

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE 190 FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS
DE CEBOLLA (Allium cepa L.) UTILIZANDO UN DISEÑO
AUMENTADO MODIFICADO SIN REPETICION

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

PEDRO ISRAEL CASTRO MARTINEZ

MARIN, N. L.

ENERO DE 1989

T

SB341

C3

c.1



1080061181

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE 190 FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS
DE CEBOLLA (Allium cepa L.) UTILIZANDO UN DISEÑO
AUMENTADO MODIFICADO SIN REPETICION

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

PEDRO ISRAEL CASTRO MARTINEZ

MARIN, N. L.

ENERO DE 1989

09633

T
58 34 L
63



Biblioteca Central
Maena Solidaridad
F.Tesis

04 . 635

FAI

9 9

C.5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

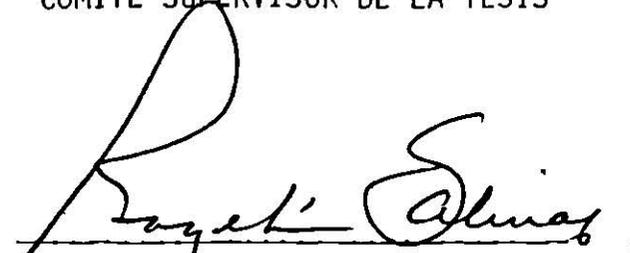
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

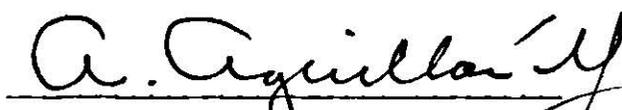
T E S I S

Evaluación de 190 familias de medios hermanos de cebolla (Allium cepa L.)
utilizando un diseño aumentado modificado sin repetición.

Elaborada por PEDRO ISRAEL CASTRO MARTINEZ, aceptada y aprobada como requi-
sito parcial para obtener el título de INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA.

COMITE SUPERVISOR DE LA TESIS


Ing. Rogelio Salinas Rodríguez


Ing. Apolinar Aquillón Galicia


Ing. M.C. Nahúm Espinoza Moreno

MARIN, N.L.

ENERO DE 1989.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Sr. Pedro Castro Aguilar
Sra. Eva Martínez de Castro

Porque lo merecen todo. Sus consejos y rezos son un aliento para seguir adelante.

A MI ABUELITA:

Sra. María Trinidad Aguilar Vda. de Castro
Por todo lo que para mí representa.

A MIS HERMANOS:

Rocío, Nohemí, Alejandrina, José,
Ana María y Eva.
Con el cariño que nos une.

A MIS FAMILIARES.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto de Producción de Semillas de Hortalizas del CIA-FAUANL.

Al Ing. Rogelio Salinas Rodríguez, por su incansable labor en pro de la culminación del presente trabajo.

Al Ing. Apolinar Aguillón Galicia, sus ideas innovadoras y su espíritu emprendedor determinaron el inicio y culminación de este trabajo.

Al Ing. M.C. Nahúm Espinoza Moreno, por su ayuda en el asesoramiento y revisión de los análisis estadísticos.

Al Lic. Macario Hernández Garza, por su colaboración en la realización de los programas computacionales para el desarrollo de los análisis estadísticos.

EL MOMENTO SERA FUGAZ, PERO SU RECUERDO
DURA SIEMPRE.

I N D I C E

	Página
I. INTRODUCCION.	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA.	3
2.1. Descripción Botánica.	3
2.2. Clasificación Taxonómica.	3
2.3. Requerimientos Generales del Cultivo.	4
2.3.1. Clima.	4
2.3.2. Suelos y fertilización.	4
2.3.3. Métodos de siembra.	5
2.3.4. Humedad.	6
2.3.5. Control de malezas.	7
2.3.6. Control de plagas y enfermedades.	7
2.3.7. Cosecha y almacenamiento.	8
2.4. Mejoramiento Genético.	8
2.5. Conceptos Teóricos de Selección.	10
2.6. Conceptos Prácticos de Selección.	12
2.6.1. Selección individual.	13
2.6.2. Selección familiar.	13
2.6.3. Método genealógico.	14
2.7. Diseños Aumentados.	15
2.7.1. Antecedentes.	16
2.8. El Diseño Aumentado Modificado para un Experi- mento sin Repeticiones.	18
2.8.1. Arreglo	20
2.8.2. Análisis	23
2.8.3. Inversión del método de ajuste.	25
2.8.4. Comparación de métodos.	26
III. MATERIA	29
3.1. Geográfica.	29
3.2. la Región.	29

	Página
3.3. Materiales.	30
3.4. Métodos.	30
3.4.1. Diseño experimental.	30
3.4.2. Arreglo del diseño.	30
3.4.3. Análisis estadístico.	32
3.4.4. Desarrollo del experimento.	36
3.4.4.1. Preparación y siembra del almá cigo.	36
3.4.4.2. Preparación del terreno.	37
3.4.4.3. Transplante.	37
3.4.4.4. Fertilización.	38
3.4.4.5. Riegos.	39
3.4.4.6. Control de malezas.	39
3.4.4.7. Plagas y enfermedades.	39
3.4.4.8. Cosecha.	40
3.4.5. Variables estudiadas.	40
IV. RESULTADOS.	43
V. DISCUSION.	49
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	52
VII. RESUMEN.	54
VIII. BIBLIOGRAFIA.	56
IX. APENDICE.	59

INDICE DE CUADROS

<u>Cuadros del Texto</u>	Página
1 Número de parcelas de cada tipo para varios tamaños de cuadro latino.	21
 <u>Cuadros del Apéndice</u>	
1 Condiciones ambientales que prevalecieron durante el experimento.	60
2 Análisis físico-químico del suelo donde se realizó el experimento.	61
3 Fungicidas, fechas, enfermedades, plagas y dosis aplicadas en almácigo y campo durante el desarrollo del experimento.	62
4 Riegos aplicados en el experimento, intervalo entre cada uno y días acumulados después del transplante. . . .	63
5 Resumen de resultados obtenidos de los análisis de varianza efectuados para las variables estudiadas en los cultivos de las parcelas control.	64
6 Estimaciones de varianzas obtenidas del ANOVA realizado para parcelas control y coeficientes de correlación muestral dados por la correlación simple entre las 2p subparcelas control y las correspondientes parcelas control.	65
7 Estimaciones de las varianzas promedio para comparar dos familias de prueba bajo los tres métodos de ajuste y sin ajustar.	66

Cuadro		Página
8	Comparación de los métodos de ajuste 1, 2 y 3	67
9	Comparación de los métodos de ajuste 1 y 2 con el no ajuste.	68
10	Valores correspondientes a correcciones por hilera y por columna, coeficientes de regresión estimados regre- sionando las 2p subparcelas control sobre las correspon- dientes parcelas control y medias de las p parcelas con- trol.	69
11	Resumen de los principales estadísticos de las varia- bles estudiadas en los cultivares control, tomadas des- pués de la cosecha.	70
12	Análisis de correlación entre las variables estudiadas en las parcelas control.	71
13	Valores observados y ajustados para las variables RPPU, PF y NB ₂ de las familias de prueba seleccionadas.	72
14	Valores observados y ajustados para las variables PB, DB y DC de las familias de prueba seleccionadas.	73
15	Valores observados y ajustados para las variables AP, PB ₂ y NB ₁ de las familias de prueba seleccionadas.	74
16	Valores observados y ajustados para las variables PB ₁ , NB ₃ y PB ₃ de las familias de prueba seleccionadas.	75
17	Prueba de rango múltiple de medias para la variable ren- dimiento por parcela útil, de las familias de prueba se- leccionadas.	76

Cuadro	Página
18 Prueba de rango múltiple de medias para la variable <u>por</u> <u>ciento</u> de floración, de las familias de prueba <u>seleccio</u> <u>nadas</u>	77
19 Prueba de rango múltiple de medias para la variable nú- mero de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm de las fami- lias de prueba seleccionadas.	78

INDICE DE FIGURAS

<u>Figuras del Texto</u>		Página
1	Croquis de campo para un diseño aumentado modificado tipo 2, 5x5.	19
2	Croquis de campo para un Cuadro Latino: 4x4.	22
 <u>Figuras del Apéndice</u>		
i	Croquis del experimento y distribución de los tratamientos.	79
2	Comportamiento promedio de los cultivares de las parcelas control en las variables altura de planta y diámetro de bulbo a través de hileras y columnas. ..	80
3	Comportamiento promedio de los cultivares de las parcelas control en las variables peso de bulbo y porcentaje de floración a través de hileras y columnas..	81
4	Comportamiento promedio de los cultivares de las parcelas control en las variables rendimiento por parcela útil y diámetro de cuello a través de hileras y columnas.	82
5	Comportamiento promedio de los cultivares de las parcelas control en las variables número y peso de bulbos con diámetro menor de 5 cm a través de hileras y columnas.	83

Figura

Página

6	Comportamiento promedio de los cultivares de las parcelas control en las variables número y peso de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm a través de hileras y columnas.	84
7	Comportamiento promedio de los cultivares de las parcelas control en las variables número y peso de bulbos con diámetro mayor de 8 cm a través de hileras y columnas.	85

I. INTRODUCCION

En las etapas tempranas de un programa de selección de plantas, los experimentos de campo se caracterizan por tener muchas líneas de prueba y una cantidad limitada de material disponible por cada línea. Esto provoca que la heterogeneidad ambiental en el campo no pueda ser tomada en cuenta tan fácilmente para tales poblaciones grandes y que la cantidad limitada de material para cada línea de prueba algunas veces sea solo suficiente para una repetición. Así, diseños que requieren repeticiones no pueden ser usados.

En abril de 1986 se realizó una selección individual de 190 plantas de cebolla del cultivar Eclipse L-130 durante la etapa de pre-cosecha de semilla, cultivadas en el Campo Experimental Agropecuario de la Facultad de Agronomía de la UANL, durante el ciclo otoño-invierno 1985-1986. Esto se originó de la diversidad observada entre las plantas que conformaban un lote experimental con una superficie aproximada de 2500 m² y que tenía como propósito evaluar la cantidad y calidad de la semilla producida.

El criterio de selección seguido fue el tamaño y forma del bulbo, prefiriendo aquellos tamaño medio a medio-grande y de forma oblonga; la sanidad tanto del bulbo como de la parte aérea, así como la precocidad y tamaño de la inflorescencia.

Cada una de las plantas seleccionadas se cosecharon individualmente. La evaluación de las 190 familias de medios hermanos provenientes de esta selección individual, se realizó mediante un diseño aumentado modificado para un experimento sin repeticiones, el cual usa parcelas control para ajustar por heterogeneidad ambiental.

El arreglo básico del diseño puede ser expresado en términos de una

estructura de parcelas divididas, donde las parcelas grandes pueden ser arregladas en cualquier diseño estándar, pero el arreglo de las subparcelas es siempre 3x3, con el punto central usado como control. La forma de la subparcela necesita ser cuadrada o aproximadamente cuadrada, tal que las distancias entre la parcela central y sus restantes ocho parcelas de prueba sean relativamente uniformes. Las líneas control son asignadas a las parcelas control de acuerdo a la especificación del diseño para las parcelas grandes y las líneas de prueba son asignadas aleatoriamente a las parcelas no control.

El presente diseño puede ser estudiado en el contexto de cualquier diseño estándar implementándose en este caso un diseño Cuadro Latino 5x5.

El diseño provee tres métodos de ajuste, los cuales serán comparados entre sí y sin ajustar en base a la efectividad mostrada para ajustar las familias de prueba ante el tipo de variación presente.

Los resultados obtenidos de los análisis realizados mediante este diseño, serán utilizados como base para la selección entre las familias evaluadas en el presente trabajo.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Descripción botánica.

La cebolla es una planta bianual de tallo reducido a una plataforma que da lugar en la parte inferior a numerosas raíces, blancas, espesas y simples, y en la parte superior se forman las hojas. Existen dos tipos de hojas: las de almacenamiento, las cuales son hojas modificadas, carnosas y llenas de nutrientes, llamadas catáfilas que constituyen el bulbo, y las hojas productoras, las cuales son largas, rollizas, cilíndricas, huecas y se encuentran en la parte superior del bulbo. Los tallos florales tienen de 0.60 a 1.5 metros de altura, lisos, huecos, casi siempre ensanchados en la mitad, a veces las yemas axilares se desarrollan dando escapos secundarios. Cuando se plantan bulbos, cada uno produce de 1 a 20 tallos florales, en relación directa con el tamaño; hay diferencia en la cantidad de una variedad a otra. Flores numerosas, de pétalos violáceos o casi blancos con 2 ó 3 brácteas; tres filamentos con la base ensanchada, lobulada o dentada; segmentos del perianto lanceolados; ovario trilocular. El fruto es una cápsula con dos semillas en cada lóculo. El número de cromosomas $2n$ es igual a 16 (8)(29).

2.2. Clasificación taxonómica.

Reino:	Vegetal
División:	Embryophyta
Clase:	Angiospermas
Subclase:	Monocotyledonae
Orden:	Liliflorae
Familia:	Liliáceas
Tribu:	Alioideaes
Género:	<u>Allium</u>
Especie:	<u>cepa</u> (15).

2.3. Requerimientos generales del cultivo.

2.3.1. Clima.

Los requerimientos climáticos para la producción comercial de cebolla son distintos, ya que la planta de cebolla se adapta a diferentes ambientes. La latitud, en función de la duración del fotoperíodo, lo mismo que la temperatura, tiene una decidida influencia sobre la formación de bulbos de cebolla. Las variedades que crecen mejor en días cortos de 10 a 12 horas, se adaptan a fajas limitadas por latitudes de 0 a 24° y hasta 28°; a veces pueden formar bulbos en latitudes mayores si las temperaturas son relativamente frescas que no aceleran el desarrollo del bulbo. Las variedades de días intermedios requieren de 12 a 13 horas y producen mejor entre los 28 y 40°. Las variedades de día largo, que requieren de 14 o más horas de exposición al sol, se encuentran generalmente en lugares de 36° de latitud en adelante (7).

En cuanto a temperatura, es una planta que puede resistir temperaturas bajo cero, pero no por períodos prolongados. La cebolla se desarrolla mejor con temperaturas frescas durante la etapa de plántula y temperaturas moderadamente altas durante la etapa de bulbo (7)(9)(29).

2.3.2. Suelos y fertilización.

La cebolla requiere suelos bien preparados y fértiles, los cuales pueden ser de tipo limo arenoso, migajones y otros con buen contenido de materia orgánica. No tolera acidez alta, siendo preferido un pH entre 6.0 y 6.8.

Los suelos pesados o arcillosos no son convenientes, en parte porque se forma una costra en la superficie después del riego o de las lluvias. Esto es especialmente malo para la germinación de las semillas (7).

