria específica es definida, como la desvia---ción del promedio de un número indefinidamente largo de -- progenie de dos individuos o líneas, de los valores que seerían esperados sobre la base de conocer la aptitud combinatoria general de esas dos líneas o individuos y la habilidad materna del progenitor femenino. (14)

Entre las pruebas a las que se someten las líneas - - autofecundadas está la de su habilidad o aptitud combinatoria. Esta deberá efectuarse con anterioridad al cruzamiento de las mismas para la obtención de híbridos comerciales. El objetivo del cruzamiento es combinar en una variedad, - las características ventajosas de dos o más líneas, variedades o especies. (19)

La prueba de un gran número de líneas presenta un verdadero problema. Para esto se usan diferentes técnicas, - pero generalmente se usan las líneas sobresalientes, estas son cruzadas con un probador constante o varios probado---res. Estos probadores pueden ser las mejores variedades - criollas o unos buenos híbridos. A este cruzamiento entre líneas endocriadas y un probador se le ha denominado "mes-tizo" y todas las líneas que no demuestren buena capacidad para dar buenos mestizos son eliminadas. A esto se le de-nomina aptitud combinatoria general y puede efectuarse en cualquier etapa de endocría. (34)

Desafortunadamente, dice Díaz del Pino, (6) la apa---riencia de una línea endocriada no indica necesariamente - su valor como progenitor, puesto que algunas líneas autofecundadas de mala apariencia han resultado de gran valor -- cuando se les combina en cruza con otras líneas. A veces sucede lo contrario, algunas líneas muy vigorosas pueden - ser de poco valor en cruzamientos, aunque exista una correlación positiva entre el vigor de una línea y su comporta-miento en híbridos.

Jenkins y Brunson, (16) en estudio de correlaciones - de cruza de líneas con variedades y con líneas, concluyen de la comparación de estas correlaciones que las cruza -- con variedades de polinización libre pueden ser usadas eficientemente en las pruebas preliminares de selección de --

nuevas líneas.

Sprague y Jenkins (32) en un estudio comparativo de variedades sintéticas donde las líneas endocriadas de los híbridos habían sido escogidas por características específicas buenas pero no por su aptitud combinatoria, concluyen que los rendimientos obtenidos no fueron representativos de lo que hubiera de esperarse usando líneas seleccionadas por su aptitud combinatoria.

Hayes, Rinke y Tsiang (13) en estudio comparativo de variedades sintéticas cuyas líneas progenitoras fueron seleccionadas por su aptitud combinatoria, con un híbrido, encontraron que los rendimientos del sintético fueron superiores al de las variedades comerciales e iguales al del híbrido, concluyendo en la importancia de las pruebas de aptitud combinatoria para la selección de líneas.

Líneas de buena aptitud combinatoria fueron seleccionadas a partir de cruzas entre las variedades de las líneas. Fueron estudiadas en las F_1 de cruzas simples divididas en 3 grupos:

- I.- Líneas seleccionadas de cruzamientos entre líneas de tal forma que no tuvieron ningún parentesco ancestral en común.
- II.- Líneas con un progenitor en común.
- III.- Con los dos progenitores en común. El promedio -

en rendimiento del grupo I fué superior al del -- grupo II y mucho más al del grupo III. En comparación a dos híbridos comerciales, el 65% del grupo I no fueron inferiores a dichos híbridos, en -- el grupo II sucedió lo mismo con el 40% de las -- cruzas simples y en el grupo III sólo el 6.6% fueron iguales en rendimiento a los híbridos dobles comerciales. Concluyen en la importancia de la -- diversidad de origen de las líneas. (12)

Técnicas de Predicción de Rendimientos.

Wright citado por Griggs (10), desarrolló una fórmula para predecir la baja en rendimiento que acusa la F_2 de un híbrido:

$$F_2 = \bar{F}_1 - \frac{\bar{F}_1 - \bar{P}_1}{n}$$

En donde \bar{F}_1 es el promedio en rendimiento de las F_1 de todas las cruzas simples posibles entre las líneas.

\bar{P}_1 el promedio en rendimiento de las líneas como tales. n , el número de líneas que intervienen en la formación del híbrido. Esta ecuación nos dice que el rendimiento en F_2 será $1/n$ menor que el rendimiento en F_1 , debido a heterosis.

Jenkins (15) fué el primero que usó los datos de rendimiento de las cruzas simples para predecir los rendimientos de la craza doble. Usó cuatro métodos distintos:

a.- El rendimiento promedio de cualquiera de las cru-
zas dobles posibles será igual al rendimiento promedio de
las cruzas simples que no intervinieron en la craza doble
a predecir.

b.- El promedio de los rendimientos de las 6 cruzas -
simples que pueden hacerse con las 4 líneas autofecundadas
que van a intervenir en la craza doble.

c.- Se determina el rendimiento de los híbridos sim--
ples obtenidos cruzando cada una de las líneas A, B, C y D
con todas las demás líneas autofecundadas disponibles aje-
nas a ellas cuatro ó por lo menos con 10 de ellas. Se pro-
median por separado los rendimientos de los híbridos de A,
los de B, C y D. Se promedian estos cuatro promedios y el
resultado se toma como rendimiento probable de la craza do-
ble en proyecto.

d.- El promedio de los rendimientos de los cuatro hí-
bridos que resultan de cruzar las cuatro líneas en cues---
tión, con la variedad original.

De los resultados obtenidos en su experimento, conclu-
yen Doxtator y Johnson (7) que en cruzas dobles, resultado
de diferentes combinaciones de cruzas simples a partir de
4 líneas, se encuentran diferencias altamente significati-
vas en los rendimientos. Se concluye también que puede --
ser predicho el mayor rendimiento de la craza doble si son

bien usados los datos de rendimiento de las cruzas simples.

En estudio hecho por Anderson (2) respecto a predicción de cruzas dobles basado en el rendimiento promedio de las 4 cruzas simples que no intervienen como progenitores, encontró que en las 15 cruzas dobles estudiadas, los resultados experimentales obtenidos estuvieron muy de acuerdo a los resultados teóricos obtenidos por predicción. Además concluye que para determinar como deben ir combinadas las cruzas simples para formar el híbrido doble, deben ser antes hechas todas las cruzas simples entre las 4 líneas y observar sus rendimientos.

Moll, Salhuana y Robinson (22), examinaron el comportamiento de 15 cruzas de 6 variedades representativas de 3 regiones geográficas de dispersión. En cada uno de estos estudios hubo una correlación positiva entre la diversidad genética, tipo geográfico o tipo de planta, con el grado de respuesta heterótica. Al mismo tiempo cada estudio reveló, que cruzas individuales, no se comportaron como era de esperarse a juzgar por los rendimientos de los progenitores.

Experimentos sobre Cruzas Simples y Dobles, Generaciones F_1 y F_2

Ortíz (23) cita en su investigación, que Sprague y Jenkins obtuvieron rendimientos promedio de cruzas múlti-

ples, que fueron inferiores, en comparación con una mayor producción de diversas cruzas dobles.

Lonquist y Gardner (20) encontraron en cruzas intervaltales entre 12 progenitores representantes de la diversidad germoplásmica de la faja de maíz en E. U., produjeron en promedio las F_1 un rendimiento superior al de los padres. Pero de las 66 F_1 5 de ellas presentaron rendimientos inferiores al promedio de los progenitores.

Si se siembra la semilla obtenida de la primera generación F_1 para obtener la segunda generación F_2 en un híbrido, la descendencia de esta última es más variable que la primera generación y exhibe una heterosis menos intensa que ésta. Este hecho se debe a que los individuos que constituyen la generación F_2 no pertenecen a un mismo genotipo, por haber sufrido una mayor o menor segregación. (31)

En cruzas dobles hechas con dos líneas de cada una de dos variedades distintas, se encontró que aquellas en las que venían juntas las líneas de la misma variedad, en la cruza simple presentaron siempre altos rendimientos. El mayor rendimiento de la cruza doble se obtuvo cuando las líneas combinadas en la cruza simple eran las dos originadas de diferentes variedades. (8)

Wellhausen (35) encontró en un estudio de F_1 , para un gran número de razas de maíz mexicanas, que la respuesta -

heterótica varió desde grandes efectos positivos sobre los padres, hasta rendimientos inferiores a las 2 variedades progenitoras.

Mangelsdorf (21) reporta, en su estudio "Hibridación en la evolución del maíz", trabajo hecho por Neal en 1935 donde comparó rendimientos en F_1 y F_2 de 10 cruzas simples, 4 cruzas de tres variedades y 2 cruzas dobles. La reducción teórica de F_1 a F_2 en los tres grupos, basado en la fórmula de Wright, debían de haber sido 31.1, 21.0 y 15.2% respectivamente; la reducción experimental fué de 29.5, 23.4 y 15.8%. La congruencia de los datos teóricos con los experimentales difícilmente pudo ser mayor.

En experimento realizado por Richey, Strongfield y Sprague, (29) para estudiar la baja en rendimiento de F_1 y F_2 en híbridos dobles de maíz, encontraron que en 10 cruzas dobles estudiadas los rendimientos disminuyeron en rango de 5 a 24% con un promedio de 15.2%. Concluyen que el costo de la semilla de primera generación es insignificante junto al costo de la pérdida por la disminución sufrida en el rendimiento de la F_2 . Las disminuciones más fuertes fueron observadas en aquellas cruzas dobles que presentaron los mayores rendimientos en la generación F_1 .

Se ha demostrado experimentalmente que el agricultor puede sufrir en el rendimiento de sus cosechas de maíz, un descenso de 14 a 17% si no utiliza cada año en sus siem---

bras, semilla original de la cruz a doble. (27)

El maíz híbrido puede producir de 20 a 30% más que -- las variedades criollas, si se siembra buena semilla de un híbrido adaptado. Sin embargo si se reservan las mazorcas de un campo comercial de maíz híbrido, la cosecha siguiente rendirá solo un 12 o 15% más. (28)

Los datos de producción en experimento hecho en La -- Piedad, Michoacán, indican que los híbridos deben rendir - en promedio de 20 a 25% más que las variedades de polinización libre dentro de cualquier región en particular. Pero cuando se trata de rendimiento con generaciones avanzadas, éstas solamente producirán en promedio, alrededor de 7% -- más que las variedades de polinización libre. (1)

Wellhausen (36) menciona un experimento hecho en el - Bajío en donde el rendimiento promedio de las cruza s im-- ples entre las diferentes variedades supera en un 19% al - híbrido regional desarrollado de la mejor de dichas varie-- dades. La heterosis manifestada en el rendimiento de la - F_1 superó en promedio en 164% al rendimiento promedio de - los 2 progenitores.

Vega Lara (33) y Esquer (9), que trabajaron con cru-- zas simples y dobles que forman las variedades híbridas ex-- perimentales N.L.H-1, N.L. H-2, y N.L. H-3, encontraron Ve-- ga Lara, que dos de las seis cruza s simples presentan el -

mismo rendimiento que las tres dobles y las otras cuatro - presentaron rendimientos más bajos. Esquer, trabajando con las mismas líneas, pero en cruzas de 3 líneas y las cruzas dobles de las 3 variedades experimentales, encontró superioridad en rendimiento en 2 de las 4 cruzas de tres líneas, al obtenido en las híbridos experimentales.

MATERIAL Y METODOS

Variedades estudiadas.

El presente trabajo se llevó a cabo en el Campo Agrícola Experimental de la Escuela de Agricultura y Ganadería del I.T.E.S.M. durante el Verano de 1970. Dicho Campo localizado en el Municipio de Apodaca, N. L., a una altitud de 420 mts. sobre el nivel del mar, 25°45' la Latitud Norte y 100°06' de Latitud Oeste.

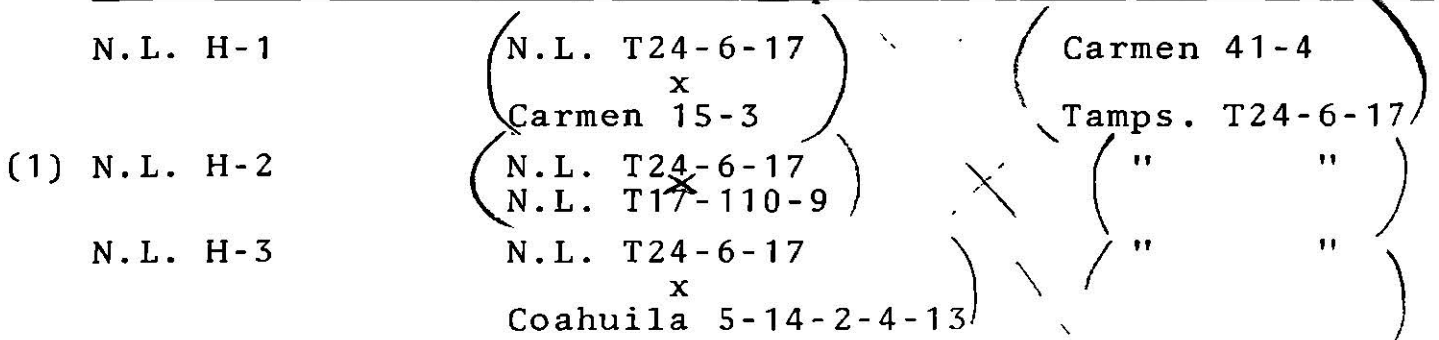
Fueron estudiadas 25 variedades, de las cuales 5 son líneas de varias autofecundaciones previamente seleccionadas; 10 cruzas simples posibles entre las cinco líneas anteriores; 6 cruzas dobles en las generaciones F_1 y F_2 de tres híbridos dobles: N.L. H-1, N.L. H-2 y N.L. H-3; 1 cruza de tres líneas: N.L. VS-1 enano con la cruza simple: -- (Carmen 41-4X Tamps. T24-2-10) que es común en los tres híbridos anteriores; 3 variedades comerciales: H-412, H-105W y N.L. VS-1, ampliamente cultivadas en el Noreste de México. En la tabla I se muestra la genealogía y origen de estas variedades.

Distribución usada.

Para el estudio de estas variedades se utilizó un diseño experimental con una distribución en Látice Simple Balanceado 5 X 5 con 6 repeticiones.

Tabla I.- Genealogía y origen de 25 Variedades estudiadas durante el Verano de 1970, en Apodaca, N. L.

No. de Variedad	GENEALOGIA	Origen AP-70
1	Carmen 41 - 4	44 #
2	Tamps. T24 - 2 - 10	45 #
3	N. L. T17 - 110 - 9	46 #
4	N. L. T24 - 6 - 17	46 #
5	Coahuila 5-14-2-4-13	48 #
6	Carmen 41-4 x Tamps. T24-2-10	44 x 45
7	Carmen 41-4 x N.L. T17-110-9	44 x 46
8	Carmen 41-4 x N.L. T24-6-17	44 x 47
9	Carmen 41-4 x Coahuila 5-14-2-4-13	44 x 48
10	Tamps. T24-2-10 x N.L. T17-110-9	45 x 46
11	Tamps. T24-2-10 x N.L. T24-6-17	45 x 47
12	Tamps. T24-2-10 x Coahuila 5-14-2-4-13	45 x 48
13	N.L. T17-110-9 x N.L. T24-6-17	46 x 47
14	N.L. T17-110-9 x Coahuila 5-14-2-4-13	46 x 48
15	N.L. T24-6-17 x Coahuila 5-14-2-4-13	47 x 48
16	(1) N.L. H - 1	42 x 40
17	(1) N.L. H - 2	41 x 40
18	(1) N.L. H - 3	43 x 40
19	N.L. H - 1 F ₂	AP - 69 4 #
20	N.L. H - 2 F ₂	AP - 69 8 #
21	N.L. H - 3 F ₂	AP - 69 12 #
22	N.L. VS - 1 Enano x (Carmen 41-4 x Tamps. T24-2-10)	23 x 40
23	H - 412	P.N.S.
24	H - 105 W	Cía. Asgrow
25	N.L. VS 1	Campo Experimental



La fecha de siembra fué el 23 de Julio de 1970. La -- siembra fué hecha a mano depositando tres semillas cada 50 cm., en el fondo del surco y cuando las plantas tuvieron una altura aproximada de 30 cms. se efectuó un aclareo dejando dos plantas por mata espaciadas 50 cms., equivalente a una densidad aproximada de 40000 plantas por hectárea. Se utilizaron parcelas de dos surcos de 5 mts. de longitud y 0.92 mt. de anchura, siendo la superficie total del lote experimental de 1380 mts.². El cultivo fué llevado a cabo sin fertilización, bajo condiciaoones de riego recibiendo durante todo el ciclo, cuatro láminas de riego de auxilio y la precipitación que recibió de los meses de Julio a Noviembre fué de 225.5 mm. En la tabla II son presentados los datos de precipitación y temperatura media máxima y mínima de dichos meses.

Tabla II.- Datos de temperaturas y precipitación para los meses de Julio a Noviembre de 1970, en el Campo Experimental del I.T.E.S.M.

	TEMPERATURA EN °C.			PRECIPITACION
	media máxima	mínima		en mm.
Julio (23-31)	27.2	34.1	20.4	5.0
Agosto	27.8	35.2	21.0	30.7
Septiembre	24.6	30.2	18.9	146.1
Octubre	19.8	25.6	13.7	43.7
Noviembre	15.7	24.8	- -	0.0

El control de malezas efectuado con paso de cultivado ras tiradas con tractor y escardas con azadón.

Se hicieron tres aplicaciones de insecticida (D.D.T. al 10%) para controlar: trips (Frankliniella occidentalis) pulga saltona (Chaetocnema spp.) y gusano cogollero (Spodoptera frugiperda).

La cosecha se realizó el 26 de noviembre de 1970. Completando así un ciclo agrícola con un total de 127 días.

Los datos tomados durante el desarrollo del cultivo fueron: Precocidad estimada en número de días al 50% de -- floración masculina y femenina y también en porciento de -- materia seca por la humedad del grano a la cosecha. Acame, altura de planta y mazorca, sanidad de planta, porciento -- de olote y de grano y rendimiento de grano y de mazorca.

Rendimiento de mazorca y grano.-

En la cosecha por medio de una balanza de reloj se obtuvo el peso de campo de las mazorcas de cada parcela.

Para obtener el rendimiento en peso seco de mazorca, al peso de campo se le disminuyó el porcentaje de humedad del grano, se obtuvo el porcentaje de materia seca y por medio de la siguiente fórmula se determinó el peso seco de mazorca.

Peso Seco de Mazorca = $\frac{\text{Peso de Campo} \times \% \text{ Materia Seca}}{100}$

Para determinar el rendimiento de grano en peso seco, hubo necesidad, dada la cantidad de fallas de plantas en las parcelas, de corregir la variación causada por dichas fallas por el método de covarianza y una vez obtenidas las medias de rendimiento corregidas, fueron sometidas a análisis de varianza como bloques al azar para estudiar el comportamiento de cada variedad respecto a rendimiento, habiendo sido comparadas sus medias por la prueba de Duncan.

Caracteres agronómicos.

a) Altura de planta y mazorca. Para determinar altura de planta y mazorca superior, se tomaron al azar cinco plantas en cada parcela y se hicieron las mediciones y luego se calculó el promedio.

b) Acame y plantas quebradas.- El acame se estimó visualmente, contando al momento de la cosecha las plantas que estaban acamadas y expresándolo en porcentaje en relación al número total de plantas de la parcela. El mismo procedimiento se siguió para estimar el número de plantas quebradas.

c) Sanidad de planta.- Se determinó el grado de ataque recibido por el hongo Helminthosporium en sus tres especies: Carbonum, tursicum y maidis, utilizando una escala modificada de Cob, basada en la superficie de la hoja abarcada por cada especie del hongo, cuyas diferencias estru-

ban en el tipo de mancha sobre la hoja, perfectamente caracterizada en cada una de las tres especies. De acuerdo al grado de infestación que se tuvo, se constituyó la escala en ocho grados de ataque para calificar así la incidencia, en cada parcela. Esta escala es mostrada a continuación.