La cebolla es un cultivo que no tolera la aplicación de abonos orgánicos, ya que producen podredumbres y perjudican la calidad del producto (21). Un exceso de Nitrógeno en el suelo impide la maduración y la conservación del bulbo (9)(13). Por otro lado, Casseres (7), menciona que la deficiencia de Nitrógeno produce plantas verde amarillentas reducidas en tamaño, torcidas o enrolladas y a veces, el cuello no se seca, ni doblan las plantas en la madurez, permaneciendo erectas. El mismo autor menciona que el Fósforo también es importante y debe usarse en proporción doble al Nitrógeno; favorece el buen color y tiende a aumentar la madurez.

Algunos resultados experimentales en la región indican que mediante aplicaciones de la fórmula 150-80-00 se han obtenido los mejores resultados; sin embargo, esta dosis no podría generalizarse para los diferentes tipos de suelos de la región, pero puede servir como una primera aproximación o punto de partida que permita posteriormente realizar los ajustes convenientes a nivel de zona de producción e inclusive a nivel parcelario (28).

Se recomienda aplicar la mitad del Nitrógeno y todo el Fósforo poco antes o al momento del trasplante y la mitad restante del Nitrógeno aproximadamente unas cinco o seis semanas después cuando ya haya bulbos pequeños (28). Las aplicaciones son a chorrillo generalmente.

2.3.3. Métodos de siembra.

La cebolla se propaga por semilla en siembras con las consiguientes entresacas, o siembras en el almácigo, el cual constituye el método preferido en muchas plantaciones comerciales (7). La cantidad de semilla necesaria para una hectárea depende del método que se utilice. Así pues, tenemos que cuando se siembra en almácigos se necesitan 1.2 kg de semilla y para siembra

directa se necesita el doble (22): Actualmente algunas empresas productoras de semilla ofrecen semilla aperdigada o recubierta con un material que aumenta su tamaño y su peso, para permitir que la semilla de cebolla, muy liviana y diminuta, se pueda distribuir por medio de sembradoras de precisión, logrando con esto la reducción de la cantidad de semilla utilizada (1). La semilla de cebolla germina en forma óptima cuando el suelo tiene una temperatura de 24°C, pero soporta mínimas de 1.6°C y máximas de 35°C (7).

Otra forma de propagación menos corriente es por medio de bulbillos, que son simplemente cebollas pequeñas que se producen en un ciclo ordinario y que se usan como material vegetativo de siembra en el próximo ciclo (7).

El transplante se realiza cuando las plantas han alcanzado una altura de 15 a 20 cm, lo cual sucede de 6 a 12 semanas después de la siembra, dependiendo de las condiciones climáticas. Se debe evitar al máximo la exposición de las raíces al viento y al sol, así como procurar no mojar el follaje antes del transplante, pues esto combinado con el sol, provoca quemaduras en el follaje (28).

La distancia entre surcos puede ser de 45 hasta 90 cm y entre plantas de 5 a 10 cm. En México, los mejores resultados se han obtenido con espaciamientos de 62 cm entre surcos y de 5 a 9 cm entre plantas (22).

2.3.4. Humedad.

La cebolla debe mantenerse con humedad adecuada durante todo su ciclo vegetativo, especialmente cuando se empiezan a formar los bulbos. Experimentos realizados demuestran que sus necesidades de agua aumentan en gran cantidad cuando se forman los bulbos (23).

2.3.5. Control de malezas.

Debido a un escaso desarrollo radicular, con la mayor parte del sistema de absorción de las plantas adultas dentro de un rango de 15 cm del tallo, requiere un absoluto control de malezas. Especialmente durante los primeros meses (9). Los deshierbes pueden ser en forma manual o con maquinaria, aunque también se recomienda el uso de herbicidas selectivos (3).

2.3.6. Control de plagas y enfermedades.

El principal problema entre las plagas lo constituyen los trips (Trips tabaci) insectos muy pequeños (1 mm), chupadores, que en ataques severos deforman las hojas, pero que normalmente se notan por la apariencia blanquecina de las partes afectadas. Afecta a la cebolla sobre todo en épocas cálidas y secas (7). Para combatir los trips se recomienda aplicar Diazinón C.E. 25% a una dosis de 1.0 a 1.5 lt. o Paratión Metílico C.E. 50% (1 ml/1to) (3).

El gusano de la cebolla (Hylemia antiqua) es la segunda plaga en importancia (7), se controla aplicando Diazinón C.E. 25% (1 ml/1to) (3). También es atacada por el nemátodo de la cebolla (Ditylenchus dipsaci) y para su combate se recomienda Dazomet a una dosis de 0.3 a 0.6 kg/10 m².

Otras plagas de menor importancia son los gusanos de alambre, los gusanos soldado, gusano cogollero y minador de la hoja (3).

Entre las enfermedades que atacan a la cebolla se encuentra la mancha púrpura (Alternaria porri) que ataca las hojas, bulbos y tallos florales. Las lesiones al principio son pequeñas, en cuyo centro aparecen manchas oscuras que se agrandan tomando un color púrpura y separados del tejido sano por una zona clara (7), se recomienda aplicar Captan (2.5 a 3.0 kg/ha) o Maneb (1 a 3 kg/ha) (3).

El mildiu vellosa (Peronospora destructor) provoca al principio clorosis y distorsión de las hojas y aunque la planta no muere, la enfermedad es destructiva por cuanto reduce la producción y en el almacenamiento demerita la calidad (7). Se recomienda aplicar Zineb o Maneb a razón de 1 a 3 kg/ha (3).

2.3.7. Cosecha y almacenamiento.

La mayor parte de la cebolla se cosecha cuando el bulbo ya ha alcanzado su máximo desarrollo, la cebolla que se destina al transporte y al almacenamiento se empieza a cosechar cuando la mitad de los tallos ya se han volcado (50%), indicando así que se ha llegado a la madurez. La cebolla que se ha cosechado en estado maduro se deja en el campo unos días para su curación o acondicionamiento, que consiste en un secamiento mayor de las hojas y del cuello del tallo (de 3 a 4 días o hasta 10 días). La clasificación de la cebolla se realiza al cosecharla o después del acondicionamiento.

Para cebolla seca en tránsito o en almacenamiento, la mejor temperatura es de 0°C y una humedad relativa de 20 a 75% y aún es recomendable un 64% de humedad.

Cuando se desea almacenar cebollas destinadas a la producción de semilla, la temperatura más conveniente es de 7 a 12°C, pero si es necesario guardar los bulbos por mucho tiempo, es mejor colocarlos a 0°C y luego subir la temperatura a 7 ó 12°C unas semanas antes de la siembra (7).

2.4. Mejoramiento genético.

En México la Dirección General de Economía Agrícola reporta que en el año de 1981 se cultivaron 22,746 ha, los cultivares utilizados son importa-

tados en su mayoría, con el inconveniente de la escases y elevado precio de la semilla.

La situación actual del cultivo en México hace indispensable la producción de cultivares específicos para nuestras condiciones, con los cuales se obtenga alto rendimiento y buena calidad de bulbo, para poder competir en los mercados internacionales (30).

En el Programa de Hortalizas del INIA, se ha considerado siempre de importancia el uso de germoplasma Cojumatlán (cultivar ciollo, el cual posee una amplia variación genotípica) y de él se han realizado colectas por varios años para el enriquecimiento del programa de mejoramiento, enfocando éste a la obtención de cultivares para siembras de temporal y resistencia a floración prematura (30).

En el año 1976 se obtuvo en México el primer cultivar de cebolla denominado Santa Cruz, el cultivar Santa Cruz proviene del germoplasma Cojumatlán, caracterizándose por su elevado rendimiento, 85% más que su fuente de origen, sus bulbos son blancos sin presencia de otros colores y reúne los requisitos del mercado de exportación (30).

Asimismo, se está trabajando en la obtención de una variedad que produzca bulbillos a edad temprana, con el objeto de que sea utilizado para la industria del encurtido. La variedad que se está formando tiene su origen en una colecta seleccionada por su producción temprana de bulbillos (30).

La variedad Géminis se obtuvo mediante un proceso especial de selección que consiste en plantar la cebolla a seleccionar durante la época más crítica (1er quincena de octubre) para que floreciera en surcos a doble hilera de noreste a suroeste, seleccionando bulbos sin floración de la hilera expues

ta a la sombra de acuerdo al movimiento del sol, con el propósito de que por efecto de la sombra de la hilera de enfrente se generara más frío y estimulara más la floración, habiendo con ello mayor presión de selección. Los bulbos así seleccionados se sometieron a temperaturas de 4 a 10°C durante cuatro semanas y posteriormente se transplantaron con el propósito de tener semilla verdadera para someterla al mismo proceso de selección y fijar bien el carácter en estudio (16).

Para la obtención de esta variedad se partió de líneas derivadas del cultivar criollo Cojumatlán, las cuales se sometieron durante cinco ciclos al proceso antes descrito, consiguiendo con ello una línea superior al mejor testigo en cuanto al carácter de floración prematura (16).

El cultivar Cojumatlán ha sido utilizado en programas de mejoramiento de otros países, existiendo desde hace varios años materiales comerciales derivados de él, tales como White Grano, Mexicano White y Toro White (30).

2.5. Conceptos teóricos de selección.

La selección y cruzamiento naturales son factores muy importantes en la variación y evolución de todos los seres vivos: las corrientes migratorias humanas, desde siempre y en la actualidad han originado intercambios germoplasmicos que han influido en el mejoramiento, físico, moral e intelectual de la especie humana, lo cual en interacción con los factores ecológicos ha coadyuvado en la evolución y variación. En estos mecanismos, la casualidad, el azar y el hombre, han tenido relativa importancia por los que los avances favorales o desfavorales han sido lentos. Los métodos en genotécnia han permitido inducir la variación y acelerar la evolución principalmente en los animales y plantas útiles al hombre (26).

La selección, que es la elección de un grupo de individuos considerados fenotípicamente superiores y que servirán como progenitores de una nueva generación (x), es la base de todo mejoramiento de cosechas y ha sido el procedimiento de mejoramiento más antiguo, dando como resultado el estado actual de las plantas cultivadas (25).

Existen dos tipos de selección, la selección natural y la artificial. La selección natural es la elección de individuos por los efectos del medio ambiente, es decir, está regida por las leyes de la supervivencia.

La selección artificial, es llevada a cabo por el hombre, tomando en cuenta las características deseables y de interés propio.

La selección actúa cambiando la frecuencia de los genes, pero no crea nuevos genes (5), es decir, solo puede actuar sobre los heredables y no puede crear variabilidad, actuando solamente sobre la ya existente (2), esta variación debe afectar a los caracteres que le interesan al hombre (4); así la eficiencia de la selección depende de la presencia de variabilidad genética (25).

El efecto básico de la selección es cambiar favorablemente las frecuencias génicas, describiendo dicho efecto en términos de los parámetros de la población como lo son la media y la varianza (11).

El cambio observable en una población que proviene de individuos seleccionados es sobre su media, así al obtener un cambio en la media de una población, se dice que ha habido respuesta a la selección, pudiendo ser dicho cambio negativo o positivo; es decir, que la selección es generalmente eficaz tanto en dirección ascendente como descendente (32).

Son los fenotipos y no los genes los utilizados como base de la selección y que son las plantas completas y no los genes las unidades de selección (14).

2.6. Conceptos prácticos de selección.

Para aplicar los conceptos teóricos de la selección, se han concebido metodologías, tomándose en cuenta la forma de reproducción de las plantas, la heredabilidad del carácter o caracteres por seleccionar, la facilidad de reconocerlos y el efecto de la selección natural (4). Para aplicar la selección a una población, es recomendable seguir ciertos criterios, por ejemplo: un criterio aplicable para efectuar la selección en la mayoría de las características es que las mediciones en las cuales se basaran para efectuar la selección se lleven a cabo alrededor de la madurez sexual, esto es recomendado para hacer las comparaciones de las generaciones sucesivas en el mismo punto de madurez (11). Así también se recomienda hacer la selección en bajas poblaciones para permitir la máxima expresión del genotipo, o bien, es de utilidad aplicar la selección en el ambiente en que se usará la población resultante.

Los métodos de selección utilizados en la formación de nuevas variedades o para la mejora de las ya existentes, son los siguientes (20):

a). Selección en masa

- I. En las plantas autógamias
- II. En las plantas alógamas
- III. En las plantas dioicas

b). Selección individual

- I. En las plantas autógamias
- II. En las plantas alógamas, sin controlar la polinización.

III. En las plantas alógamas, controlando la polinización, es decir, por autofecundación artificial.

IV. En las plantas dioicas

V. En las propagadas asexualmente.

2.6.1. Selección individual.

La selección individual es el método de seleccionar individuos sobresalientes, basándose en su propio mérito (5), su procedimiento es escoger un gran número de plantas separadamente, comparando sus descendencias en ensayos de campo (2), así el estudio individual de cada descendencia (pruebas de progenie) proporciona una estimación del genotipo, del progenitor, lo que hace que en realidad se seleccione en definitiva por el genotipo (20). La selección individual es conocida también como método genealógico o por pedi gree (27).

La progenie de cada planta individual constituirá una familia, por lo cual también se le suele decir selección entre familias y dentro de familias. Si se trabaja con plantas autógamas, serán familias de hermanos completos, si las plantas son alógamas, lo más seguro es que serán familias de medios hermanos (27).

Repitiendo el proceso por varios ciclos agrícolas y con los registros adecuados, es posible conocer la genealogía de una familia, de su ascendencia o de sus ancestros o planta original (27).

2.6.2. Selección familiar.

Al estudiar los individuos seleccionados en base a parentescos, se tienen grupos de individuos directamente relacionados entre sí por descender de un antecesor común (25), donde dichos individuos no son idénticos (31), a

estos grupos se les nombra familias.

Tomando en cuenta lo anterior, se puede tener un criterio de seleccionar familias, dando por resultado el método de selección familiar, la eficiencia de este método estriba en el grado de endogamia que presentan los individuos en cuestión (5).

Brauer menciona que Lonquist (1964), ideó una modificación al método de selección familiar para el mejoramiento de poblaciones alógamas (maíz), en el que se trata de evitar la pérdida demasiado rápida de vigor, es fundamentalmente un método de selección entre y dentro de familias de medios hermanos, y por lo mismo, se le conoce como selección combinada, este método resultó ser más eficiente que la selección masal estratificada (4).

La selección individual y la familiar suelen aplicarse juntas en métodos de selección, esto da por resultado que la selección familiar se puede aplicar desde varios puntos de vista, formando con esto los componentes de la selección familiar; el método se puede subdividir en: un componente dentro de familias, es decir, seleccionar los mejores individuos de cada familia, una componente entre familias, es decir, selección de las mejores familias y selección de los mejores individuos de las mejores familias o selección combinada (5), esta combinación suele aplicarse en las primeras etapas del método genealógico (x).

2.6.3. Método genealógico.

El método genealógico no es más que la secuencia de ciclos de selección familiar y consiste en obtener separadamente la descendencia de cada individuo seleccionado, para que el fenotipo de esta descendencia pueda tomarse como indicio del genotipo del individuo del que procede, descartándose a los

que se muestren inferiores y posteriormente, rechazando a los que producen descendencias poco productivas (20).

Los individuos seleccionados se sembrarán por separado en surcos, dando lugar así a familias de medios hermanos en alógamas y de hermanos completos en autógamias. Al considerar como familia a cada progenie de las plantas seleccionadas, se observa que se puede seleccionar en base a los criterios familiares ya mencionados; dentro de familias, entre familias y selección combinada (4, 10).

Las ventajas que presenta este método es que proporciona la suficiente experiencia al mejorador en materia de selección, otra ventaja es que se lleva una genealogía de todas las plantas seleccionadas, este registro o genealogía debe ser de tal naturaleza que se puedan tener datos continuos durante el avance generacional (20, 25).

2.7. Diseños aumentados.

Supongamos que la V^* nuevas variedades y que se dispone de suficiente semilla o plantas para plantar sólo una repetición de cada variedad. Aún más, supongase que las otras V variedades, llamadas variedades estándar o testigos, están disponibles en tales cantidades que pueden ser plantadas y repeticiones de cada variedad. La $V + V^*$ variedades en un experimento particular son arregladas entonces en un diseño experimental apropiado para controlar los efectos de heterogeneidad en el área experimental. Se incluyen suficientes repeticiones de los testigos para tener suficientes grados de libertad para estimar la varianza del error experimental y para estimar los efectos de las variedades y de los efectos del bloqueo usado para controlar la heterogeneidad (12).

El análisis estadístico para diseños experimentales en los cuales V testigos han sido repetidos r veces (o r_i veces para tratamiento i) y en los cuales V^* nuevas variedades han sido repetidas una sola vez, puede llevarse a cabo de las dos formas siguientes (12):

- a). La prueba sobre la $V+V^*$ variedades puede efectuarse usando métodos estándar para números desproporcionados en las subclases; entonces, pueden efectuarse contrastes entre los testigos, contrastes entre las nuevas variedades y contrastes entre los testigos y las nuevas variedades.
- b). Se efectúa un análisis estadístico sólo sobre las variedades testigo y efectos de bloqueo, se estima el efecto de la media general y los efectos de las variedades testigo; se obtiene un estimador de la varianza del error experimental. Entonces, se obtienen las medias estimadas de las nuevas variedades y los contrastes varietales se efectúan como en (a).

2.7.1. Antecedentes.

Para las dificultades que surgen de experimentos no repetidos, Federer (1956) propuso una clase de diseños llamados "diseños aumentados". La idea básica es incluir líneas control para las cuales se tiene bastante material y repetirlas varias veces en un diseño estándar. Cada repetición de líneas control es incluido en un bloque (o bloque incompleto o celda, dependiendo del diseño usado) y las líneas de prueba son asignadas a las parcelas que no tienen alojados los controles. La estimación de efectos de bloques y error de parcelas se hace sólo con respecto a las líneas control. Los efectos de bloques estimados son usados para ajustar los valores observados de las líneas de prueba y el error es usado para probar la significancia de las diferen-

cias de líneas. En adición a lo anterior, Federer y Raghavarao (1975) proponen un diseño cuadro especial generado del Cuadro de Youden (17).

En este diseño las parcelas control son asignadas sobre un cuadro con un número constante de parcelas control por hilera y por columna y los efectos de hilera y columna son ortogonales a las líneas control. Aún más, Federer, Nair y Raghavarao (1975) construyeron una serie de diseños hilera-columna aumentados en los cuales, cada parcela de prueba está rodeada por otras dos, tres o cuatro parcelas control (17).

Ante los problemas que presentaban estos diseños para el arreglo en el campo y los posteriores análisis, se propone por parte de Lin y Poushinsky (1983) un diseño aumentado modificado para un experimento sin repeticiones descrito más adelante.

Posteriormente en 1985 ellos mismos proponen un diseño aumentado modificado para parcelas rectangulares llamado tipo 2.

El diseño es estructurado en una parcela dividida con las parcelas grandes arregladas en hileras y columnas como en el tipo 1 DAM (Lin y Poushinsky, 1983). Cada parcela grande contiene cinco subparcelas rectangulares, la subparcela central es llamada parcela control y es asignada a la línea control. Para estimar el error de subparcela, un número arbitrario de parcelas grandes es aleatoriamente escogido y la línea control (o líneas) es asignada a las subparcelas seleccionadas arbitrariamente en cada una de las parcelas grandes; estas son llamadas subparcelas control. Después de que estos dos tipos de parcelas son asignadas, las líneas de prueba son distribuidas aleatoriamente al resto de las subparcelas (19).

El propósito mayor del arreglo rectangular de parcelas en paralelo es

mantener las distancias entre la parcela control y las restantes parcelas de prueba tan uniforme como sea posible, entonces la homogeneidad de la parcela grande puede ser mejor preservada (19).

En la Figura 1 se presenta un ejemplo de la distribución en el campo de un diseño aumentado modificado tipo 2 5x5.

El estudio por simulación de los tres métodos de ajuste que provee el diseño aumentado modificado (Lin y Poushinski, 1983) llamado también tipo 1, muestra que el ajuste por la estructura del diseño (factores de corrección por hilera y columna) es mejor cuando la variación del suelo es uniforme en una o dos direcciones, entre tanto el ajuste por análisis de regresión es mejor cuando la variación es multidireccional. El ajuste usando la parcela control como índice de fertilidad es el menos satisfactorio (18).

2.8. El diseño aumentado modificado para un experimento sin repeticiones.

Como ya se dijo anteriormente, este diseño puede ser estudiado en el contexto de cualquier diseño estándar. Diseños capaces de ajustar por variación ambiental en dos direcciones, son deseables por que tal variación es raramente unidireccional; aunque cuando esto pasa la estructuración exacta de un arreglo de campo exactamente de acuerdo con la dirección ambiental no es siempre fácil (17).

Cualquier mal juicio de dirección puede tener un efecto negativo sobre el ajuste y la variación (17).

Se usará un Cuadro Latino $p \times p$ como ejemplo para demostrar la idea básica del diseño y examinar varios métodos de ajuste.

A continuación se describe el diseño propuesto por Lin y Poushinsky

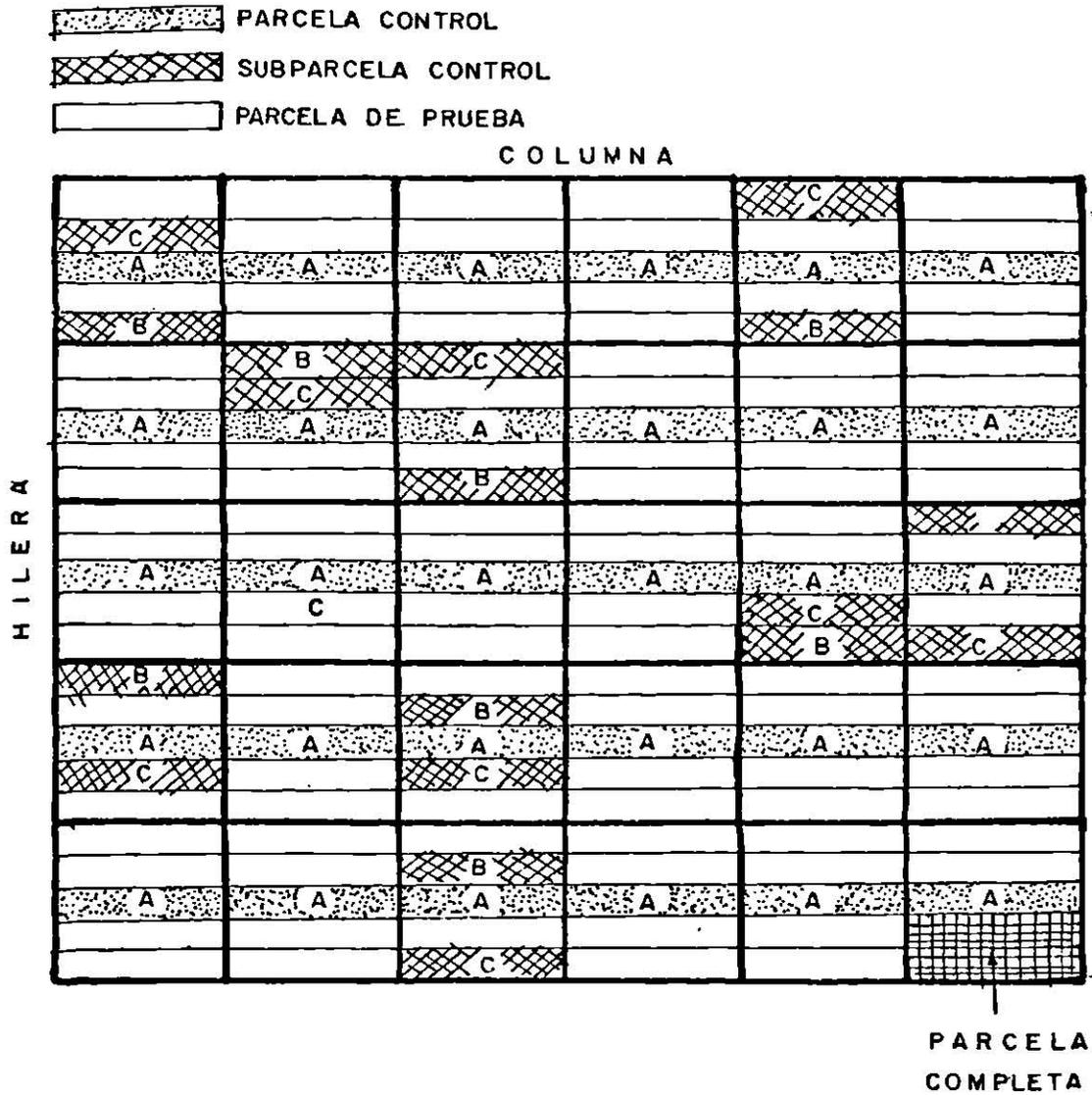


Figura 1. Croquis de campo para un diseño aumentado modificado tipo 2, 5x5.

(1983).

2.8.1. Arreglo del diseño.

El arreglo básico del diseño puede ser expresado en términos de una estructura de parcelas divididas. El arreglo de las parcelas grandes puede ser cualquiera de los diseños estándar para eliminación de heterogeneidad de dos vías (i.e. hileras y columnas). En contraste, las subparcelas son restringidas en las siguientes formas:

- i). Hay siempre nueve subparcelas dentro de una parcela grande arregladas en un cuadro 3x3.
- ii). Las subparcelas deben ser cuadradas o aproximadamente cuadradas.

La relación (i) implica que las dimensiones del área experimental son múltiplos de tres veces las dimensiones de las parcelas, mientras que la restricción (ii) asegura una distancia aproximadamente igual entre una parcela central y sus ocho subparcelas que la rodean. La subparcela central de cada parcela grande es llamada una parcela control y es asignada a una de las líneas control. Puesto que las parcelas control son fijadas en el centro de una parcela grande, están espaciadas sistemáticamente sobre el área experimental. Las líneas control son alojadas a las parcelas control de acuerdo a la especificación del diseño, en este caso el Cuadro Latino. En orden para estimar el error de subparcelas, así como verificar los resultados del ajuste, dos parcelas grandes para cada línea control son seleccionadas arbitrariamente y la línea control en cada una de estas parcelas grandes es también aleatoriamente asignada a una de las restantes ocho subparcelas. Estas serán referidas como subparcelas control. Después de que estos dos tipos de parcelas son asignadas, las líneas de prueba son entonces aleatoriamente alojadas a las subparcelas restantes (parcelas de prueba). Los números de parcela de

cada tipo para varios tamaños de Cuadro Latino se muestran en el Cuadro 1. Las parcelas no-prueba son del 13 al 17% del total de parcelas para $p=4$ a $p=12$, lo cual probablemente es el rango práctico de tamaño de un cuadro. Note que el número de parcelas control es fijado por el diseño, pero el número de subparcelas control puede ser ajustado de acuerdo al número de líneas de prueba. Cuando el número de líneas de prueba es menor que el número de parcelas de prueba disponibles, las parcelas no usadas pueden ser asignadas como subparcelas control extra.

En la Figura 2 se muestra un croquis de campo para un Cuadro Latino 4x4.

Cuadro 1. Número de parcelas de cada tipo para varios tamaños de Cuadro Latino.

Parcelas	No. de parcelas	P										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Parcelas control.	p^2	4	9	16	25	36	49	64	81	100	121	144
Subparcelas control	$2p$	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Parcelas de prueba	$2p(4p-1)$	28	66	120	190	276	378	496	630	780	946	1128
Total	$(3p)^2$	36	81	144	225	324	441	576	729	900	1059	1296
Porcentaje de parcelas no-prueba	(%)	22	19	17	16	15	14	14	14	13	13	13

Por otra parte, si el número excede ligeramente al número de parcelas de prueba, algunas de las subparcelas control pueden ser usadas como parcelas de prueba. Cuando la diferencia es grande, pueden usarse varios cuadros más pequeños para acomodar el número necesario de parcelas de prueba.