Escala en Por ciento de la superficie foliar abarcada.

0 - Limpio	2 - 10%	5 - 65%
T - Trazas - 0.5%	3 - 25%	6 - 100%
1 - 5.0%	4 - 40%	

Esta medición fue hecha a los 90 días después de la siembra. Posteriormente estos datos fueron sometidos a un análisis de varianza (bloques al azar) para estudiar la variación que presentaron las variedades, a la susceptibilidad o resistencia al ataque.

d) Sanidad de mazorca.- Respecto a éste carácter, se contaron el número de mazorcas por parcela que presentaban daño por: insectos, hongos, pájaros o coyotes y se tomaron como mazorcas enfermas, relacionándose con el número total de mazorcas en la parcela y luego calculando el porcentaje de mazorcas sanas. Estos datos fueron tomados a la cosecha.

e) Porcentaje de olote y grano.- Al momento de la cosecha se tomaron al azar cinco mazorcas por parcela siendo colocadas en bolsas de papel y puestas a secar al sol has-

ta llegar a peso constante. Luego se desgranaron y con los pesos de olote y grano se determinaron sus porcentajes relativos. Con los datos de porcentaje de olote se estudió el comportamiento de las variedades por medio de un análisis de varianza como bloques al azar.

f) Precocidad.

1.- Estimada en días a floración masculina y femenina. Para determinar el número de días al 50% de floración se hizo un reconocimiento visual por parcela y en el momento en que se estimó que la mitad de ésta presentaba ya la inflorescencia masculina descubierta, se anotó la fecha y desde la siembra hasta ésta fecha fue el número de días al 50% de floración masculina. El mismo procedimiento fue utilizado cuando el 50% de las plantas de la parcela habían echado fuera sus estigmas en la inflorescencia femenina, para determinar el número de días al 50% de floración femenina.

2.- Porcentaje de materia seca.- Se tomaron muestras de dos hileras de 10 mazorcas cogidas al azar de cada parcela, de esas muestras colectadas, se tomaron 100 grs. de maíz para determinar el porcentaje de humedad del grano por medio del aparato "Sten Lite", para así poder obtener el porcentaje de materia seca.

Predicción de cruzas dobles en sus rendimientos, generaciones F_1 y F_2 .

Con los valores promedio en rendimiento de las seis cruzas simples posibles entre las cuatro líneas progenitoras del híbrido doble y valores promedio de las cuatro cruzas simples que no fueron alguna de las dos que sirvieron para dar origen al híbrido, se calcularon los rendimientos teóricos probables de los híbridos dobles N.L. H-1 y N.L. H-2 en sus generaciones F_1 y luego fueron comparados con los valores obtenidos experimentalmente.

Con los valores de rendimiento obtenidos de las líneas y de las cruzas simples, utilizando la fórmula de Wright: $F_2 = \bar{F}_1 - \frac{(\bar{F}_1 - \bar{P}_1)}{n}$

en donde \bar{F}_1 : el promedio en rendimiento de las F_1 de todas las cruzas simples posibles entre las cuatro líneas originadoras del híbrido doble.

\bar{P}_1 : el promedio en rendimiento de las líneas como tales.

n : el número de líneas.

se predijeron las disminuciones teóricas en rendimiento de la generación F_1 a la F_2 , en los híbridos dobles y fueron comparados éstos valores con los obtenidos experimentalmente.

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSION

Los datos de campo y valores calculados para los caracteres agronómicos y rendimiento, se presentan en dos partes: a) En este capítulo, y b) En el apéndice.

Rendimiento de mazorca y grano.

La tabla XVI del apéndice muestra la producción de mazorca y el porcentaje de humedad de cada parcela al momento de la cosecha. La tabla III manifiesta la producción de grano ajustado a peso seco y el número de plantas por cada variedad y en cada parcela. Con estos valores se realizó un análisis de covarianza (Tabla XVII Apéndice), usando una distribución en bloques al azar y se ajustaron los valores de producción con la siguiente ecuación:

$$y = \bar{y} - byx (\bar{x} - \bar{\bar{x}})$$

donde \bar{y} es la producción promedio en kg/parcela.

\bar{x} es el promedio de plantas por parcela.

$\bar{\bar{x}}$ es el promedio general de plantas de todas las parcelas. (42.28)

byx es el coeficiente de correlación. (0.0595)

$$y = \bar{y} - 0.0595 (\bar{x} - 42.28)$$

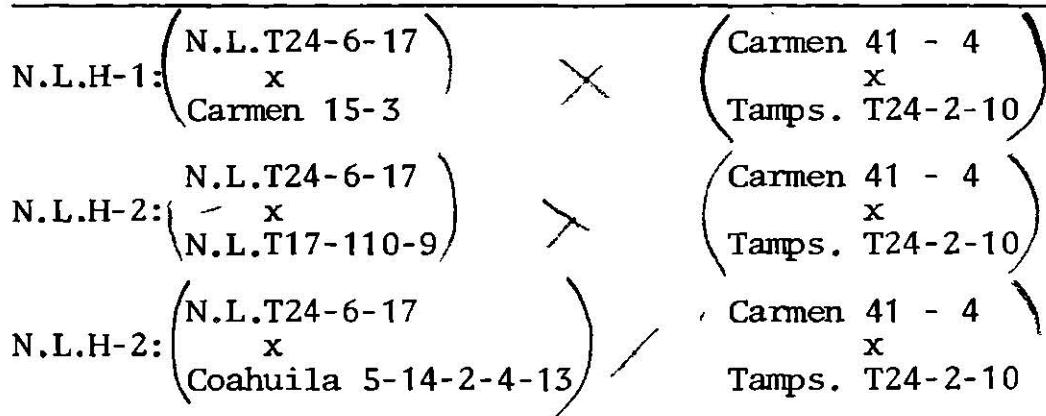
Los pesos de grano seco por parcela y ajustados por covarianza, para cada variedad, se presentan en la tabla IV. Los valores se han ordenado en forma decreciente y se ha calculado el porcentaje relativo a la variedad N.L. VS-1. En la última columna se muestran las pruebas de Duncan.

Tabla III.- Producción de grano seco (Y) Kgs. y número de plantas (x) por parcela de 25 Variedades de maíz sembradas en Verano de 1970, en Apodaca, N. L., usando una distribución latice simple balanceado 5 x 5 con 6 repeticiones.

Núm. Variedad	I		II		III		IV		V		VI		\bar{x}_i	\bar{y}_i
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y		
1	44	1.9	44	1.8	44	1.0	44	1.1	44	1.2	44	1.2	44	1.4
2	44	1.5	40	1.3	41	1.2	36	1.7	20	0.8	38	1.5	36.5	1.3
3	31	1.7	44	2.4	44	1.5	41	2.0	27	1.2	44	2.2	38.5	1.8
4	44	2.3	44	1.9	41	2.1	44	2.5	36	0.7	44	1.2	42.2	1.8
5	44	0.5	44	0.3	44	0.6	27	0.9	33	0.9	39	0.1	38.5	0.5
6	38	3.0	44	3.4	44	3.4	44	4.3	37	3.1	44	4.3	41.8	3.6
7	44	3.5	44	4.0	44	3.5	44	3.9	44	4.2	44	3.9	44.0	3.3
8	38	3.7	44	4.7	44	4.1	44	5.0	44	3.8	44	4.3	43.0	4.3
9	44	3.5	44	3.6	44	3.1	44	3.9	44	3.9	40	3.2	43.3	3.5
10	44	2.9	44	2.7	44	3.8	44	3.7	23	9.9	44	4.2	40.5	3.2
11	44	3.3	44	4.0	44	4.6	44	3.7	44	3.6	37	2.7	42.8	3.7
12	44	2.9	44	3.8	44	3.9	44	3.8	40	4.0	44	3.7	43.3	3.7
13	40	4.1	44	4.6	44	4.4	44	4.6	44	5.2	44	3.9	43.3	4.5
14	44	3.7	34	3.0	37	3.4	44	4.5	23	2.0	44	4.0	37.7	3.4
15	44	4.8	44	3.0	44	2.4	44	4.4	44	3.7	44	3.8	44.0	3.7
16	44	3.2	44	4.5	44	3.2	44	6.0	44	4.7	44	2.7	44.0	4.1
17	44	1.7	44	4.0	44	4.4	44	4.0	44	3.9	44	4.1	44.0	3.7
18	44	1.7	44	3.6	44	4.2	44	3.4	44	3.9	40	3.2	43.3	3.3
19	44	3.3	44	3.5	44	3.3	44	3.3	44	3.1	44	3.8	44.0	3.4
20	44	1.6	44	2.5	44	3.8	44	2.9	44	3.9	44	3.5	44.0	3.1
21	44	2.6	44	3.8	44	3.9	44	3.8	44	3.5	44	4.0	44.0	3.6
22	44	3.1	44	4.0	44	2.2	44	3.6	44	2.9	44	4.3	44.0	3.3
23	34	3.3	32	3.4	41	3.4	37	3.2	44	4.0	41	2.9	38.2	3.4
24	44	0.8	44	1.2	44	1.3	44	0.9	44	1.0	44	1.6	44.0	1.1
25	44	3.3	44	2.7	44	3.1	44	4.6	44	4.4	44	2.5	44.0	3.4

Tabla IV.- Rendimiento de grano seco, Kg/parcela, porciento relativo y altura de mazorca de 25 variedades de maíz, sembrados en Apodaca, N. L. - en Verano de 1970. Datos promedio de 6 repeticiones, ajustadas -- por covarianza a una población de plantas promedio uniforme.