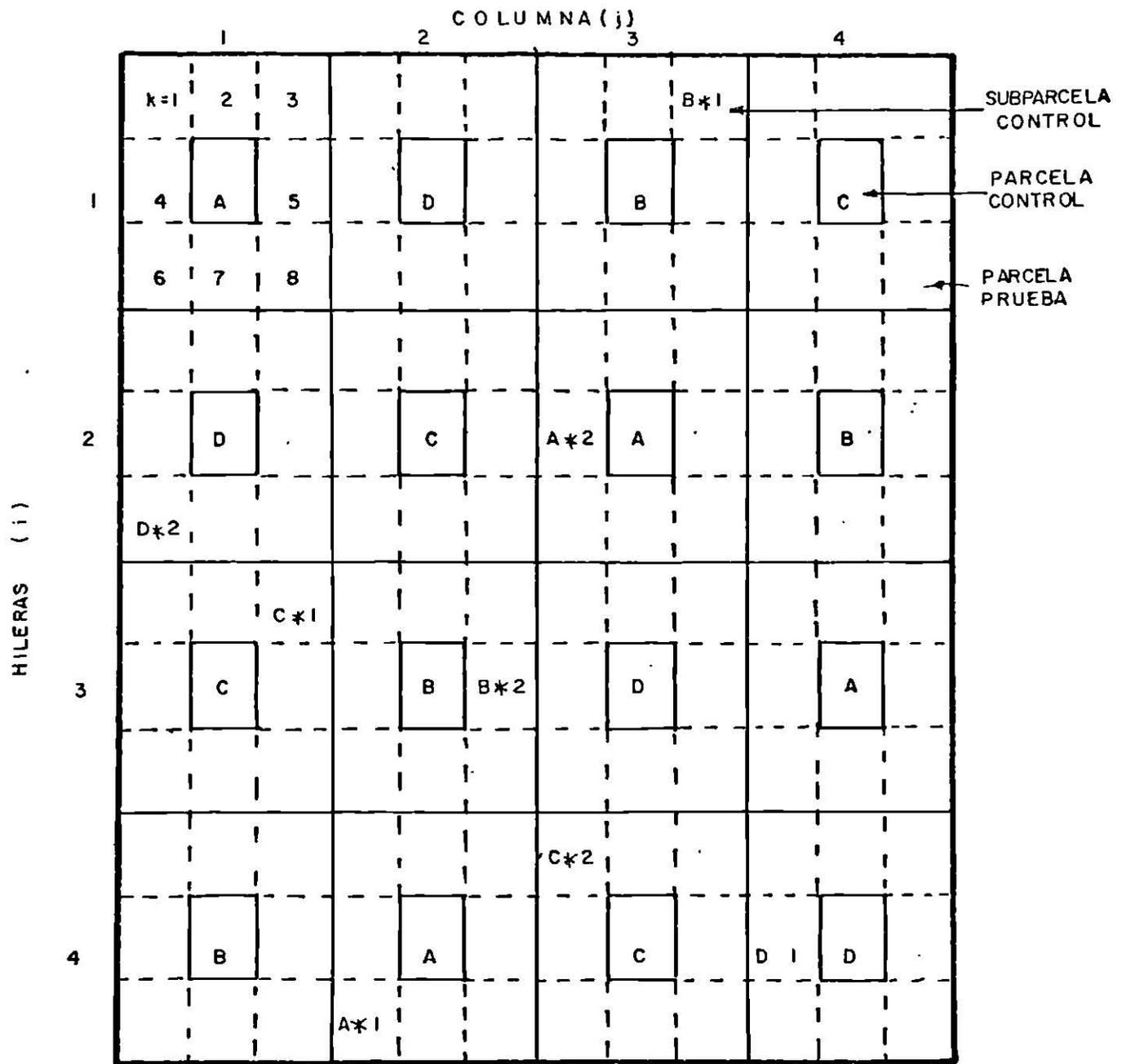


Figura 2. Croquis de campo para un Cuadro Latino 4x4.

2.8.2. Análisis.

Asumimos que hay dos componentes de error asociados con cada una de las subparcelas; una la cual difiere de subparcela a subparcela (denotada por σ_1^2) y una la cual es la misma para todas las subparcelas dentro de cada parcela grande (denotada por σ_2^2). Los datos de las parcelas control son analizados por el análisis de varianza (ANOVA) basado en un diseño Cuadro Latino y esto provee un estimador del "error de parcela grande" $\sigma_w^2 (= \sigma_1^2 + \sigma_2^2)$ con $(p-1)(p-2)$ grados de libertad. La suma de cuadrados de las diferencias dentro de parcelas grandes $(A_1 - A_1^*)^2 + (A_2 - A_2^*)^2 + (B_1 - B_1^*)^2 + \dots$, donde A_1, A_2, B_1, \dots son las parcelas control correspondientes $A_1^*, A_2^*, B_1^*, \dots$ provee un estimador del "error de subparcela" $\sigma_s^2 (= \sigma_1^2)$ con $2p$ grados de libertad. Las líneas de prueba pueden ser ajustadas entonces usando correcciones por hilera y columna estimadas de las parcelas control. Llamaremos a esto Método 1 y es efectuado como sigue:

Sea Y_{ijk} el valor observado de la línea de prueba en la parcela grande de la i -ésima hilera ($i = 1, 2, \dots, p$) y la j -ésima columna ($j = 1, 2, \dots, p$) y k -ésima subparcela ($k = 1, 2, \dots, 8$) dentro de esta parcela grande; Y sea X_{ij} el valor observado de la línea control (A, B, C, ...) en la ij -ésima parcela grande. Entonces el valor ajustado Y'_{ijk} es

$$Y'_{ijk} = Y_{ijk} - R_i - C_j \quad (1)$$

donde R_i y C_j son correcciones por hilera y por columna definidas como:

$$R_i = \sum_j X_{ij}/p - \sum_i \sum_j X_{ij}/p^2$$

$$C_j = \sum_i X_{ij}/p - \sum_i \sum_j X_{ij}/p^2$$

Los valores ajustados (los cuales son equivalentes a valores genotípicos) entonces son usados para selección basados en la intensidad de selección preasignada.

Si pruebas de significancia son de interés: se pueden usar las siguientes estimaciones de varianza:

Varianza estimada de una diferencia entre dos líneas de prueba

- i. Cuando las dos líneas aparecen juntas en la misma hilera y en la misma columna, esto es en la misma parcela grande

$$\text{Var}(Y'_{ijk} - Y'_{ijk'}) = 2 \hat{\sigma}_s^2 \quad \text{para } k \neq k' \quad (2)$$

- ii. Cuando las dos líneas aparecen juntas en la misma hilera pero en una diferente columna o viceversa.

$$\text{Var}(Y'_{ijk} - Y'_{ij'k'}) = \frac{2(p-1)}{p} \hat{\sigma}_w^2 + \frac{4}{p} \hat{\sigma}_s^2 \quad \text{para } j \neq j' \quad (3)$$

- iii. Cuando las dos líneas aparecen en una hilera y columna diferente

$$\text{Var}(Y'_{ijk} - Y'_{i'j'k'}) = \frac{2(p-2)}{p} \hat{\sigma}_w^2 + \frac{8}{p} \hat{\sigma}_s^2 \quad \text{para } i \neq i', j \neq j'. \quad (4)$$

Note que el número de comparaciones que caen en estas tres clases dependen de la variación de subparcelas control en el diseño. Por simplicidad, el promedio de varianza de diferencias dado abajo y en la próxima sección, será basado en la suposición de que las líneas control en las subparcelas control eran líneas de prueba (i.e. el número de líneas de prueba es $8p^2$ en lugar de $8p^2 - 2p$). Así la varianza promedio para comparar las dos líneas de prueba bajo el Método 1 es:

$$\{ 16(p-1)^2 \hat{\sigma}_w^2 + 2(32p-25) \hat{\sigma}_s^2 \} / (8p^2 - 1) \quad (5)$$

Varianza estimada de la diferencia entre una línea de prueba y la media \bar{X}_A , de una línea control (digamos, A).

i. Cuando la línea control A aparece en la ij-ésima parcela grande.

$$\text{Var}(Y'_{ijk} - \bar{X}_A) = \frac{(p-1)(p-2)}{p^2} \hat{\sigma}_w^2 + \frac{2(3p-2)}{p^2} \hat{\sigma}_s^2 \quad (6)$$

ii. Cuando la línea control A no aparece en la ij-ésima parcela grande.

$$\text{Var}(y'_{ijk} - \bar{X}_A) = \frac{(p^2 - p + 2)}{p^2} \hat{\sigma}_w^2 + \frac{4(p-1)}{p^2} \hat{\sigma}_s^2 \quad (7)$$

2.8.3. Investigación del método de ajuste.

Ajuste por Método 1 es válido solo si cuadrados medios de hilera y/o columna del ANOVA son más grandes que σ_w^2 . Sin embargo, si no se observan efectos de hilera o columna, o si σ_w^2 es sustancialmente más grande que σ_s^2 , la implicación es que la simple eliminación de heterogeneidad ambiental en dos sentidos para un campo dado puede no ser satisfactoria. Bajo estas circunstancias, otros métodos de ajuste deben probarse, por ejemplo:

- i. Ajuste los valores para líneas de prueba dentro de cualquier parcela grande usando un índice de nivel de fertilidad calculado del valor observado del control correspondiente (Método 2).
- ii. Trate el índice de fertilidad como una variable concomitante y ajuste las líneas de prueba por análisis de regresión (Método 3).

Usando la notación de la ecuación (1) y sea X_{Lj} represente la \bar{X} de las p parcelas control desarrollando la línea control L, la cual ocurre en la ij-ésima parcela grande. Así las fórmulas para estos dos métodos pueden ser escritas como:

$$\text{Método 2: } Y'_{ijk} = Y_{ijk} - (X_{ij} - \bar{X}_L).$$

$$\text{Método 3: } Y'_{ijk} = Y_{ijk} - b(X_{ij} - \bar{X}_L).$$

donde b es el coeficiente de regresión estimado regresionando las 2 p subparcelas control sobre las correspondientes parcelas control, i.e.,

$$b = \frac{(A_1^* - A_2^*) (A_1 - A_2) + (B_1^* - B_2^*) (B_1 - B_2) + \dots}{(A_1 - A_2)^2 + (B_1 - B_2)^2 + \dots}$$

El coeficiente de regresión del Método 3 es estructuralmente equivalente a la regresión dentro de líneas control sobre la suposición de una pendiente común para todos los controles y el Método 2 es un caso especial del Método 3 ($b=1$).

La eficiencia de los métodos depende de las circunstancias particulares por ejemplo, patrón de variación del suelo, proporción de variación total ambiental atribuible a factores del suelo. etc. Así, la selección de un Método de ajuste para ser aplicado a parcelas de prueba tiene que estar basado en la información obtenida de las parcelas control y subparcelas control en cada experimento.

2.8.4. Comparación de métodos.

Comparación de Método 1 y Método 2. Cuando los valores observados son ajustados por el Método 2, las varianzas estimadas de una diferencia entre dos líneas ajustadas de la misma parcela grande, dos de diferentes parcelas grandes pero la misma línea control y dos de dos diferentes parcelas grandes y de diferentes líneas control, son $2\hat{\sigma}_s^2$, $4\hat{\sigma}_s^2$ y $\{4(p-1)\hat{\sigma}_s^2 + 2\hat{\sigma}_w^2\}/p$, respectivamente.

Así la varianza promedio estimada de las diferencias bajo Método 2 es:

$$\left[2 \{8(p-1) \hat{\sigma}_w^2 + (16p^2 - 16p + 7) \hat{\sigma}_s^2\} \right] / (8p^2 - 1) \quad (8)$$

Cuando esta ecuación es comparada con (5), encontramos que Método 2 es más eficiente que Método 1 probado que $\hat{\sigma}_W^2 / \hat{\sigma}_S^2 > 2$.

Comparación de Método 1 y Método 3. Sea r la correlación simple entre las 2 p subparcelas control y las correspondientes parcelas control, sea σ_r^2 y σ_c^2 componentes por hilera y por columna del ANOVA de parcelas control, y sea σ^2 la varianza total después de ajustar por diferencia de líneas control (i.e. $\sigma^2 = \sigma_W^2 + \sigma_r^2 + \sigma_c^2$). Entonces las varianzas estimadas de las diferencias entre dos líneas ajustadas de la misma parcela grande, dos de diferentes parcelas grandes en la misma hilera, dos de diferentes parcelas grandes en la misma columna y dos de diferentes parcelas grandes en diferentes hileras y columnas, son $2\sigma_S^2$, $2(1-\hat{r}^2)(\hat{\sigma}^2 - \hat{\sigma}_r^2)$, $2(1-\hat{r}^2)(\hat{\sigma}^2 - \hat{\sigma}_c^2)$ y $2(1-\hat{r}^2)\hat{\sigma}^2$ respectivamente. Así la varianza promedio estimada de las diferencias bajo el Método 3 es.

$$\{16(p-1)(1-r^2)(p\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_W^2) + 14\hat{\sigma}_S^2\} / (8p^2 - 1) \quad (9)$$

Comparación de (9) y (5) muestra que Método 3 es más eficiente que Método 1 probado que $(p - 2 + r^2)\hat{\sigma}_W^2 + 4\hat{\sigma}_S^2 > p(1-\hat{r}^2)\hat{\sigma}^2$.

Comparación de Método 2 y Método 3. Simultáneamente de la comparación de (8) y (9), Método 3 es más eficiente que Método 2 probado que $\hat{r}^2\hat{\sigma}_W^2 + 2p\hat{\sigma}_S^2 > p(1-\hat{r}^2)\hat{\sigma}^2$.

Comparación de no-ajuste con los Métodos 1, 2 y 3. Si los valores observados no son ajustados la varianza promedio de una diferencia entre dos líneas es:

$$\{16(p-1)(p\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_W^2 + 14\hat{\sigma}_S^2) / (8p^2 - 1) \quad (10)$$

la cual es equivalente a (9) con $r=0$. Cuando (10) es comparada con (5), (8), y (9) encontramos que el ajuste es más eficiente que el no-ajuste si $(P-2) \hat{\sigma}_w^2 + 4\hat{\sigma}_s^2 < P\hat{\sigma}^2$ para el Método 1 y si $2\hat{\sigma}_s^2 < \hat{\sigma}^2$ para el Método 2; mientras que el ajuste por el Método 3 siempre es más eficiente que el no-ajuste.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización geográfica.

El presente trabajo se efectuó durante el ciclo Otoño-Invierno de 1986-1987 en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en el km 17 de la carretera Zuazua-Marín en el municipio de Marín, N.L., cuya situación geográfica corresponde a los 25°53' Latitud Norte y 100°03' Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, con una altitud de 367.0 msnm.

3.2. Clima de la región.

El clima de la región según la clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García, es de tipo semiárido $BS_1(h')hx'(e')$, con temperaturas medias anuales superiores de 22°C, la cual es inferior a los 18°C durante los meses más fríos (diciembre y enero) y superior a los 28°C, en los meses más calientes (julio y agosto), siendo extremosos con una oscilación mayor a los 14°C, entre el día y la noche; con precipitaciones promedio anuales de 500 mm. Con una máxima de 600 mm y una mínima de 200 mm, donde la porción más significativa de la precipitación anual ocurre de agosto a octubre y las eventuales lluvias en los meses restantes no son de importancia. La nubosidad oscila entre los 90 y 100 días del año; los vientos son masas de aire tropical, provenientes del noreste y del norte, cuyas intensidades respectivamente son alrededor de 20 km/hora.

Las condiciones climáticas (precipitación, temperatura, etc.) ocurridas durante el desarrollo del experimento, se presentan en el Cuadro 1 del Apéndice.

Los suelos de la región son del tipo Faocen Calcáricos, según DETENAL (1973), las características del suelo donde se realizó el experimento, así como su análisis físico-químico se presentan en el Cuadro 2 del Apéndice.

3.3. Materiales.

En la presente investigación se utilizó semilla de 190 familias de medios hermanos seleccionadas del cultivar Eclipse L-303 durante el ciclo anterior. Se utilizaron cuatro cultivares comerciales como testigos, dos proporcionados por PRONASE (Geminis y Santa Cruz) y dos adquiridas en casas comerciales del Valle de Texas (Toro P.R.R. y Eclipse L-303), también se implementó como testigo a la mezcla balanceada de las 190 familias de prueba.