No. de Variedad	GENEALOGIA		Producción Kg/Parcela	% relativo al N.L.VS-1	Altura de Mazorca (Mts.)
13	N.L.T17-110-9	x N.L.T24-6-17	4.39	113.2	1.1
8	Carmen 41-4	x N.L.T24-6-17	4.23	112.9	1.2
16		N.L.H-1 (1)	3.97	111.9	1.0
7	Carmen 41-4	x N.L.T17-110-9	3.75	111.3	1.0
12	Tamps. T24-2-10	x Coah. 5-14-2-4-13	3.63	110.9	0.9
11	Tamps. T24-2-10	x N.L.T24-6-17	3.62	110.9	1.1
23		H-412	3.62	110.8	1.0
15	N.L.T24-6-17	x Coah. 5-14-2-4-13	3.60	110.8	1.2
6	Carmen 41-4	x Tamps. T24-2-10	3.60	110.8	1.0
17		N.L.H-2 (1)	3.58	110.8	0.7
21		N.L.H-3F ₂	3.50	110.5	0.9
9	Carmen 41-4	x Coah. 5-14-2-4-13	3.46	110.4	1.0
25		N.L. VS-1	3.33	100.0	1.3
10	Tamps. T24-2-10	x N.L.T17-110-9	3.32	99.7	0.9
19		N.L.H-1F ₂	3.28	98.5	0.9
18		N.L.H-3 (1)	3.25	97.6	0.8
22	N.L.VS-1 Enano	x (Carmen 41-4 x Tamps. T24-2-10)	3.24	97.3	1.0
14	N.L.T17-110-9	x Coah. 5-14-2-4-13	3.17	95.2	1.1
20		N.L.H-2F ₂	2.95	88.6	0.7
3	N.L.T17-110-9		2.06	61.9	0.7
4	N.L.T24-6-17		1.79	53.8	1.0
2	Tamps. T24-2-10		1.67	50.2	0.7
1	Carmen 41-4		1.28	38.4	0.9
24		H-105W	1.03	30.9	0.7
5	Coah. 5-14-2-4-13		0.73	21.9	0.9



Como se muestra en la tabla IV, las cruzas simples en que intervienen las 4 líneas: Carmen 41-4, Tamps.T24-2-10, N.L. T 17-110-9 y N.L. T 24-6-17, produjeron de 11 a 13 -- por ciento más que la variedad N.L.V.S.-1, igual al H-412 y fueron muy superiores al H-105W. El Híbrido doble N.L.H-2 fué igual al H-412, 10.8% más producción de grano que el N.L.V.S.-1 y muy superior al H-105W. Las líneas N.L. T17-110-9 y N.L. T 24-6-17 resultaron las mejores líneas tanto en su producción como en las cruzas donde intervienen. La línea de comportamiento inferior fué la Coahuila T 5-14-2-4-13.

Estudio de las líneas.

En la tabla V son presentadas las 5 líneas estudiadas con los datos de rendimiento de grano seco en toneladas -- por hectárea y caracteres agronómicos: Sanidad de mazorca expresado en porcentaje, precocidad en días a floración fe menina, acame expresado en porcentaje, sanidad de hoja por ataque de Helminthosporium spp. expresado en escala relati va y altura de planta y mazorca expresada en cms.

Fueron observadas como las mejores líneas por todas - sus características agronómicas y rendimiento, la N.L.T17-110-9 y la N.L. T24-6-17 que intervienen como cruza sim-- ple, hembra progenitora, del híbrido doble N.L.H-2. En -- contraste se observa la línea Coahuila 5-14-2-4-13 que fué la peor tanto en rendimiento como en otras características

agronómicas. Es muy factible atribuir esto a la pérdida de vigor sufrida en las autofecundaciones ya que ésta es la única línea que fué sometida a 5 autofecundaciones, mientras que las demás solamente tienen tres.

Estas observaciones concuerdan con la teoría sobre vigor híbrido citada por Sánches Monge (30) y observaciones del mismo tipo fueron hechas desde los primeros trabajos en hibridación por Beal (38).

En la línea N.L.T 17-110-9 se observó 2.23 ton./ha. de rendimiento mientras que en la Coahuila 5-14-2-4-13 solamente 0.79 ton./ha. Estos datos se ven perfectamente reflejados en los demás caracteres. En sanidad de mazorca, a pesar de que todas las líneas fueron muy atacadas, mientras que la primera presentó el 37.6% de sus mazorcas sanas, la última presentó sólo el 10% de sus mazorcas en buen estado; mientras que la línea N.L.T 17-110-9 fué la más precoz, lo que le ayudó a tener menor incidencia de insectos y hongos en la mazorca y en la planta, dado que su maduración fué más rápida, la Coahuila 5-14-2-4-13 fué la línea más tardía, una diferencia de siete días, lo que contribuyó a aumentar la incidencia de enfermedades y plagas y por tanto hubo menor rendimiento. Esto anterior se ve confirmado por el fuerte ataque de Helminthosporium en las tres especies, sufrido por esta línea.

Respecto al acame, la línea menos acamada fué la Tamps.

T 24-2-10 (45#) con 18.3% y la línea que mayor acame su---
frió fué la N.L. T 24-6-17 (47#) con 65.6%. Estos datos -
se ven en parte reflejados por la altura tanto de planta -
como de mazorca; mientras que la primera fué la que menor
altura presentó de ambos caracteres, hay menor peso, sobre
todo por la posición de la mazorca, que soportar para las
raíces, la última fué la línea que más altura presentó pa-
ra ambos caracteres.

Tabla V.- Rendimiento en toneladas/Ha. de grano seco y caracteres agronómicos (2) de 5 líneas de maíz autofecundadas que intervienen en la genealogía de los híbridos dobles N.L. H-1, N.L. H-2, y N.L. H-3. (Apodaca, Verano de 1970).

No. de Variedad	Rendimiento Ton/Ha. (1)	Sanidad de Mazorca en %	Precocidad en días a floración femenina. Mes de Sept.-	Acame en %	Sanidad de hoja por ataque de -		Altura en Cms. de Planta Mazorca (3)	% Olote		
					Helminthosporium: Carbonum	Tursicum Mardis				
3 N.L.T17-110-9	2.2	37.6	19.3	28.6	2.0	0.7	2.3	153.2	71.9	15.1
4 N.L.T24-6-17	1.9	33.5	22.7	65.6	2.6	1.3	1.8	202.2	102.8	18.7
2 Tamps. T24-2-10	1.8	23.4	20.7	18.3	0.9	1.9	1.6	140.6	73.4	17.0
1 Carmen 41-4	1.4	15.8	21.2	28.0	3.8	1.4	1.0	177.9	87.9	16.5
5 Coah.5-14-2-4-13	0.8	10.0	26.5	38.1	2.3	1.3	3.1	161.7	85.4	27.5

(1).- Valores ajustados por covarianza

(2).- Datos promedios de 6 repeticiones

(3).- Promedio de 30 plantas.

Aptitud combinatoria general y específica de las líneas.

Fueron estudiadas las cinco líneas en su Aptitud Combinatoria General y Específica (14,19) entre ellas mismas, - al cruzarse formando las 10 cruza simples posibles, que - corresponden al número de variedades de la 6 a la 15.

Las características estudiadas en Aptitud Combinatoria fueron: Rendimiento (ton/ha.), precocidad estimada en días a floración femenina y masculina, acame expresado en porcentaje, sanidad de mazorca expresado en porcentaje de ataque, sanidad de hoja por ataque de Helminthosporium en sus tres especies: carbonum, tursicum y maidis. Estos datos -- son presentados en las tablas siguientes.

Rendimiento de grano seco en toneladas/ha.

Tabla VI.- Rendimiento de grano seco, ton./ha., de las 5 - líneas (diagonal) y el de sus 10 cruza simples. Apodaca, Verano 1970.

A.- RENDIMIENTO. En Ton./Ha.							
	44	45	46	47	48	\bar{X}	% Relativo
44	1.40	3.91	4.07	4.59	3.76	4.08	108.5
45	3.91	1.82	3.60	3.93	3.94	3.85	102.4
46	4.07	3.60	2.23	4.77	3.44	3.97	105.6
47	4.59	3.93	4.77	1.94	3.91	4.30	114.4
48	3.76	3.94	3.44	3.91	0.79	3.76	100.0

Respecto a rendimiento se observó la mejor aptitud combinatoria específica en la cruce simple (N.L.T17-110-9 x N.L.T 24-6-17), donde se aprecia claramente la manifestación de la heterosis, por la recombinación de caracteres en forma heterocigótica como manifiesta en su texto De la Loma (5) y Hayes (11) en sus estudios sobre heterosis y -- así mismo las líneas de mejor aptitud combinatoria general fueron la 44 y 47, lo cual sin duda es factor determinante para que manifiesten un gran vigor híbrido en el cruzamiento. (32, 13, 12). También se puede notar la diferencia en rendimiento manifestada por la línea Coah. 5-14-2-4-13 (48) en sus cruces simples con las demás líneas, se observa un aumento de hasta cinco veces el rendimiento respecto a la producción como línea. Aquí se corrobora la importancia de las pruebas de aptitud combinatoria en la selección de una línea. Conclusión manifestada también por Díaz Del -- Pino (6) en sus trabajos sobre aptitud combinatoria de líneas endocriadas.

Precocidad.

Fué estimada en días a 50% de floración femenina y masculina y por el porcentaje de materia seca del grano al cosechar, dada ésta por la humedad del grano al cosechar, como se muestra en la tabla XVI del apéndice. En la siguiente tabla se muestran los datos de precocidad por días a floración de las 5 líneas y sus diez cruces simples.

Tabla VII.- Precocidad estimada en número de días a 50% de floración femenina, en el mes de Septiembre, - de 5 líneas (diagonal) y las 10 cruzas simples posibles entre ellas.

Apodaca, Verano de 1970.

	44	45	46	47	48	\bar{X}
44	21.2	19.5	19.3	20.2	21.5	20.1
45	19.5	20.7	18.2	20.0	19.5	19.3
46	19.3	18.2	19.3	19.3	19.5	19.1
47	20.2	20.0	19.3	22.7	24.0	20.9
48	21.5	19.5	19.5	24.0	26.5	21.1

Los datos presentados en la Tabla anterior, son el número de días del mes de floración, Septiembre, en que las líneas llegaron al 50% de su floración.

Se observó que en general líneas precoces por líneas - precoces, manifestaron tendencia a producir mayor precocidad en la cruce simple y líneas precoces por líneas tar--- días, manifestaron precocidad intermedia en la cruce sim--- ple.

En cuanto al comportamiento de las líneas en floración masculina se observaron los mismos efectos, como se mues--- tra en la siguiente tabla.

Tabla VIII.- Precocidad estimada en número de días al 50% de floración masculina, de las 5 líneas (diagonal) y sus 10 cruzas simples posibles.
Apodaca, Verano 1970.

	44	45	46	47	48	\bar{X}
44	15.5	13.3	14.5	14.8	17.5	15.0
45	13.3	15.2	13.2	14.5	13.5	13.6
46	14.5	13.2	15.2	14.5	15.7	14.5
47	14.8	14.5	14.5	17.5	18.8	15.7
48	17.5	13.5	15.7	18.8	22.1	16.4

Acame.- Fué estimado este carácter en porciento relativo al total de plantas en la parcela. En la siguiente tabla son mostrados los resultados obtenidos.

Tabla IX.- Porcentaje de acame en las plantas de las 5 líneas y sus 10 cruzas simples posibles. Datos -- promedio de 6 repeticiones.
Apodaca, Verano 1970

	44	45	46	47	48	\bar{X}
44	28.0	12.0	27.3	34.1	35.0	27.1
45	12.0	18.3	10.3	30.0	20.4	18.2
46	27.3	10.3	28.6	31.9	44.3	28.5
47	34.1	30.0	31.9	65.6	50.0	36.5
48	35.0	20.4	44.3	50.0	38.1	37.4

Se observó, como lo muestra la Tabla 9, una nueva manifestación en las cruzas simples del vigor híbrido y la cruz simple (Tamps. T24-2-10 x N.L. T17-110-9) ó (45 x 46) -

se manifestó como la mejor aptitud combinatoria específica de la línea Tamps. T14-2-10 (45) que fué la línea que mejor aptitud combinatoria general presentó. La línea N.L. T24-6-17 (47), que fué la que mayor acame presentó, 36.5%, en su aptitud combinatoria general con las demás líneas se mostró buena, reduciendo hasta la mitad su porcentaje de acame, excepto en la crusa simple con la línea Coah.5-14-2-4-13 que comprueba indudablemente, que no es una crusa simple indicada como progenitor en una crusa doble, dada la baja aptitud combinatoria específica de esta línea, - - Coah. 5-14-2-4-13, para con la línea N.L.T 24-6-17 y en general se observa que la aptitud combinatoria de aquella línea no es muy buena. Experimentos hechos por Jones (19) - y por Sprague y Jenkins (32) confirman que de la aptitud combinatoria de una línea, dependerá su selección como progenitor del híbrido.

Sanidad de mazorca.- Estimada en porciento de mazorcas dañadas, con respecto al total de la parcela. Estos datos son mostrados en la siguiente tabla.

Tabla X.- Sanidad de mazorca, expresado en porciento de mazorcas enfermas de las 5 líneas estudiadas y sus 10 cruza simples posibles. Apodaca, Verano 1970

	44	45	46	47	48	\bar{X}
44	85.3	38.7	28.0	21.0	28.1	29.0
45	38.7	76.6	48.6	33.1	42.7	40.8
46	28.0	48.6	62.4	20.9	32.6	32.5
47	21.0	33.1	20.9	66.5	35.1	27.5
48	28.1	42.7	32.6	35.1	90.0	34.6

Como se puede observar en la tabla anterior, las líneas N.L.T 17-110-9 (46) y N.L.T 24-6-17 (47) se vuelven a manifestar como las mejores en aptitud combinatoria general y específica, resultando la cruza simple de estas dos la que menor ataque, 20.9%, por insectos y hongos, sufrió en sus mazorcas. El porcentaje de ataque se redujo desde 66% hasta 20% en la cruza simple. La línea Coah. 5-14-2-4-13 (48) que como tal había tenido sólo el 10% de sus mazorcas sanas, en las cruza simples aumenta hasta un 72% de mazorcas sanas.

Sanidad de hoja.- Fué estimada por el grado de ataque del hongo Helminthosporium en sus tres especies: carbonum, tursicum y maidis. Los datos que se muestran en la tabla siguiente son expresados en escala relativa a porcentaje de área foliar abarcada. (material y métodos).

Tabla XI.- Grado de ataque del hongo Helminthosporium spp. en las 5 líneas estudiadas y sus 10 cruzas simples posibles.

Apodaca, Verano de 1970.

Especie.- Carbonum.

	44	45	46	47	48	\bar{X}
44	3.8	2.0	1.8	1.8	2.0	1.9
45	2.0	0.9	1.1	1.1	1.0	1.3
46	1.8	1.1	2.0	1.6	0.7	1.3
47	1.8	1.1	1.6	2.6	1.6	1.5
48	2.0	1.0	0.7	1.6	2.3	1.3

Especie.- tursicium

	44	45	46	47	48	\bar{X}
44	1.4	1.3	0.8	1.3	0.7	1.0
45	1.3	1.9	0.6	1.1	1.0	1.0
46	0.8	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7
47	1.3	1.1	0.6	1.3	0.7	0.9
48	0.7	1.0	0.7	0.7	1.3	0.8

Especie.- maidis.

	44	45	46	47	48	\bar{X}
44	1.0	1.6	1.8	1.5	1.8	1.7
45	1.6	1.6	1.8	2.0	1.6	1.8
46	1.8	1.8	2.3	2.0	1.5	1.8
47	1.5	2.0	2.0	1.8	1.8	1.8
48	1.8	1.6	1.5	1.8	3.1	1.7

En general se observó respecto a este carácter analizado, que hubo una mayor resistencia en las cruzas simples al ataque del hongo en sus tres especies. La línea N.L. T17-110-9 (46) fué la que mejor aptitud combinatoria presentó para resistir al ataque de Helminthosporium carbonum y específicamente la craza de esta línea con la Coah.5-14-2-4-13 (48). Lo mismo sucedió con Helminthosporium tursicum volviendo a manifestarse las líneas N.L. T17-110-9 (46) y N.L. T24-6-17(47) en sus aptitudes para combinarse tanto en general como específicamente entre ellas dos. La línea Carmen 41-4 (44) fué la que mejor resistencia presentó al ataque de Helminthosporium maidis, en sus combinaciones -- con las demás líneas para formar las cruzas simples.

En todas estas características estudiadas se manifestó la superioridad de la craza simple (N.L. T17-110-9 x N.L. T24-6-17) ó (46 x 47), lo cual la viene a poner como el mejor progenitor para dar origen al híbrido doble, quedando asegurado, en base a las pruebas de aptitud combinatoria, que será capaz de producir un magnífico híbrido doble, si es que la otra craza simple escogida como el otro progenitor del híbrido, no es de malas características. Pacheco (24) en su estudio sobre cruzas intervarietales enfatiza en las características superiores que pueden llegar a obtenerse en un buen híbrido.

Rendimiento de grano seco en las generaciones F_1 y F_2 de los Híbridos Dobles.

En la tabla XII se presentan los rendimientos de grano seco teóricos y experimentales para los Híbridos Dobles N.L. H-1, N.L.H-2 y N.L. H-3.

Tabla XII.- Rendimiento de grano seco en Toneladas/Ha. de los híbridos dobles N.L. H-1, N.L. H-2 y N.L. H-3 en las generaciones F₁ y F₂. Valores promedio de 6 repeticiones, ajustados -- por covarianza. Datos experimentales y teóricos.

HIBRIDO	Apodaca, Verano 1970.					
	F ₁		F ₂		Disminución en % de	
	Experimental	Teórico	Experimental	Teórico	a	F ₂
N.L. H-1	4.31	—	3.57	—	18.2%	—
N.L. H-2						
a).-		4.15		3.57		
b).-	3.89	4.05	3.21	3.50	17.6%	14.0%
N.L. H-3						
a).-		4.01		3.38		
b).-	3.53	4.06	3.80	3.41	- 7.7%	15.7%

a).- Rendimiento promedio de las 6 cruzas simples posibles a partir de las 4 líneas que forman el híbrido doble.

b).- Rendimiento promedio de las 4 cruzas simples que no intervienen en la formación del híbrido doble.

Como se observa en la tabla anterior, los datos de rendimiento presentados son experimentales y teóricos obtenidos por predicción; en base al promedio de rendimiento de las cruzas simples para calcular el rendimiento de los híbridos en su primera generación F₁ y por medio de la fórmula de Wright para obtener el rendimiento de los híbridos -

en su segunda generación F_2 . Respecto al N.L. H-1, solamente se presentan los resultados experimentales ya que los teóricos no pudieron ser predichos, por no estar en estudio una de las cuatro líneas que lo constituyen.

La disminución que sufrió el rendimiento del híbrido doble N.L. H-1, de su generación F_1 a la F_2 fué de 4.31 a 3.57 ton./ha. respectivamente, lo que representa un 18.2%. Este fué el híbrido que mayor rendimiento tuvo en la F_1 y también fué el que mayor disminución sufrió en el rendimiento a la F_2 . Esto es explicable, ya que mientras mayor sea la recombinación de caracteres en el híbrido y por tanto manifieste mayor vigor, así el rendimiento en F_2 será también menor, debido a que la segregación es más intensa y como consecuencia existirá mayor variación en la población lo que se verá reflejado en un bajo rendimiento. Experimentos realizados por Richey Strongfield y Sprague (29) confirman que hay una pérdida de vigor en el híbrido hacia su generación F_2 , fluctuando entre 5 y 24% del rendimiento en la generación F_1 . Sánchez Morge (31) está de acuerdo con esta teoría.