Además, se utilizó la maquinaria y equipo agrícola necesarios para realizar las labores de labranza y de cultivo; implementos manuales, tales como: palas, azadones, sifones, mochila aspersora, así como los productos químicos requeridos, tales como fertilizantes, insecticidas y fungicidas.

3.4. Métodos.

3.4.1. Diseño experimental.

El experimento se estableció bajo un diseño aumentado modificado, que puede ser estudiado en el contexto de cualquier diseño estándar, implementándose en este caso un diseño Cuadro Latino capaz de ajustar por variación ambiental en dos direcciones, ya que tal variación es raramente unidireccional.

3.4.2. Arreglo del diseño.

El arreglo básico del diseño puede ser expresado en términos de una es

estructura de parcelas divididas. Hay nueve subparcelas dentro de cada parcela grande arregladas en un cuadro 3x3, -las subparcelas son cuadradas o aproximadamente cuadradas.

La subparcela central de cada parcela grande es llamada parcela control y es asignada a uno de los cultivares control. Los cultivares control son alojados en las parcelas control de acuerdo a la especificación del diseño, en este caso el Cuadro Latino. Para estimar el error de subparcela, así como verificar los resultados del ajuste, dos parcelas grandes para cada cultivar control, son seleccionadas arbitrariamente y el cultivar control en cada una de estas parcelas grandes, es también aleatoriamente asignado a una de las restantes ocho subparcelas. Estas serán referidas como subparcelas control. Después de que estos dos tipos de subparcelas son asignados, las familias de prueba son entonces aleatoriamente alojadas a las subparcelas restantes (parcelas de prueba).

El arreglo en el diseño Cuadro Latino 5x5 arroja un total de 225 subparcelas; de las cuales 190 corresponden a las familias de prueba y 35 a los cultivares control divididas en 25 parcelas control (subparcelas centrales) y 10 subparcelas control.

Las parcelas control y subparcelas control estuvieron constituidas por los cultivares:

- | | |
|----------------|--|
| A* Géminis | D. Eclipse L-303 |
| B. Santa Cruz | E. Mezcla de las 190 familias de prueba. |
| C. Toro P.R.R. | |

* Notación utilizada para identificar los cultivares control en el croquis del experimento.

Las 190 familias de medios hermanos corresponden a una selección individual, sin control de polinización, practicada durante el mes de abril de 1986 en el cultivar Eclipse L-303 durante la etapa de pre-cosecha de semilla, cultivadas en el Campo Experimental Agropecuario de la Facultad de Agronomía de la UANL, durante el ciclo Otoño-Invierno 1985-86. El criterio de selección seguido fue el tamaño y forma del bulbo, prefiriendo aquellos de tamaño medio a medio-grande y de forma oblonga; la sanidad tanto del bulbo como de la parte aérea, así como la precocidad y tamaño de la inflorescencia.

3.4.3. Análisis estadístico.

La secuencia de los análisis realizados se describe a continuación:

Los datos de las parcelas control son analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) basado en un diseño Cuadro Latino 5x5.

La información obtenida de este análisis es empleada como guía para decidir cuál método de ajuste implementar para las familias de prueba. Además de aquí se obtiene un estimador del error de parcela grande σ_w^2 con $(p-1)$ $(p-2)$ grados de libertad y mediante la suma de cuadrados de las diferencias dentro de parcelas grandes $(A_1 - A_1^*) + (A_2 - A_2^*) + (B_1 - B_1^*) + \dots$, donde A_1, A_2, B_1, \dots , son las parcelas control correspondientes a $A_1^*, A_2^*, B_1^*, \dots$, se obtiene un estimador del error de subparcela σ_s^2 con $2p$ grados de libertad.

Los métodos de ajuste utilizados fueron:

Método 1. Las familias de prueba pueden ser ajustadas usando correcciones por hilera y columna estimados de las parcelas control. Este método es efectuado como sigue:

Sea Y_{ijk} el valor observado de la familia de prueba en la parcela grande de la i -ésima hilera ($i=1,2,\dots,p$) y la j -ésima columna ($j=1,2,\dots,p$) y la k -ésima subparcela ($k=1,2,\dots,8$) dentro de esta parcela grande; y sea X_{ij} el valor observado del cultivar control (A,B,C,D,E,) en la ij -ésima parcela grande. Entonces el valor ajustado de Y'_{ijk} es:

$$Y'_{ijk} = Y_{ijk} - R_i - C_j$$

Donde R_i y C_j son correcciones por hilera y por columna definidos como

$$R_i = \sum_j X_{ij}/p - \sum_i \sum_j X_{ij}/p^2$$

$$\text{y } C_j = \sum_i X_{ij}/p - \sum_i \sum_j X_{ij}/p^2$$

Método 2. Ajuste los valores para familias de prueba dentro de cualquier parcela grande, usando un índice de nivel de fertilidad.

Método 3. Trate el índice de fertilidad como una variable concomitante y ajuste las familias de prueba por análisis de regresión.

Usando la notación de la ecuación del Método 1, y \bar{X}_L represente la media de las P parcelas control desarrollando un cultivar control L , el cual ocurre en la ij -ésima parcela grande. Las ecuaciones para estos dos métodos pueden ser escritas como:

$$\text{Método 2: } Y'_{ijk} = Y_{ijk} - (X_{ij} - \bar{X}_L)$$

$$\text{Método 3: } Y'_{ijk} = Y_{ijk} - b(X_{ij} - \bar{X}_L)$$

donde b es el coeficiente de regresión estimado regresionando las $2p$ subparcelas control sobre las correspondientes parcelas control.

$$b = \frac{(A_1^* - A_2^*)(A_1 - A_2) + (B_1^* - B_2^*)(B_1 - B_2) + \dots}{(A_1 - A_2) + (B_1 - B_2) + \dots}$$

Cada método de ajuste se emplea dependiendo de las condiciones particulares presentes en el experimento, las siguientes son algunas guías utilizadas para la selección del método de ajuste más conveniente.

Ajuste por el Método 1 es válido sólo si cuadrados medios de hilera y/o columna del ANOVA son más grandes que $\hat{\sigma}_W^2$. Sin embargo, si no se observan efectos de hilera o columna, o si $\hat{\sigma}_W^2$ es sustancialmente más grande que $\hat{\sigma}_S^2$, la implicación es que la simple eliminación de heterogeneidad ambiental en dos sentidos para un campo dado, puede no ser satisfactoria. Bajo estas circunstancias, se pueden probar los otros métodos de ajuste.

Aún cuando cada método de ajuste es clasificado como mejor o peor para determinada condición de variación ambiental presente en un estudio por simulación de los tres métodos de ajuste que provee el diseño Aumentado Modificado realizado por Lin, Poushinsky y Jui (1983), es difícil generalizar, porque la eficiencia de los métodos depende de las circunstancias particulares, por ejemplo, patrón de variación del suelo, proporción de variación total ambiental atribuible a factores del suelo, etc. Así, la selección de un método de ajuste para ser aplicado a parcelas de prueba, tiene que estar basado en la información obtenida de las parcelas control y subparcelas control en cada experimento. Otra de las guías utilizada para la selección del método de ajuste fue la de comparar la efectividad de los métodos en base a su varianza promedio para comparar dos familias de prueba.

Varianza promedio para ajustar dos familias de prueba bajo los tres métodos de ajuste y sin ajustar.

$$\text{Método 1: } \{16(p-1)^2 \hat{\sigma}_W^2 + 2(32p-25)\hat{\sigma}_S^2\} / (8p^2-1)$$

$$\text{Método 2: } [2\{8(p-1)\hat{\sigma}_W^2 + (16p^2-16p+7)\}] / (8p^2-1)$$

$$\text{Método 3: } \{ 16(p-1)(1-\hat{r}^2)(p\hat{\sigma}_w^2 + \hat{\sigma}_s^2) + 14\hat{\sigma}_s^2 \} / (8p^2 - 1)$$

$$\text{Sin ajustar: } \{ 16(p-1)(p\hat{\sigma}_w^2 + \hat{\sigma}_s^2) + 14\hat{\sigma}_s^2 \} / (8p^2 - 1)$$

Donde r es la correlación simple entre las $2p$ subparcelas control y las correspondientes parcelas control, σ_r^2 y σ_c^2 son componentes por hilera y columna del ANOVA de parcelas control y σ^2 es la varianza total ($\sigma^2 = \sigma_w^2 + \sigma_r^2 + \sigma_c^2$).

Después de comparar los valores de las varianzas promedio para cada uno de los métodos y sin ajustar, se define la eficiencia entre ellos mediante el cumplimiento o no de las siguientes condiciones.

Comparación del Método 1 y Método 2. Al comparar la varianzas promedio encontramos que Método 2 es más eficiente que Método 1 probado que $\hat{\sigma}_w^2 / \hat{\sigma}_s^2 > 2$.

Comparación del Método 1 y Método 3. Las varianzas promedio muestran que Método 3 es más eficiente que Método 1 probado que $(p-2 + \hat{r}^2) \hat{\sigma}_w^2 + 4\hat{\sigma}_s^2 > p(1 - \hat{r}^2) \hat{\sigma}^2$.

Comparación de Método 2 y Método 3. Simultáneamente, la comparación de las varianzas promedio Método 3 es más eficiente que Método 2 probado que $\hat{r}^2 \hat{\sigma}_w^2 + 2p\hat{\sigma}_s^2 > p(1 - \hat{r}^2) \hat{\sigma}^2$.

Comparación del No-ajuste con los Métodos 1, 2, y 3. Cuando la varianza promedio bajo el No-ajuste es comparada con las de los tres métodos encontramos que el ajuste es más eficiente que el No-ajuste si $(p-2) \hat{\sigma}_w^2 + 4\hat{\sigma}_s^2 > p\hat{\sigma}^2$ para Método 1 y si $2\hat{\sigma}_s^2 < \hat{\sigma}^2$ para Método 2, mientras que el ajuste por el Método 3 siempre es más eficiente que el No-ajuste.

El croquis del experimento y la distribución de los tratamientos se puede observar en la Figura 1 del Apéndice.

Las dimensiones del experimento fueron las siguientes:

Experimento total:	$45 \times .9 \text{ m} \times 62 \text{ m} = 2511 \text{ m}^2$
Superficie efectiva del experimento:	$45 \times .9 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 5 = 2025 \text{ m}^2$
Parcela grande:	$9 \times .9 \times 10 \text{ m} = 81 \text{ m}^2$
Subparcela:	$3 \times .9 \times 3 \text{ m} = 8.1 \text{ m}^2$
Parcela útil (subparcela):	$2 \times .9 \times 2.50 \text{ m} = 4.5 \text{ m}^2$

La siembra se realizó con un espaciamiento entre surcos de 90 cm, estando conformada cada unidad experimental por tres surcos de tres metros de longitud sembrados a doble hilera con un espaciamiento entre plantas de 10 cm, la parcela útil estuvo constituida por las cuatro hileras centrales de cada subparcela y eliminando 25 cm de cada cabecera.

En la Revisión Bibliográfica se da una descripción más amplia sobre el análisis bajo un diseño Aumentado Modificado para un experimento sin repeticiones.

3.4.4. Desarrollo del experimento.

3.4.4.1. Preparación y siembra del almácigo. Se prepararon tres almácigos consistiendo cada uno de un cajete rectangular de 1 m de ancho x 30 m de largo y aproximadamente 20 cm de espesor, formados por una mezcla previamente cribada de arena de río, estiércol seco de bovino y tierra del lugar en proporciones de 1:1:2 respectivamente, procurando nivelarlos lo mejor posible para favorecer un riego uniforme. La siembra se realizó el 6 de Octubre de 1986 a chorrillo ligero en pequeños surcos espaciados a 10 cm, depositando la semilla a una profundidad aproximada de 1 cm, tapándose manualmente con

las misma mezcla; se dispuso de tres surcos para cada familia de prueba y 20 surcos para cada variedad testigo. Después se dió un riego pesado para asegurar la germinación que ocurrió en forma escalonada iniciándose a los 10 días, debido a fuertes lluvias que se presentaron; ante este inconveniente, los almácigos fueron tapados con ramas para así protegerlos.

Los riegos a los almácigos se efectuaron de tal manera que no se presentara déficit de humedad, por lo general se realizaron cada cinco días procurando que fueran riegos pesados.

Durante el desarrollo de las plántulas en el almácigo se tuvieron problemas con pequeños manchones de secadera o Damping off, los cuales fueron controlados mediante la suspensión de riegos, así como con la aplicación de productos fungicidas, cuyas fechas y dosis aparecen en el Cuadro 3 del Apéndice.

3.4.4.2. Preparación del terreno. La preparación del terreno se efectuó 15 días antes del transplante consistiendo en una labor de aradura profunda, dos pasos de rastra y el surcado del terreno. Se procedió posteriormente al trazo y construcción de regaderas y a la división del terreno en parcelas y la subdivisión de éstas en subparcelas.

3.4.4.3. Transplante. El transplante se realizó 56 días después de la siembra, esto debido a las condiciones adversas que se presentaron durante el desarrollo de las plántulas en el almácigo, como las fuertes precipitaciones dadas durante la siembra, lo que provocó una germinación retardada, además de un desarrollo inicial lento y la aparición de enfermedades, principalmente el ahogamiento o Damping off. El criterio seguido para realizar el trans

plante fue que las plantas tuvieran una altura de 15 a 20 cm.

Para facilitar la extracción de las plantas se dió un riego pesado al almácigo. Al momento del transplante se realizó una poda al follaje para compensar la pérdida de raíces y mantener la relación raíz-follaje, así como facilitar el manejo de las plantas.

Cabe mencionar que el transplante se realizó en seco, debido a que las buenas condiciones del terreno así lo permitían, además que al manejar una gran cantidad de materiales bajo un terreno inundado implica que el transplante sea más lento y las probabilidades de colocar un material equivocadamente aumentan. Inmediatamente después del transplante se procedió a dar un riego pesado y tres días después se dio otro riego para evitar el agrietamiento del surco y la consecuente aireación de las raíces.

3.4.4.4. Fertilización. Para la fertilización se empleó la fórmula 160-80-50, la cual fue dividida en dos aplicaciones, aplicando en la primera de ellas la fórmula 80-80-50 previo al transplante. El fertilizante se distribuyó manualmente a chorrillo en ambos lados del surco, tapándose posteriormente para evitar su volatilización.

En la segunda aplicación, se empleó la fórmula 80-00-00 (mitad restante del Nitrógeno), realizándose ésta aproximadamente tres meses después de la primera, coincidiendo con la etapa de formación de bulbo, el fertilizante se distribuyó en bandas a ambos lados del surco y aplicando inmediatamente un riego.

Las fuentes de elementos utilizadas fueron: Urea (46% N), Superfosfato Triple de Calcio (46% P_2O_5) y la fórmula 17-17-17.

3.4.4.5. Riegos. El número de riegos de auxilio dados al cultivo fue de siete (incluyendo el de transplante). El número de riegos y la frecuencia de éstos estuvieron determinados por las condiciones climáticas imperantes en la región durante el desarrollo del experimento. Se utilizó agua de un pozo profundo, cuya clasificación agronómica es C_3S_1 (agua altamente salina y baja en Sodio). La calendarización de riegos proporcionados al cultivo se presentan en el Cuadro 4 del Apéndice.

3.4.4.6. Control de malezas. La infestación de malezas fue mínima al principio del experimento, al final la infestación fue mayor debido a las condiciones más favorables para su aparición.

Las malezas que se presentaron con mayor incidencia durante el desarrollo del experimento fueron:

Nombre común:	Nombre científico:
Correhuela	<u>Convolvulus arvensis</u> L.
Agritos	<u>Oxalis corniculata</u> L.
Malá mujer	<u>Salanum rostratum</u> L.
Polocote	<u>Helianthus</u> sp.
Rodadora	<u>Salsola kali</u>

El control se realizó en forma manual con azadón, realizándose tres deshierbes.

3.4.4.7. Plagas y enfermedades. El ataque de plagas fue mínimo, solamente se presentó una leve infestación de trips (Thrips tabaci L.), para su control se realizó una aplicación de Diazinón a razón de 3.5 cc/lto.

En lo que respecta a enfermedades, se presentó un problema ocasionado por la bacteria (Xanthomonas campestris), ésta producía un moteado en las hojas, por lo que se hicieron aplicaciones con la mezcla de Terramicina Agrícola 5% y Agrymicin 100 a razón de 2 g/lto de agua y 1 g/lto de agua respectivamente. También se presentó la enfermedad Mancha púrpura (Alternaria porri) que se controló con los mismos productos antes mencionados.

Los productos químicos, fechas y dosis de aplicación aparecen en el Cuadro 3 del Apéndice.

3.4.4.8. Cosecha. Debido a la falta de uniformidad en la maduración y a la gran cantidad de materiales que se tenía, la cosecha se realizó en forma escalonada; ésta se efectuó cuando la planta presentaba los síntomas de la madurez como son el secamiento de las hojas y doblamiento o postramiento de la planta; se consideró que era pertinente realizar la cosecha cuando se encontraron más del 50% de las plantas postradas o caídas.

Una labor importante en el cultivo de la cebolla es el aporque para evitar que los bulbos queden expuestos a los rayos solares y se provoque el verdeo de éstos; se realizó un aporque el 5 de Marzo (aproximadamente un mes antes de la cosecha), el cual fue realizado con un arado de reja de tracción animal.

3.4.5. Variables estudiadas.

Las evaluaciones de las variables estudiadas en el presente experimento se realizaron solamente en las plantas cosechadas con competencia completa dentro de cada parcela útil.

Una vez realizada la cosecha se tomaron 10 plantas al azar para medir las siguientes variables: altura de planta, diámetro del bulbo, diámetro de cuello y peso de bulbo.

Los bulbos cosechados por parcela útil fueron clasificados en función de su tamaño en tres categorías:

- 1a. menor de 5 cm de diámetro
- 2a. de 5 a 8 cm de diámetro
- 3a. mayor de 8 cm de diámetro

Cuantificándose las siguientes variables: número y peso de bulbos para cada una de las tres categorías, agregándole a cada una de éstas los valores correspondientes al peso de los bulbos de las 10 plantas tomadas al azar para obtener la información total por parcela útil. Además, se obtuvo el número y peso total de bulbos por parcela útil.

Las variables fueron evaluadas de la siguiente manera:

Altura de planta. Se obtuvo midiendo desde la base del bulbo hasta el ápice de la hoja más larga, expresado en centímetros.

Diámetro de bulbo. Se determinó al medir la parte ecuatorial del bulbo con un vernier, expresado en centímetros.

Diámetro de cuello. Se midió con un vernier en centímetros arriba del inicio del seudotallo, expresado en centímetros.

Porcentaje de floración. Se contó el número de plantas floreadas y se relacionó al total de plantas cosechadas.

Peso. Para todas las variables que involucraron el factor peso, éste

se tomó con una balanza granataria, expresado en gramos para la variable peso de bulbo y en kilogramos para las variables restantes.

Número total de bulbos. Se contabilizó el total de bulbos correspondientes a cada una de las tres categorías.

Rendimiento por parcela útil. Corresponde al peso total de los bulbos cosechados por parcela útil, expresado en kilogramos.

IV. RESULTADOS :

Como se ha mencionado anteriormente, en el presente trabajo se evaluaron 190 familias de medios hermanos de cebolla, implementando para ello un diseño aumentado modificado sin repetición; comparándose los tres métodos de ajuste que este diseño provee y el no ajuste, para encontrar cuál de ellos es el más adecuado para controlar la variación ambiental presente. La selección de las familias de prueba se realizó en base a los valores ajustados por el método seleccionado, utilizando una presión de selección del 10%. Se consideró al rendimiento por parcela útil como el principal criterio de selección. Se presentan además los valores de las restantes variables correspondientes a las familias seleccionadas. La prueba de rango múltiple de medias sólo se realizó para las variables rendimiento por parcela útil, porcentaje de floración y número de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm. A continuación se muestran los resultados obtenidos en el experimento.

Análisis de los cultivares control y selección de los métodos de ajuste.

Las variables estudiadas en los cultivares de las parcelas control fueron, por el análisis de varianza (ANOVA) basado en un diseño Cuadro Latino.

La secuencia para seleccionar el método ó los métodos de ajuste más adecuados de acuerdo a las condiciones ambientales presentes se da a continuación.

Los análisis de varianza realizados en las parcelas control, indicaron como significativa la fuente de variación hileras para las variables número de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm, número y peso de bulbos con diámetro mayor de 8 cm y rendimiento por parcela útil; encontrándose a la vez significancia en columnas solo para la variable rendimiento por parcela útil. Pa

ra la fuente de variación cultivar, se encontró significancia para las variables porcentaje de floración, peso de bulbo, número y peso de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm, número y peso de bulbos con diámetro mayor de 8 cm y rendimiento por parcela útil (Cuadro 5 del Apéndice).

En las Figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7 del Apéndice, se muestra el comportamiento promedio de los cultivares de las parcelas control a través de hileras y columnas. Aquí se comprueba lo reportado por los análisis de varianzas: en general, se observa gran variación entre los valores promedio para las variables en las que se encontró significancia en la fuente de variación cultivar.

El ajuste por el Método 1 es válido sólo si cuadrados medios de hilera y/o columna son más grandes que la varianza de parcelas grandes ($\hat{\sigma}_W^2$), en las estimaciones de varianzas se observa que esta condición la cumplen todas las variables a excepción de la variable porcentaje de floración (Cuadro 6 del Apéndice).

Si no se observan efectos de hilera o columna, o si la varianza de parcelas grandes ($\hat{\sigma}_W^2$) es sustancialmente más grande que la varianza de subparcelas ($\hat{\sigma}_S^2$), la simple eliminación de heterogeneidad ambiental en dos sentidos puede ser no satisfactoria. Aún cuando los análisis de varianzas reportan para las fuentes de variación hileras o columnas significancia sólo para las cuatro variables anteriormente mencionadas, en general se observa que la varianza de subparcelas ($\hat{\sigma}_S^2$) es mayor que la varianza de parcelas grandes ($\hat{\sigma}_W^2$) para todas las variables excepto para el porcentaje de floración y el número de bulbos con diámetro menor de 5 cm (Cuadro 6 del Apéndice).

Las estimaciones de varianzas promedio para cada uno de los métodos de ajuste y sin ajustar, indican que el Método 1 tiene menores varianzas promedio que el Método 2 para todas las variables, salvo para la variable porcentaje de floración. Al comparar ahora el Método 1 y el 3 en base a las varianzas promedio, encontramos que el Método 3 tiene menores varianzas promedio para las variables diámetro de cuello, porcentaje de floración y número y peso de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm; asimismo, el Método 1 tiene menores estimaciones de varianzas promedio que el no ajuste (Cuadro 7 del Apéndice).

La comparación de los métodos de ajuste mediante el cumplimiento o no de las condiciones establecidas en base a las varianzas promedio, confirma lo observado en las estimaciones de las varianzas promedio. Al comparar el Método 1 y el 2, se encontró que el Método 1 es mejor, salvo para la variable porcentaje de floración. Asimismo, al comparar los Métodos 1 y 3, se confirma que el Método 3 es mejor solo para las variables diámetro de cuello, porcentaje de floración y número y peso de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm. Ahora solo resta comparar el Método 2 y el 3 en cuanto a la variable porcentaje de floración, ésta nos indica que el Método 3 tiene una menor varianza promedio y al compararlos en base a la condición establecida, se confirma la superioridad del Método 3 (Cuadro 8 del Apéndice).

Al comparar los Métodos 1 y 2 con el no ajuste, encontramos que el Método 1 en general es mejor que el no ajuste para las condiciones ambientales particulares que se dieron en el experimento; entre tanto, el Método 2 no demuestra una consistente superioridad sobre el no ajuste; mientras que el Método 3 siempre es mejor que el no ajuste (Cuadro 9 del Apéndice).

En el Cuadro 10 del Apéndice se dan los valores correspondientes a

las correcciones por hilera y columna, los coeficientes de regresión estima dos regresionando las 2p subparcelas control sobre las correspondientes par celas control y las medias de las p parcelas control. Estos valores fueron calculados para todas las variables independientemente del método de ajuste seleccionado.

En el Cuadro 11 del Apéndice, se da un resumen de los principales esta dísticos de las variables estudiadas en las parcelas control.

En el Cuadro 12 del Apéndice se muestran los análisis de correlación entre las variables estudiadas en las parcelas control.

En base a los resultados obtenidos de los análisis de varianza para parcelas control, así como de las estimaciones realizadas en base a subpar- celas control, podemos definir cuál de los métodos de ajuste implementar pa ra las variables analizadas, dependiendo de la tendencia de la variación am biental en el experimento. A continuación se enumeran las variables analiza da das y el método de ajuste que se va a utilizar.

Variable	Método de ajuste
Altura de planta (cm)	Método 1
Diámetro de bulbo (cm)	" "
Diámetro de cuello (cm)	Método 3
Peso de bulbo (g)	Método 1
Porcentaje de floración	Método 3
Número de bulbos con diámetro menor a 5 cm	Método 1
Peso de bulbos con diam. menor de 5 cm (kg)	" 1
Número de bulbos con diam entre 5 y 8 cm	" 1
Peso de bulbos con diam. entre 5 y 8 cm (kg)	" 1
Número de bulbos con diam. mayor de 8 cm.	" 1
Peso de bulbos con diam. mayor de 8 cm (kg)	" 1
Rendimiento por parcela útil (kg)	" 1

La discusión respecto a la elección de los métodos de ajuste se dará más adelante.

Ajuste y selección de las familias de prueba.

Se seleccionó a las familias más prometedoras tomando como criterio principal de selección al rendimiento por parcela útil, utilizando una presión de selección del 10%; además, se consideró los valores más bajos en porcentaje de floración y el número de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm.

En el Cuadro 13 del Apéndice se muestran los valores observados y ajustados para el rendimiento por parcela útil de las familias seleccionadas; se presentan además, sus valores de porcentaje de floración y número de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm.

En los Cuadros 14, 15 y 16 del Apéndice, se dan los valores de las familias de prueba seleccionadas para las demás variables analizadas.

La prueba de rango múltiple de medias (Cuadro 17 del Apéndice) por el método de Tukey para la variable rendimiento por parcela útil, muestra que no existen diferencias significativas al 5% para el rendimiento por parcela útil entre las familias seleccionadas.

Para la variable porcentaje de floración; la prueba de rango múltiple de medias indica que la familia 187, la cual tiene el menor porcentaje de floración, es igual estadísticamente a las familias 89, 137, 111, 30, 180, 162, 147 y 176, pero diferente significativamente a las demás familias de prueba seleccionadas (Cuadro 18 del Apéndice).

La prueba de rango múltiple de medias, para la variable número de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm muestra que no hay diferencias significati-

vas en el número de bulbos con ese diámetro entre familias (Cuadro 19 del Apéndice). Igualmente para estas dos variables se utilizó el método Tukey a una significancia del 5%.

Aún y cuando las comparaciones de medias no reportaron diferencias significativas para dos de las tres principales variables consideradas para la selección de familias de prueba, se puede mencionar que aquellas que presentan los mejores valores son las siguientes: 111, 187, 137 y 147.

V. DISCUSION

La varianza mayor presentada en hileras y/o columnas que en parcelas grandes, indica una tendencia de la variación en uno o en ambos sentidos. Para el caso de la variable porciento de floración, se cree que la varianza de parcelas grandes resultó mayor que la de hileras y columnas debido a que sobre este factor influyen en gran medida condiciones del medio ambiente, tales como el fotoperíodo, la temperatura, estado fenológico de la planta, etc.; por lo que esta variable no puede ser ajustada por el Método 1 que ajusta por variación en dos sentidos; ya que su comportamiento parece presentar una tendencia multidireccional.

Para la variable diámetro de cuello se eligió el Método 3 ya que el diámetro de cuello se modifica grandemente al presentarse la floración, por lo que al presentarse ésta, la variación del diámetro del cuello aumenta considerablemente con la misma tendencia que para la floración.

Para las variables rendimiento por parcela útil, diámetro de bulbo, número y peso de bulbos para cada uno de los diámetros considerados, peso de bulbo y altura de planta, se utilizó el Método de ajuste 1 debido a que la floración no influyó grandemente sobre ellas, ya que ésta se presentó al final del ciclo próximo a la cosecha, cuando se dieron las condiciones propicias.

Para el caso de las variables número y peso de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm, el Método 3 presenta menores varianzas promedio que el Método 1; sin embargo, esas diferencias no indican una clara superioridad del Método 3 sobre el 1, además se tiene mayor variación en hileras y columnas que entre parcelas grandes para estas variables.

En este caso, la variación observada en el comportamiento promedio de los cultivos a través de hileras y columnas en gran medida se podría deber a la diferente capacidad adaptativa de éstos a las condiciones de la región, por lo que es factible considerar en experimentos posteriores la posibilidad de utilizar un solo testigo, asegurándose primeramente de contar con el suficiente material para reponer cualquier falla de germinación o en el trasplante.

Las varianzas promedio menores utilizadas para la comparación de medias influyen en una mejor detección de diferencias entre las variables comparadas de las familias de prueba.

Se considera que un Cuadro Latino 5x5 presenta "razonablemente" muchos grados de libertad para estimar el error de parcelas grandes y de subparcelas.