Los datos reportados por el híbrido doble N.L. H-2, indican una alta concordancia entre los resultados teóricos obtenidos por predicción, tanto en F_1 como en F_2 , con los datos reales experimentales obtenidos en el campo. En la generación F_1 , el rendimiento experimental fué de 3.89 ton/ha. y el rendimiento teórico fué de 4.05 ton/ha. En

la generación F_2 el rendimiento experimental fué de 3.21 ton/ha. y el teórico fué de 3.5 ton/ha. Esta disminución representó un 17.6%, acercándose mucho al dato correspondiente reportado por el N.L. H-1.

En el N.L. H-3 se aleja un poco lo experimental de lo teórico. El rendimiento experimental obtenido en la generación F_1 fué de 3.57 ton/ha., mientras que el teórico fué de 4 ton/ha. En cuanto a la F_2 , en lugar de haber sufrido la disminución normal, aumentó ligeramente el rendimiento a 3.8 ton/ha., lo que significa un porcentaje de 7.7%, --- mientras que el rendimiento teórico obtenido por la F_2 fué de 3.38 ton/ha., lo cual representa, teóricamente, una disminución de F_1 a F_2 de 15.7%.

Estadísticamente los rendimientos de los tres híbridos dobles fueron iguales, a pesar de que la diferencia -- del N.L. H-1 al N.L. H-2 representa 0.78 ton/ha. La disminución en el rendimiento de las F_1 a las F_2 de los tres híbridos dobles experimentales, en promedio representan una diferencia altamente significativa, como se muestra en la Tabla XIX del apéndice, equivalente a 0.4 toneladas por -- Ha. aproximadamente.

En cuanto al aumento registrado en el N.L. H-3 de 7.7% de la generación F_1 a la F_2 , que por supuesto no es significativo y además es un resultado que no se aleja de la -- realidad y corroborado hasta cierto punto por los resulta-

dos obtenidos en experimentos semejantes (29). Este efecto podría ser explicable, dado que las líneas progenitoras de los tres híbridos son de pocas autofecundaciones y por lo tanto no es de esperarse que alcancen un estado avanzado de homocigosis y por el contrario, son todavía líneas heterocigóticas que al combinarse producen el híbrido doble en su primera generación y posteriormente al venir la segregación de caracteres en la F_2 , pueden sufrir nuevas recombinaciones que le confieran mayor vigor al híbrido.

De la Loma (5) sostiene que el mayor vigor del híbrido se debe a la presencia y combinación de genes complementarios y dominancia. Hayes (11), dice que fuerte vigor es obtenido debido a la combinación heterocigótica de los factores en combinación con dominancia. Y también en algunos casos puede existir vigor extra correlacionado con la condición heterocigótica de pares de alelos.

En general los tres híbridos se comportaron bien y fueron superiores en rendimiento a las variedades testigo y además los datos reportados en otras características agronómicas también se muestran muy deseables. No obstante, es clara la diferencia manifestada respecto al cultivo en ciclo de Primavera, en el cual estos híbridos han probado ser de una superioridad indiscutible sobre las mejores variedades comerciales, actualmente cultivadas en el Noroeste de México. Si no se manifiestan de la misma forma en el cultivo de ciclo de Verano, es por las condiciones tan adversas que presenta el medio, para su desarrollo. (26)

Caracteres agronómicos en las generaciones F₁ y F₂ de los Híbridos Dobles.

Tabla XIII.- Caracteres agronómicos en las generaciones F₁ y F₂, para los Híbridos Dobles N.L. H-1, N.L. H-2, N.L. H-3 y el testigo N.L. VS-1. Apodaca, Verano 1970

VARIEDAD	GENERACION	ALTURA Planta mazorca (cms.)	ACAME (%)	SANIDAD DE MAZORCA (%)	SANIDAD DE HOJA por ataque de <u>Helminthosporium spp.</u> <u>carbonum tursicum maidis</u>	OLOTE (%)	PRECOCIDAD Días a floración femenina.		
N.L. H-1	F ₁	172.0	18.2	68.5	1.8	0.6	1.5	14.8	19.3
	F ₂	170.8	20.8	70.1	2.1	1.0	1.8	17.1	20.0
N.L. H-2	F ₁	153.8	14.8	61.3	2.3	0.8	1.7	15.0	19.8
	F ₂	162.8	31.8	59.2	3.0	1.1	1.5	17.1	20.0
N.L. H-3	F ₁	151.2	20.5	56.8	1.6	1.1	1.6	16.5	20.5
	F ₂	171.1	20.8	64.3	2.0	1.3	1.6	15.2	20.8
N.L. VS-1		215.6	34.1	66.4	2.3	1.4	2.0	18.3	25.3

Producción de la producción de grano seco de las cru-
zas dobles en las generaciones F_1 y F_2 .

Con los valores ajustados por covarianza de la tabla
III para la producción de grano. Se calcularon los valo-
res probables de los posibles híbridos dobles en las gene-
raciones F_1 y F_2 .

Tabla XIV.- Rendimiento probable de grano seco en Ton/Ha.
de 10 híbridos dobles de maíz en las generacio-
nes F_1 y F_2 . Datos promedio de 6 repeticiones.
Valores ajustados por covarianza.

Apodaca, Verano 1970				
ORIGEN		F_1	F_2	DISMINUCION EN %
(44x46)X(45x47)	a).-	4.15	3.57	13.9
	b).-	4.22	3.63	14.1
(44x47)X(45x46)	a).-	4.15	3.57	13.9
	b).-	4.17	3.59	13.9
(44x46)X(47x48)	a).-	4.09	3.47	15.3
	b).-	4.14	3.50	15.4
(44x47)X(46x48)	a).-	4.09	3.47	15.3
	b).-	4.13	3.49	15.4
(44x48)X(46x47)	a).-	4.09	3.47	15.3
	b).-	4.01	3.40	15.1
(44x48)X(45x47)	a).-	4.01	3.38	15.7
	b).-	4.05	3.44	15.9
(44x47)X(45x48)	a).-	4.01	3.38	15.8
	b).-	3.88	3.28	15.4
(44x45)X(46x48)	a).-	3.79	3.23	14.7
	b).-	3.85	3.27	14.9
(44x48)X(45x46)	a).-	3.79	3.23	14.7
	b).-	3.84	3.27	14.9
(44x46)X(45x48)	a).-	3.79	3.23	14.7
	b).-	3.68	3.15	14.4
	\bar{x}	3.998	3.401	14.93

a y b).- Ver Tabla XII.

En la tabla anterior se presentan los datos teóricos de rendimiento de grano, peso seco, de 10 híbridos dobles teóricamente formados con las 10 cruzas simples en estudio. Son dados, los rendimientos tanto de F_1 como de F_2 , en base a las fórmulas de predicción ya mencionadas y usadas en el caso de los tres híbridos dobles N.L. H-1, N.L. H-2 y N.L. H-3. Los híbridos van ordenados en orden decreciente de rendimiento y se puede observar que los mayores rendimientos son obtenidos en aquellas cruzas en las que intervienen siempre las dos líneas N.L. T17-110-9 y N.L. T24-6-17, mientras que en los híbridos que más bajos rendimientos presentan, se nota la ausencia de alguna de las dos. Este hecho sigue confirmando la certeza que se tuvo al escoger a esas dos líneas en su crusa simple como progenitor femenino en el híbrido doble N.L. H-2.

La disminución de rendimientos de F_1 a F_2 de los híbridos teóricos fué un promedio de 14.9%. Este dato concuerda perfectamente con otros experimentos realizados en otras localidades, durante muchos años y con muchos híbridos, -- así como con los datos obtenidos experimentalmente con los híbridos dobles N.L. H-1 y N.L. H-2. (29, 27, 28, 1).

Porcentaje de olote y sanidad de mazorca y hoja.

La Tabla XV muestra el porcentaje de olote y la sanidad de mazorca y hoja, estimado en porcentos de daño, de las 25 variedades estudiadas.

Los análisis de variación y las pruebas de Duncan pa-

ra el estudio de estos caracteres, son mostrados en las Tablas XX, XXI, XXII y XXIII del Apéndice.

Tabla XV.- Porciento de olote y sanidad de mazorca y hoja, en 25 variedades de maíz cultivadas en el Verano de 1970, en Apodaca, N.L.

No. de Variedad	GENEALOGIA	Olote (%)	Mazorcas Sanas (%)	SANIDAD DE HOJA (Porcentaje de ataque de <i>Helminthosporium</i> spp. expresado en valores relativos).
5	Coahuila 5-14-2-4-13	27.5	10.0	51.7
1	Carmen 41-4	16.5	15.8	45.3
4	N.L. T24-6-17	18.7	33.5	38.5
20	N.L. H-2. F ₂	17.1	59.2	36.7
25	N.L. VS-1	18.3	66.4	34.0
3	N.L. T17-110-9	15.1	37.6	33.4
19	N.L. H-1 F ₂	17.1	70.1	32.4
22	N.L. VS-1 Enano X (Carmen 41-4 x Tamps. T24-2-10).	15.53	57.0	33.4
17	(1) N.L. H-2	15.0	61.3	31.9
2	Tamps. T24-2-10	17.0	23.4	31.3
21	N.L. H-3 F ₂	15.2	64.3	31.3
9	(Carmen 41-4xCoah. 5-14-2-4-13).	16.8	72.0	30.0
6	(Carmen 41-4xTamps. T24-2-10).	15.7	61.3	29.8
18	(1) N.L. H-3	16.5	56.8	28.9
8	(Carmen 41-4xN.L. T24-6-17)	14.2	79.0	28.4
7	(Carmen 41-4xN.L. T17-110-9)	13.7	72.1	28.0
23	H-412	14.6	61.4	27.8
11	(Tamps. T24-2-10xN.L. T24-6-17)	16.9	66.9	27.7
13	(N.L. T17-110-9xN.L. T24-6-17)	13.7	79.2	27.7
15	(N.L. T24-6-17xCoah. 5-14-2-4-13).	16.3	64.9	27.6
16	(1) N.L. H-1	14.8	68.5	27.1
24	H-105 W	25.0	5.9	25.1
10	(Tamps. T24-2-10xN.L. T17-110-9)	14.1	51.4	24.1
12	(Tamps. T24-2-10xCoah. 5-14-2-4-13)	17.7	57.3	23.7
14	(N.L. T17-110-9xCoah. 5-14-2-4-13)	15.5	67.4	20.7

	N.L. H-1	(N.L. T24-6-17 X Carmen 15-3)	X	(Carmen 41-4 X Tamps. T24-2-10)
(1)	N.L. H-2	(N.L. T24-6-17 X N.L. T17-110-9)	X	(Carmen 41-4 X Tamps. T24-2-10)
	N.L. H-3	(N.L. T24-6-17 X Coah. 5-14-2-4-13)	X	(Carmen 41-4 X Tamps. T24-2-10)

Como se observa en la tabla anterior, el mayor porcentaje de olote, 27.5% y 25%, fueron observados en la línea Coahuila 5-14-2-4-13 y el híbrido H-105W, una de las tres variedades testigo. Entre ellas dos fueron diferentes y también diferentes al resto de las variedades. Esto se refleja claramente por el hecho de que fueron las variedades que menor sanidad de mazorca presentaron, las de más bajos rendimientos y también las que mayor incidencia o ataque de Helminthosporium spp. reportaron. Así pues se observa que el mayor porcentaje de la mazorca fué ocupado por el olote habiendo casos de mazorcas que solo presentaron unos cuantos granos y de ellos la mayor parte podridos por el ataque de hongo, insectos y pájaros.

El menor porcentaje de olote 13.7%, característica muy deseable, fué presentado por las cruza simples (Carmen 41-4 x N.L. T17-110-9 x N.L. T24-6-17), que también fueron las variedades que mayores rendimientos, en grano peso seco, reportaron.

Los híbridos dobles N.L.H-1 y N.L.H-2 presentaron bajo porcentaje de olote y estadísticamente fueron iguales a las variedades de menor porcentaje que son las dos cruza simples antes mencionadas. En esta categoría entró una de las variedades testigo, el híbrido H-412. El N.L.H-3 y el N.L.VS-1 presentaron porcentajes más altos de olote, 16.5 y 18.3% respectivamente, y estadísticamente diferentes a -

las anteriores e iguales a la tercera variedad que mayor porcentaje reportó, línea N.L. T24-6-17 con 18.7%.

En las F2 de los híbridos dobles se manifestó un efecto contrario al manifestado en las F1; pues aquí mientras las F2 del N.L.H-1 y N.L.H-2 aumentaron su porcentaje de olote, el del N.L.H-3 se vió reducido a los porcentajes que habían manifestado las F1 de los otros dos híbridos. También explicable por las condiciones de rendimiento; en el N.L.H-1 y el N.L.H-2 bajó éste de la F1 a la F2 y en cambio, como se vió antes, en el caso del N.L.H-3 aumentó ligeramente. Este dato viene a reafirmar el hecho de que en realidad hubo un ligero aumento, o por lo menos no hubo descenso, de la F1 a la F2 del híbrido N.L.H-3 y que no fué una mera falla en los cálculos o un error cometido en el manejo al pesar o algo semejante.

Por lo demás el resto de las variedades se comportaron más o menos igual, notándose la ligera tendencia de aumento en el porcentaje de olote, sobre las líneas.

Para llevar a cabo el análisis de sanidad de hoja, se sumó el ataque total de las tres especies del hongo, obteniendo un porcentaje total por variedad. Dado que este carácter no es totalmente de tipo cuantitativo y por lo tanto no tiene la distribución normal que es dado para el de tipo cuantitativo, se hace más difícil de estudiar por medio del análisis de varianza. Por esta razón se utilizó -

la tabla de números relativos para porcentajes y poder así someter los datos al análisis.

La diferencia entre variedades fué altamente significativa, según lo indica el análisis de varianza. De la prueba de Duncan se desprenden los siguientes resultados: Las líneas Coahuila 5-14-2-4-13 y Carmen 41-4, fueron las que mayor ataque presentaron siendo estadísticamente diferentes al resto de las variedades. La variedad No. 14, cruza simple (N.L.T17-110-9 x Coah.5-14-2-4-13) fué la que menor incidencia tuvo o bién la que mayor resistencia presentó al ataque del hongo. Iguales a ésta, estadísticamente, fueron también los híbridos dobles N.L.H-1, N.L.H-2, H-412 y H-105W, estos dos últimos, variedades testigo. Además la cruza simple (N.L.T17-110-9 x N.L.T 24-6-17), volviendo a sobresalir también para este carácter. Los tres híbridos dobles N.L.H-1, N.L.H-2 y N.L.H-3 resultaron iguales y se nota un incremento en la incidencia del hongo en las F2 de éstos, seguramente como consecuencia de la pérdida de vigor o heterosis sufrida en la segunda generación.

Las cinco líneas en estudio, en general fueron las que mayor susceptibilidad presentaron al ataque. Cuestión también por demás lógica dado la pérdida del vigor sufrida con las autofecundaciones.

El N.LVS-1, la otra variedad testigo, ocupó el quinto lugar en la incidencia del hongo, aunque estadísticamente

resultó igual a las variedades testigo y a los híbridos do
bles experimentales, siendo diferente sólo con tres varie-
dades, las que mayor resistencia reportaron y las tres fuere
ron cruzas simples. Entre éstas últimas no hubo diferen-
cia y en general manifestaron resistencia al hongo.

CONCLUSIONES

- 1.- Las técnicas de predicción de rendimientos en las generaciones F 1 y F 2 de los híbridos dobles descubiertas por Jenkins, para predecir el rendimiento de la F 1 y por Wright, para predecir la disminución en rendimiento que sufre la F 2 del híbrido, son de gran exactitud y muy confiables, sobre todo en aquellos casos en que las líneas que forman el híbrido doble han sido sometidas a varias autofecundaciones, para lograr un alto grado de homocigosis.
- 2.- No es costeable económicamente sembrar la semilla cosechada de la primera generación del híbrido doble, pues representa pérdidas en rendimiento de hasta 18 por ciento, equivalente a más de media tonelada por hectárea.
- 3.- En general los tres híbridos dobles experimentales mostraron buen comportamiento respecto a las variedades testigo, siendo muy superiores en cuanto a rendimiento y otras características agronómicas a la variedad H-105 W y con respecto al N.L.V S 1 y al H-412 resultaron en general, con características agronómicas más deseables.
- 4.- En siembras de verano la producción de semilla de las líneas que intervienen en los híbridos N.L. H-1, N.L. H-2 y N.L. H-3, no es recomendable. Los híbridos ---

simples y dobles que se estudiaron, también presentan problemas en su producción y únicamente sería recomendable la producción para semilla, en caso de emergencia. Los datos sugieren que para Apodaca N.L., en siembras de verano, las enfermedades causadas por Helminthosporium spp. aún no son factores limitantes en la producción de los híbridos. Pero hay líneas -- que manifiestan susceptibilidad.

R E S U M E N

El principal objetivo del presente estudio, fué el de evaluar las características de tres híbridos dobles experimentales, N.L. H-1, N.L. H-2 y N.L. H-3 y observar su comportamiento durante el ciclo de Verano. Dichos híbridos forman parte del programa de mejoramiento genético, que actualmente se lleva a cabo en el Campo Agrícola Experimental del Instituto Tecnológico, situado en Apodaca, N.L.

Para llevar a efecto la evaluación, también se pusieron en estudio las líneas progenitoras de estos híbridos y sus diferentes combinaciones en cruzas simples. Además se observó y estudió el comportamiento de los híbridos en su generación avanzada F_2 . Hubo tres variedades comerciales como testigos: el N.L. VS-1, Variedad sintética desarrollada en el Campo Experimental del I.T.E.S.M., el híbrido de la Productora nacional de Semilla H-412 y el híbrido H-105W de la compañía Asgrow. Las tres variedades son las que actualmente tienen mayor aceptación y las de mayor cultivo en el Noreste de México.

Las variedades fueron sembradas el 23 de Julio de --- 1970 y cosechadas el 26 de Noviembre del mismo año. Durante el desarrollo del cultivo fueron tomados datos de las características agronómicas: Precocidad, altura de la planta y mazorca, sanidad de hoja. Y a la cosecha fueron tomadas otras como: rendimiento de grano y mazorca, acame, sanidad de mazorca, etc.

Los datos colectados se sometieron a análisis estadísticos para estudiar la variación de las variedades y también fueron usados para llevar a cabo predicciones de rendimiento en las generaciones F_1 y F_2 de los híbridos dobles N.L. H-1, N.L. H-2 y N.L. H-3 por medio de las técnicas correspondientes y luego fueron comparados los resultados teóricos con los obtenidos experimentalmente, para observar la concordancia y confiabilidad en el uso de dichas técnicas.

Los resultados obtenidos revelaron que:

Las líneas utilizadas en la formación de estos híbridos -- presentan muy buenas características, particularmente las líneas N.L. T 17-110-9 y la N.L. T24-6-17. Confirmando la buena elección hecha para formar los híbridos.