En el experimento, las varianzas promedio menores solo detectaron diferencias significativas para la variable porcentaje de floración, ya que en general estos valores de varianza fueron altos. Aún así, se considera al presente diseño como un buen instrumento para obtener estimaciones confiables de la verdadera capacidad productiva de las familias de prueba; además, en las etapas tempranas de un programa de mejoramiento es más importante obtener una buena estimación de la capacidad productiva de una familia o línea de prueba, que determinar diferencias estadísticas entre ellas. La forma cuadrada o aproximadamente cuadrada de las subparcelas de prueba influye en una mayor eficiencia de ajuste para las familias de prueba, ya que se cumple más cercanamente la suposición de homogeneidad de subparcelas

Para el caso de algunas familias como la 158, 61 y 180, que presentan

valores observados de rendimiento mayores que el ajustado, podemos concluir que su ubicación fue más favorable respecto a las demás familias que presentaron valores observados menores que el ajustado.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se encontraron mayores valores de varianza para hileras o columnas que para parcelas grandes.
2. La varianza de subparcelas resultó mayor que la de parcelas grandes para la mayoría de las variables; solo para la variable porcentaje de floración es sustancialmente mayor la varianza de parcelas grandes.
3. El método de ajuste 1 presenta varianzas promedio menores para la mayoría de las variables; el Método 3 presenta varianzas promedio menores sólo para las variables porcentaje de floración, diámetro de cuello y número y peso de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm.
4. Las variables altura de planta, diámetro de bulbo, peso de bulbo, rendimiento por parcela útil y número y peso de bulbos para cada uno de los diámetros considerados fueron ajustados en base al Método 1, las variables porcentaje de floración y diámetro de cuello en base al Método 3.
5. No se encontraron diferencias significativas en la prueba de rango múltiple de medias entre las familias de prueba seleccionadas para las variables rendimiento por parcela útil y número de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm.
6. Para la variable porcentaje de floración se encontraron diferencias significativas en la prueba de rango múltiple de medias, siendo la familia 187 la que presentó el menor porcentaje de floración, estadísticamente igual a 8 más de las familias de prueba seleccionadas, pero diferente estadísticamente al resto de ellas.

7. Las familias seleccionadas que presentan los menores porcentajes de floración, las más altas cantidades de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm y los mayores rendimientos por parcela útil, fueron: 111, 187, 137 y 147.
8. En función de los resultados obtenidos, puede concluirse que existe variabilidad genética entre las familias seleccionadas.
9. El diseño experimental utilizado fue efectivo para ajustar por heterogeneidad ambiental y detectar diferencias para los principales parámetros involucrados en la producción, por lo que en este caso fue útil en la evaluación de familias en una etapa temprana de selección.
10. Se recomienda utilizar el diseño en experimentos posteriores, probando el uso de un solo testigo.
11. En general, podemos recomendar el presente diseño para las condiciones experimentales limitadas por muchos materiales de prueba.

VII. RESUMEN

El experimento se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la UANL en Marín, N.L. durante el ciclo Otoño-Invierno 1986-87.

En programas de selección de plantas, generalmente se empieza con un número grande de materiales. El número de materiales puede fluctuar de varios cientos a varios miles. Manejar experimentos para tales condiciones es extremadamente difícil ante la presencia de factores adversos como son el que la heterogeneidad ambiental en el campo no puede ser tomada en cuenta tan fácilmente, además el material disponible para cada línea es frecuentemente limitado, algunas veces solo suficiente para una repetición. Por tal motivo, se realizó la evaluación de 190 familias de medios hermanos de cebolla provenientes del cultivar Eclipse L-303, seleccionadas en el ciclo anterior; implementando para esta evaluación un diseño aumentado modificado sin repetición, el cual usa parcelas control para ajustar por heterogeneidad ambiental y provee tres métodos de ajuste.

Dentro de este diseño se analizaron las variables estudiadas, las cuales fueron: altura de planta, diámetro de bulbo, diámetro de cuello, peso de bulbo, porcentaje de floración y rendimiento por parcela útil.

Además del rendimiento total del bulbo de cada familia de prueba, los bulbos se clasifican en tres categorías: chicos (menos de 5 cm), medianos (de 5 a 8 cm) y grandes (más de 8 cm).

El estudio para seleccionar el método de ajuste más adecuado de acuerdo al tipo de variación presente, indica que el Método 1 que utiliza co-

recciones por hilera y por columna, resultó ser más efectivo para la mayoría de las variables que los demás métodos y el no ajuste.

El Método 3 resultó más efectivo solo para las variables por ciento de floración y diámetro de cuello. El Método 2 que utiliza un índice de nivel de fertilidad resultó ser el menos efectivo.

Se seleccionó a las familias más prometedoras tomando como criterio principal de selección el rendimiento por parcela útil, utilizando una presión de selección del 10%, además se consideró el porcentaje de floración y el número de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm.

Las familias seleccionadas fueron: 126, 111, 137, 159, 30, 158, 64, 175, 61, 153, 187, 167, 8, 19, 58, 180, 147, 176, 89, 162 y 155.

Las pruebas de rango múltiple de medias por el método de Tukey, realizadas en las variables rendimiento por parcela útil, porcentaje de floración y número de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm reportaron diferencias significativas solo para la variable por ciento de floración. Encontrándose que la familia 187, la cual tiene el menor porcentaje de floración es igual estadísticamente a las familias 89, 137, 111, 30, 180, 162, 147 y 176; pero diferente significativamente a las demás familias de prueba.

En función de los resultados obtenidos, se puede considerar al diseño implementado para este experimento como útil en las etapas tempranas de un programa de selección de plantas.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. AGRICULTURA DE LAS AMERICAS. 1977. Productores tecnificadores que compiten mundialmente.
2. ALLARD, R.W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
3. ANONIMO. 1980. Manual de plaguicidas autorizados. Dirección General de Sanidad Vegetal de la S.A.R.H., México.
4. BRAUER, O. 1973. Fitogenética Aplicada. Editorial LIMUSA, México.
5. BREWBAKER, J.L. 1967. Genetica Agrícola. Unión tipográfica. Editorial Hispano americana, México.
6. BRIGS, F.N. and P.F. KOWLES. 1976. Introduction to plant breeding. Reinhold Publishing, U.S.A.
7. CASSERES, E. 1966. Producción de hortalizas. Primera edición. I ICA. Lima, Perú.
8. CONTRERAS, M.C. 1977. La vernalización en bulbillos de cebolla (Allium cepa L.) como estímulo para la floración. ITESM. Tesis.
9. EDMOND, J.B.; T.L. SEEN y T.S. ANDREWS. 1976. Principios de horticultura. Primera edición en español. CECSA. México, D.F.
10. ELLIOT, F.C. 1964. Mejoramiento de plantas, citogenética. CECSA. México.
11. FALCONER, D.S. 1976. Introducción a la genética cuantitativa. Compañía Editorial Continental, S.A., México.
12. FEDERER, W.T. and D. RAGHAVARAO. 1975. On augmented designs. Biometrics 31:29-35.
13. FERSINI, A. 1976. Horticultura práctica. Segunda edición. Diana, México.
14. GARDNER, E.J. 1977. Principios de genética. Ed. LIMUSA. México.
15. GIUSSEPE, G.; GIOVANNI NEGRI y C. CAPELLETI. 1965. Tratado de Botánica. Editorial Labor, S.A. Segunda edición. Barcelona, España.

16. HEREDIA, Z.A. 1985. Geminis: una nueva variedad de cebolla para el Bajío. SARH, INIA, CIAB y CAEB. Folleto Técnico No. 2. Celaya, Gto. México.
17. LIN, C.S. and G. POUSHINSKY. 1983. A modified augmented design for an early stage of plant selection involving a large number of test lines without replication. *Biometrics*. 39:553-561.
18. LIN, C.S., G. POUSHINSKY and P.V. JUI. 1983. Simulation study of three adjustment methods for the modified augmented design and comparison with the balanced lattice square design. *J. Agric. Sci. (Camb)* 100:527-534.
19. LIN, C.S. and G. POUSHINSKY. 1985. A modified augmented design (Type 2) for rectangular plots. *Can. J. Plant Sci.* 65:743-749.
20. LOMA, J.L. de la. 1963. *Genética General y Aplicada*. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana. México.
21. MAINARDI, F.F. 1976. *El huerto: cómo, dónde, cuándo*. Manual de horticultura moderna. De Vecchi, S.A. Barcelona.
22. MONTES C., F. 1984. *Cultivos hortícolas de verano zonas bajas del estado de Nuevo León*. CIA-FAUANL.
23. MORTENSEN, E. y E. BULLARD. 1971. *Horticultura Tropical y Subtropical* Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el desarrollo internacional.
24. PATIL, P.Y.; V.K. MAHORKAR and V.K. PATIL. 1983. Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potash on growth on yield of onion *Allium cepa* L. *Journal Maharashtra Agric. Univ.* 8(1):41-43.
25. POEHLMAN, J.M. 1965. *Mejoramiento genético de las cosechas*. Editorial LIMUSA, México.
26. REYES, C. P. 1971. *Genotecnia del maíz para tierra caliente*. Ed. Mimeo. ITESM. Monterrey, N.L., México.
27. REYES, C. P. 1985. *Fitogenética básica y aplicada*. A.G.T. Editor, S.A. México.
28. SALINAS, R., R. *Cultivos hortícolas de invierno en las zonas bajas de Nuevo León*. Folleto de Recomendación #1. UANL. Facultad de Agrono

mía. Marín, N.L.

29. SARLI, A.E. 1964. Horticultura. Acme S.A.C.I. Buenos Aires, Argentina.
30. SOMEFI, A.C. 1978. Recursos genéticos disponibles a México. Tarcicio Cervantes Santana editor. Chapingo, México.
31. WALL, J.S. y WILLIAM, M. ROSS. 1975. Producción y usos del sorgo. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires.
32. WILLIAMS, W. 1965. Principios de genética y mejora de las plantas. Editorial Acribia. España.

IX. A P E N D I C E

Cuadro 1. Condiciones ambientales que prevalecieron durante el experimento.

M e s	\bar{X} Máx.	\bar{X} Mín.	Temperatura °C Media	Máxima	Mínima	Lluvia (mm)	Evap. (mm)
Octubre	27.0	17.5	22.3	37.5	10.0	88.9	113.6
Noviembre	23.5	7.3	15.4	32.0	1.0	24.6	77.34
Diciembre	17.0	8.0	12.5	27.5	0.5	77.0	45.85
Enero	19.8	3.9	11.8	31.5	-3.0	16.8	70.96
Febrero	22.3	7.5	14.7	32.0	1.5	25.6	90.28
Marzo	22.3	9.8	16.0	31.0	-2.0	13.8	140.96
Abril	29.0	12	20.5	42.5	1.0	12.6	185.6

FUENTE: Estación Meteorológica de la F.A.U.A.N.L.

Cuadro 2. Análisis físico-químico del suelo donde se realizó el experimento.

Determinación	Análisis	Clasificación agronómica
Color (Escala de Munsell)	Seco 10YR 5/2 Húmero 10YR 3/2	Café grisáceo Café grisáceo muy oscuro
Reacción (potenciómetro)	8.4	Moderadamente alcalino
Textura (Método del Hidrómetro)	Arcilloso	Arcilloso
Materia orgánica (Método de Walkley y Black)	3.7%	Rico
Nitrógeno total (Método de Kjeldahl)	0.15%	Mediano
Fósforo aprovechable (Método de Olsen)	4.2 ppm	Bajo
Potasio aprovechable (Método Peech y English)	171 kg/ha	Medianamente pobre
Sales solubles totales (puente de Wheatstone)	1.22 mm/cm Conduct. Elect. a 25°C	No salino.

FUENTE: Laboratorio de Suelos de la F.A.U.A.N.L.

Cuadro 3. Fungicidas, fechas, enfermedades, plagas y dosis aplicadas en almacigo y campo durante el desarrollo del experimento.

Fungicida	Fecha	Enfermedad	Dosis
<u>A L M A C I G O</u>			
Captan 50 PH	8 y 17 de Oct. 1986	Damping off	2 g/lto de agua/m ²
Arasan 75 P	20 de Octubre, 1986	" "	5 g/lto de agua/m ²
Cupravit Mix.	24 de Octubre, 1986	" "	3 g/lto de agua/m ²
PCNB PH20	22 de Octubre, 1986	" "	1 ml/lto de agua/m ²
<u>C A M P O</u>			
Agrymicin 100 y Terramicina agrícola	20 de Enero, 1987	<u>Xanthomona campestris</u>	1 g/lto 2 g/lto
Agrymicin 100 y Terramicina agrícola	4 de Feb., 1987	<u>Xanthomona campestris</u>	1 g/lto 2 g/lto
Agrymicin 100 y Terramicina agrícola	15 de Marzo, 1987	<u>Alternaria porri</u>	1 g/lto 2 g/lto
Insecticida			
Diazinón 25% CE	5 de Marzo, 1987	<u>Thrips tabaci</u>	3.5 cc/lto

Cuadro 4. Riegos aplicados en el experimento, intervalo entre cada uno y días acumulados después del transplante.

Riego	Fecha	Intervalo en días	Días acumulados
1	1 de Dic., 1986	0	0
2	9 de Dic., 1986	8	8
3	9 de Enero, 1987	31	39
4	30 de Enero, 1987	21	60
5	10 de Feb., 1987	11	71
6	16 de Marzo, 1987	35	106
7	2 de Abril, 1987	17	123

En el cuadro anterior se observan intervalos prolongados entre cada riego de auxilio, esto debido a la incidencia de precipitaciones durante el ciclo del cultivo.

Cuadro 5. Resumen de resultados obtenidos de los análisis de varianza efectuados para las variables estudiadas en los cultivos de control.

F.V.	G.L.	A	P	DB	DC	CUADROS MEDIOS Y SIGNIFICANCIA															
						PB	PF	NBI	PBI	NB2	PB2				RPPU						
											N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	**	**			
HILERA	4	N.S	59.005	1.116	0.033	N.S	1496.044	113.597	N.S	133,140	0.565	N.S	**	315,140	N.S	3.196	84.800	**	**	6.992	
COLUMNA	4	N.S	62.039	0.060	0.018	N.S	211.289	138.032	N.S	184,940	0.510	N.S	N.S	107.540	N.S	2.878	12.900	N.S	*	3.988	
CULTIVAR	4	N.S	68.327	1.001	0.060	N.S	2864.336	4060.228	**	428.940	0.342	N.S	**	975.540	**	13.289	32.200	*	**	21.056	
ERROR	12		28.738	0.339	0.024		516.992	60.189		184.807	0.395			63.073		1.387	12.033			1.120	
MEDIA			51.808	6.040	1.520		111.592	35.305		19.640	0.985			44.640		5.036	5.400			7.289	
C.V			10.347	9.639	10.192		20.375	21.974		69.217	63.806			17.790		23.385	64.238			60.113	14.519

* SIGNIFICATIVO 0.05
 ** ALTAMENTE SIGNIFICATIVO 0.01
 C.V. COEFICIENTE DE VARIACION

Cuadro 6. Estimaciones de varianzas, obtenidas del ANOVA realizado para parcelas control y coeficientes de correlación muestral dados por la correlación simple entre las 2p. subparcelas control y las correspondientes parcelas control.