Los híbridos dobles experimentales N.L. H-1, N.L. H-2 y N.L. H-3 aunque no tienen los rendimientos del ciclo de Primavera, en ciclo de Verano se comportaron bien en cuanto a rendimiento y otras características deseables con respecto a las variedades testigo, aunque su producción para semilla en el Campo Experimental para distribuirla a los agricultores de la región, no es recomendable en el ciclo de Verano, ya que el principal problema que presenta es el de semilla dañada por insectos y enfermedades en mayor escala que para el ciclo de Primavera y como los rendimientos obtenidos son más bajos en ciclo de Verano que en el de --

Primavera, resulta incosteable para el Campo Experimental producir la semilla durante este ciclo.

La baja en rendimiento experimentada en la generación F2 de los híbridos dobles fué de aproximadamente 18%, lo que representa en cifras redondas, aproximadamente 700 kg/ha., por lo cual, económicamente no es recomendable sembrar la semilla obtenida de la primera cosecha, si se tiene a la mano semilla nueva producida en el Campo Experimental u otro centro de distribución.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alvarado, A., Osler R.D. 1955. Fertilización del --- maíz en la Piedad, Michoacán. Agricultura Técnica en México, S.A.G.
- 2.- Anderson, D.C. 1938. The Relation between single and double cross yields in corn. Jour. Amer. Soc. Agron. 30:209-211.
- 3.- Anónimo, 1962. Artículo publicado en Missouri en el año de 1832. Jour. Heredity. 53:99-100.
- 4.- Cress, C.E. 1966. Heterosis of the hybrid related to gene frequency differences between two populations. - Genetics; 53:269-274.
- 5.- De la Loma, J.L. 1954. Genética general y aplicada. UTEHA. México. 2a. Edición pp. 427.
- 6.- Díaz del Pino, A. 1953. Cereales de primavera. A. Salvat. Barcelona, España. pp. 1-117.
- 7.- Doxtator, W.C. y I.J. Johnson, 1936. Prediction of double Cross yields in corn. Jour. Amer. Soc. Agron. 28:460-462.
- 8.- Eckhardt, C.R. y A.A. Bryan, 1940. Effect of the method of combining the four inbred lines of a double cross of maize upon the yield and variability of the resulting hybrid. Jour. Amer. Soc. Agron. 32:347-353.

- 9.- Esquer, R. 1970. Estudio comparativo de variedades -
experimentales y comerciales de maíz en Apodaca, N.L.
I.T.E.S.M. Tesis no publicada.
- 10.- Griggs, Knowles. Introduction to plant breeding. --
Reinhold Publishing Corp., N.Y. Amsterdam, pp. 520.
- 11.- Hayes, H.K. 1952. Development of the heterosis concept
Heterosis. Edit. John W. Gowen. Iow. Sta. Coll. Press.
pp. 49-65.
- 12.- Hayes, J.K. y I.J. Johnson, 1939. The breeding of --
improved selfed lines of corn. Jour. Amer. Soc. Agron.
31:710-723.
- 13.- Hayes, Rinke Tsiang. 1944. The Development of a synthes
tic variety of corn from inbred lines. Jour. Amer. --
Soc. Agron.36:998-1000.
- 14.- Henderson, R.C. 1952. G. Specific and General Combin-
ing Ability. Heterosis.Edit. John W. Gowen Iow. Sta.
Coll. Pres. pp. 352-370.
- 15.- Jenkins, M.T. y A.M. Brunson, 1932. Methods of testing
inbred lines of maize in crossbred combinations. Jour.
Amer. Soc. Agron. 24:523-530.
- 16.- Jenkins, M.T., 1934. Methods of estimating the perform
ance of double crosses in corn. Jour. Amer. Soc. ---
Agron. 24:523-530.

- 17.- Jenkins, C.M., 1936. Corn Improvement. Yearbook of --
Agric. USDA. pp. 455-522. Washington.
- 18.- Johnson, I.T. y K.H. Hayes, 1949. The value in -----
hybrid combinations of inbred lines of corn selected
from crosses by the pedigree method of breeding. Jour
Amer. Soc. Agron. 32:479-485.
- 19.- Jones, A.F., 1920. Selection in selffertilized lines.
As the basis for corn improvement. Jour. Amer. Soc. -
Agron. 12:77-100.
- 20.- Lonquist, J.H. y C.O. Gardner, 1961. Heterosis in --
intervarietal crosses in maize and its implication in
breeding procedures. Crop. Scie. 1:179-183.
- 21.- Mangelsdorf, C.P. 1952. Hybridization in the evolu-
tion of maize. Heterosis. Edit. John W. Gowen Iow. --
Sta. Coll. Press. pp. 175-198.
- 22.- Moll, Salhuana y Robinson. 1962. Heterosis and genetic
diversity in variety crosses of maize. Crop. Scie. --
2:197-198.
- 23.- Ortiz, C.J. 1961. Determinación del número óptimo de
líneas seleccionadas en la formación de variedades sin
téticas. Esc. Nal. Agric. Chapingo, México. Tesis --
sin publicar
- 24.- Pacheco, S.L 1963. Estudio de cruza intervarietales

precoces en maíz (zea maiz), en Apodaca, N.L. I.T.E. S.M. Tesis sin publicar.

- 25.- Poehlman, J.M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Edit. Limusa-Wiley, S.A. México. pp. 270-285.
- 26.- Reyes, C.P. y A. Madrid. 1965. Comportamiento de híbridos y variedades en siembras de primavera y verano. X Informe de investigación. Esc. Agric. Gan. I.T.E.S. M. 66:81-82.
- 27.- Reyes, Covarrubias y Osler. 1955. Semilla híbrida -- original igual a rendimiento máximo. Agric. Tec. México. S.A.G. 2:11.
- 28.- Reyes, Worthman y Wellhausen. 1955. Maíz híbrido para tierra caliente. SAG. y Fundación Rockefeller. 18.
- 29.- Richey, Strongfield y Sprague. 1934. The loss in --- yield that may be expected from planting second generation double-crossed seed corn. Jour. Amer. Soc. --- Agron. 26:196-199.
- 30.- Sánchez Monge y R. Estansuelas. 1952. Genética gene-- ral y agrícola. 1a. Edición. Salvat Editores Barcelona, España. pp. 198-200.
- 31.- Sánchez Monge. 1955. Fitogenética. 1a. Ed. Salvat, - Edit. Barcelona España. pp. 2-283.

- 32.- Sprague, G.F. y T.M. Jenkins. 1943. A Comparission of synthetic varieties multiple crosses and double crosses in corn. Jour. Amer. Soc. Agron. 35:137-147.
- 33.- Vega Lara, R.A. 1970. Evaluación de variedades mejoradas de maíz, durante el Verano en Apodaca, N.L. I.T. E.S.M., Tesis sin publicar.
- 34.- Welhausen, E.J. 1951. El maíz híbrido y su utilización en México. Ofic. Est. Esp. S.A.G. 6:57.
- 35.- _____ 1952. Heterosis in a new population. Heterosis. Edit. John W. Gowen. Iow. Sta. Coll. Press. pp. 418-450.
- 36.- _____ 1966. Germoplasma exótico para el mejoramiento del maíz en los Estados Unidos. CIMMYT --- No. 4.
- 37.- Whaley, W. Gordon. 1952. Phisiology of gene action in hybrids. Heterosis. Edit. J.W. Gowen. Iow. Sta. Coll. Press. pp. 98-113.
- 38.- Zirkle, Conway. 1952. Early ideas on inbreeding and crossbreeding. Heterosis. Edit. J.W. Gowen. Iow. Sta. Coll. Press. pp. 1-13.

APENDICE DE TABLAS

Tabla XVI.- Producción de mazorca (P) en Kgs. por parcela y porcentaje de humedad del grano (H) de 25 variedades de maíz sembrados en verano de 1970. en Apodaca, N.L. en una distribución látice -- simple balanceado 5 x 5. Promedio de 6 repeticiones.

No. de Variedad	H	P
1	28.8	1.6
2	22.8	1.6
3	29.9	2.2
4	29.7	2.2
5	28.5	0.7
6	26.8	4.2
7	35.6	4.5
8	33.7	5.0
9	34.9	4.2
10	28.3	3.7
11	28.3	4.4
12	28.1	4.5
13	31.7	5.2
14	32.1	4.7
15	36.6	4.4
16	31.4	4.8
17	32.1	4.3
18	30.9	4.0
19	28.9	3.9
20	29.5	3.7
21	31.1	4.2
22	27.9	4.0
23	28.6	3.9
24	28.6	1.5
25	40.3	4.2

Tabla XX.- Análisis de varianza, como bloques al azar, de 25 variedades estudiadas, respecto al carácter porcentaje de olote.

Apodaca, Verano 1970

CAUSAS	G.L.	S.C.	σ^2	F ₁	.05 F ₂	.01
Tratamiento	24	1,459.02	60.79**	20.75	1.68	2.06
Bloques	5	31.10	6.22	2.2		
Error	120	351.13	2.93			
Total	149	1841.25				

C.V. = 10.2% ** = Altamente significativo

Tabla XXI.- Prueba de Duncan para Porcentaje de olote de las 25 variedades estudiadas.

Apodaca, Verano 1970

5 24 4 25 12 19 20 2 11 9 18 1 15 6 22 14 21 3 17 16 23 8 10 7 13

Tabla XXII.- Análisis de Varianza, como bloques al azar, para 25 variedades estudiadas respecto a la resistencia manifestada al ataque del hongo Helminthosporium spp.

Apodaca, Verano 1970

CAUSAS	G.L.	S.C.	σ^2	F	.05 F ₂	.01
Tratamientos	24	6387.38	266.14**	5.83	1.68	2.06
Bloques	5	4105.86	821.17	17.98		
Error	120	5479.68	45.66			
Total	149	15972.92				

Tabla XXIII.- Prueba de Duncan, para comparar resistencia al ataque del hongo Helminthosporium spp. en las 25 variedades estudiadas.

Apodaca, Verano 1970

5 1 4 20 25 3 19 22 17 2 21 9 6 18 8 7 23 11 13 15 16 24 10 12 14

8987