Variable	$\hat{\sigma}^2$	$\hat{\sigma}_w^2$	$\hat{\sigma}_r^2$	$\hat{\sigma}_c^2$	$\hat{\sigma}_s^2$	r
AP	149.782	28.738	59.005	62.039	42.175	0.543666
DB	1.515	0.339	1.116	0.060	0.3521	0.033228
DC	0.075	0.024	0.033	0.018	0.091	-0.050398
PB	2224.325	516.992	1496.044	211.289	683.381	0.749252
PF	973.893	722.264	113.597	138.032	128.927	0.923458
NB ₁	502.887	184.807	133.140	184.940	174.400	0.659769
PB ₁	1.470	0.395	0.565	0.510	0.542	0.530645
NB ₂	485.753	63.073	315.140	107.540	549.100	0.379440
PB ₂	7.461	1.387	3.196	2.878	5.719	0.518152
NB ₃	109.773	12.033	84.800	12.900	31.200	0.339014
PB ₃	5.698	0.581	4.416	0.701	1.760	0.426818
RPPU	12.100	1.120	6.992	3.988	4.536	0.631920

Cuadro 7. Estimaciones de las varianzas promedio para comparar dos familias de prueba bajo los tres métodos de ajuste y sin ajustar.

Variable	Método 1	Método 2	Método 3	Sin ajustar
AP	94.1918	147.8476	179.1360	253.0649
DB	0.9138	1.2661	2.5672	2.5700
DC	0.1537	0.3053	0.1344	0.1347
PB	1592.2754	2412.1541	1689.7888	3791.1499
PF	1104.0690	655.9942	273.7866	1807.4152
NB ₁	474.3648	632.5892	502.4842	880.3673
PB ₁	1.2465	1.9067	1.8276	2.5290
NB ₂	826.1491	1824.8647	724.6244	840.0253
PB ₂	9.5437	19.2412	9.5049	12.8460
NB ₃	57.8112	106.4066	161.8006	182.5200
PB ₃	3.1354	5.9710	7.7698	9.4733
RPPU	7.5955	15.2682	12.2235	20.1366

Cuadro 8. Comparación de los métodos de ajuste 1, 2 y 3.

Variable	Método 1 vs. Método 2	Método 1 vs. Método 3	Método 2 vs. Método 3.
AP	0.6814 < 2	263.408 < 527.5322	430.2440 < 527.5320
DB	0.9629 < 2	2.4257 < 7.5667	3.5210 < 7.567
DC	0.2651 < 2	0.4343 > 0.3741	0.9055 > 0.3340
PB	0.7565 < 2	4574.7281 < 4877.9447	7,124.0381 > 4877.9450
PF	5.6021 > 2	3298.4263 > 716.7853	1905.193 > 716.7850
NB ₁	1.0597 < 2	1332.4667 < 1419.9014	1824.4460 > 1419.9010
PB ₁	0.728 < 2	3.4659 < 5.2802	5.5354 > 5.2800
NB ₂	0.1149 < 2	2394.6300 > 2079.0228	5500.081 > 2079.0230
PB ₂	0.2425 < 2	27.4094 > 27.2886	57.5623 > 27.2890
NB ₃	0.3857 < 2	162.2820 < 485.8004	313.3830 < 485.8000
PB ₃	0.3302 < 2	8.8888 < 23.2991	17.8480 < 23.299
PPU	0.2469 < 2	21.9522 < 36.3424	45.8092 > 36.342

Método 2 es más eficiente que Método 1 si $\hat{\sigma}_w^2 / \hat{\sigma}_s^2 > 2$.

Método 3 es más eficiente que Método 1 si $(P-2+\hat{r}^2)\hat{\sigma}_w^2 + 4\hat{\sigma}_s^2 > P(1-\hat{r}^2)\hat{\sigma}^2$

Método 3 es más eficiente que Método 2 si $\hat{r}^2\hat{\sigma}_w^2 + 2P\hat{\sigma}_s^2 > P(1-\hat{r}^2)\hat{\sigma}^2$

Cuadro 9. Comparación de los métodos de ajuste 1 y 2 con el No- ajuste

Variable	Método 1 vs. sin ajustar	Método 2 vs. sin ajustar
AP	254.9140 < 748.9100	84.3500 < 149.7820
DB	2.4250 < 7.5750	0.7040 < 1.5150
DC	0.4340 > 0.3750	0.1810 > 0.0750
PB	4284.5000 < 11121.6250	1366.7620 < 2224.3250
PF	2682.4980 < 4869.4650	257.8531 < 973.8930
NB ₁	1252.0210 < 2514.4350	348.8000 < 502.8870
PB ₁	3.3540 < 7.3500	1.0848 < 1.4700
NB ₂	2385.6190 < 2428.7650	1098.2000 > 485.7530
PB ₂	27.0370 < 37.3050	11.4380 > 7.4610
NB ₃	160.8990 < 548.8650	62.4000 < 109.7730
PB ₃	8.783 < 28.4900	3.52000 < 5.6980
RPPU	21.505 < 60.5000	9.0720 < 12.1000

Método 1 es más eficiente que el no ajuste si $(P-2) \hat{\sigma}_w^2 + 4 \hat{\sigma}_s^2 < P \hat{\sigma}^2$
Método 2 es más eficiente que el no ajuste si $2 \hat{\sigma}_s^2 < \hat{\sigma}^2$

Cuadro 10. Valores correspondientes a correcciones por hilera y por columna, coeficientes de regresión estimados regresionando las 2p subparcelas control sobre las correspondientes parcelas control y medias de las p parcelas control).

Variable	Hileras (Ri)					Columnas (Cj)					\bar{X}_L	
	R1	R2	R3	R4	R5	C1	C2	C3	C4	C5		B
AP	-1.55	-2.51	-1.89	0.03	5.91	-2.99	-2.57	3.19	-2.07	4.43	0.5050813	51.808
DB	-0.04	-0.33	0.18	0.7	-0.51	-0.16	0.01	-0.04	0.13	0.06	0.4946882	6.040
DC	-0.09	-0.04	0.10	-0.04	0.07	-0.06	-0.02	0.03	-0.04	0.08	0.1438618	1.520
PB	8.31	-4.47	6.37	17.43	-27.63	0.17	7.31	-10.47	0.65	2.35	0.3168652	111.592
PF	-1.04	8.22	-2.63	-3.86	-0.66	5.6	1.33	-7.67	3.4	-2.64	0.2901224	35.305
NB1	-1.24	4.16	-7.24	-1.44	5.76	-5.44	7.96	-4.84	4.96	-2.64	0.5577427	19.640
PB1	0.0	0.22	-0.38	-0.26	0.44	-0.42	0.38	-0.10	0.26	-0.10	0.5827341	0.985
NB2	12.16	-4.44	3.76	-7.24	-4.24	-3.44	0.96	-6.04	4.76	3.76	-0.5168831	44.640
PB2	1.20	-0.36	0.40	-0.76	-0.50	-1.02	-0.10	-0.38	0.66	0.82	-0.2642082	5.036
NB3	2.8	-3.4	2.2	3.8	-5.40	1.2	-2.8	0.8	0.6	0.2	0.4722222	5.400
PB3	0.45	-0.71	0.59	0.93	-1.27	0.19	-0.63	0.35	0.01	0.07	0.4156553	1.268
RPPU	1.65	-0.85	0.61	-0.09	-1.33	-1.25	-0.35	-0.13	0.93	0.79	0.0920792	7.289

Cuadro 11. Resumen de los principales estadísticos de las variables estudiadas en los cultivares control, tomados después de la cosecha.

V a r i a b l e s	Valor Mínimo	Valor Máximo	Rango	Desv. STD.	Media	Coef. Var.(%)
AP X01 Altura de planta (cm)	41.80	65.30	23.50	6.77	51.80	13.07
DB X02 Diámetro de bulbo (cm)	4.40	7.73	3.33	0.73	6.04	12.09
DC X03 Diámetro de cuello (cm)	1.22	1.81	0.59	0.17	1.52	11.18
PB X04 Peso de bulbo (g)	56.10	191.10	135.00	31.94	111.59	28.62
PF X05 Porcentaje de floración	3.44	85.71	82.27	27.36	35.30	77.51
NB ₁ X06 No. de bulbos con diam. menor de 5 cm	1.00	64.00	63.00	14.72	19.64	74.95
PB ₁ X07 Peso de bulbos con diam. menor de 5 cm (kg)	0.015	2.80	2.78	0.65	0.98	66.33
NB ₂ X08 No. de bulbos con diam. entre 5 y 8 cm	19.00	73.00	54.00	16.26	44.64	36.42
PB ₂ X09 Peso de bulbos con diam.entre 5y8 cm (kg)	2.10	8.80	6.70	1.98	5.03	39.36
NB ₃ X10 No. de bulbos con diam. mayor a 8 cm	0.00	18.00	18.00	5.26	5.40	97.41
PB ₃ X11 Peso de bulbos con diam.mayor a 8 cm (kg)	0.00	4.60	4.60	1.23	1.268	97.00
RPPU X12 Rendimiento por parcela útil (kg)	2.70	11.90	9.20	2.42	7.28	33.24

Cuadro 13. Valores observados y ajustados para las variables RPPU, PF y NB2 de las familias de prueba seleccionadas.

Hilera	Columna	Subparcela	Familia	Valor RPPU (kg)		Valor PF		Valor NB2	
				observado	ajustado	observado	ajustado	observado	ajustado
2	3	3	126	14.2	15.18	52.68	61.92	60	70.48
4	1	7	111	14.3	15.64	23.46	31.06	80	90.68
2	3	8	137	14.0	14.98	21.34	30.58	61	71.48
5	5	7	159	14.3	14.84	66.32	73.78	80	80.48
1	2	1	30	15.5	14.20	40.62	32.69	67	53.88
1	1	8	158	14.2	13.80	58.58	48.01	80	71.28
2	2	6	64	12.3	13.50	63.63	66.36	45	48.48
2	3	5	175	12.4	13.38	44.94	54.18	59	69.48
4	5	8	61	14.0	13.30	40.42	55.08	60	63.48
2	3	1	153	12.2	13.18	41.66	50.90	58	68.48
2	4	4	187	13.2	13.12	11.23	10.59	72	71.68
5	4	8	167	12.7	13.10	51.04	58.41	70	69.48
2	1	1	8	10.9	13.00	61.4	47.07	70	77.88
4	2	7	19	12.5	12.94	59.75	62.73	48	54.28
5	5	2	58	12.4	12.94	82.29	89.75	60	60.48
1	2	8	180	14.2	12.90	42.10	34.17	82	68.88
4	2	2	147	12.2	12.64	37.37	40.35	78	84.28
5	5	5	176	12.1	12.64	33.70	41.16	68	68.48
2	5	5	89	12.5	12.56	38.29	29.65	69	69.68
5	5	6	162	11.9	12.44	30.61	38.07	66	66.48
3	1	2	155	11.8	12.44	39.58	45.36	62	61.68
RPPU (Método 1)				PF (Metodo 3)		NB2 (Método 1)			

Cuadro 14. Valores observados y ajustados para las variables PB, DB y DC de las familias de prueba seleccionadas.

Hilera	Columna	Subparcela	Familia	Valor PB (g)		Valor DB (cm)		Valor DC (cm)	
				Observado	Ajustado	Observado	Ajustado	Observado	Ajustado
2	3	3	126	219.1	234.04	8.41	8.78	1.37	1.37
4	1	7	111	113	95.4	6.77	6.23	1.6	1.64
2	3	8	137	150.9	165.84	6.98	7.35	1.35	1.35
5	5	7	159	148.6	173.88	7.5	7.95	1.63	1.59
1	2	1	30	156.8	141.18	7	7.03	.91	.92
1	1	8	158	172.4	163.92	6.8	7	1.35	1.36
2	2	6	64	140.2	137.36	7.35	7.67	1.69	1.72
2	3	5	175	164.7	179.64	7.16	7.53	1.41	1.41
4	5	8	61	127.9	108.12	6.63	5.87	1.65	1.68
2	3	1	153	170.6	185.54	7.29	7.66	1.26	1.26
2	4	4	187	170.8	174.62	7.19	7.39	1.27	1.30
5	4	8	167	137.7	164.68	7.1	7.48	1.82	1.83
2	1	1	8	152.9	157.2	6.57	7.06	1.58	1.57
4	2	7	19	177.1	152.36	7.65	6.94	1.7	1.68
5	5	2	58	92.5	117.78	6.18	6.63	1.67	1.63
1	2	8	180	174.3	158.68	7.38	7.41	1.26	1.27
4	2	2	147	127.9	103.16	6.7	5.99	1.64	1.62
5	5	5	176	149	174.28	7.29	7.74	1.57	1.53
2	5	5	89	95.7	97.82	6.26	6.53	1.24	1.21
5	5	6	162	113.7	138.98	6.62	7.07	1.59	1.55
3	1	2	155	136.5	129.96	6.64	6.62	1.4	1.39
PB (Método 1)				DB (Método 2)		DC (Método 3)			

Cuadro 15. Valores observados y ajustados para las variables AP, PB₂ y NB₁ de las familias de prueba seleccionadas.

Hilera	Columna	Subparcela	Familia	Valor AP (cm)		Valor PB ₂ (kg)		Valor NB ₁	
				Observado	Ajustado	Observado	Ajustado	Observado	Ajustado
2	3	3	126	52.4	51.72	7.2	7.94	3	3.68
4	1	7	111	59.9	62.86	9.4	11.18	8	14.88
2	3	8	137	60.4	59.72	8.5	9.24	5	5.68
5	5	7	159	63.7	53.36	9.8	9.48	6	2.88
1	2	1	30	48.9	53.02	8.8	7.7	24	17.28
1	1	8	158	48.2	52.74	11.4	11.22	10	16.68
2	2	6	64	52.5	57.58	6.5	6.96	29	16.88
2	3	5	175	52.4	51.72	6.8	7.54	4	4.68
4	5	8	61	52	47.54	8.1	8.04	25	29.08
2	3	1	153	51.6	50.92	8	8.74	33	33.68
2	4	4	187	49.4	53.98	9.8	9.5	6	3.12
5	4	8	167	57	53.16	8.2	8.04	8	2.72
2	1	1	8	55.5	61	8.2	9.58	20	21.28
4	2	7	19	65.9	68.44	5.5	6.36	4	2.52
5	5	2	58	61.8	51.46	8	7.68	34	30.88
1	2	8	180	51.9	56.02	12	10.9	6	0.72
4	2	2	147	36.8	39.34	8.5	9.36	14	7.48
5	5	5	176	53.9	43.56	8.1	7.78	5	1.88
2	5	5	89	50.1	48.18	8.8	8.34	18	16.48
5	5	6	162	59.6	49.26	7.1	6.78	16	12.88
3	1	2	155	54.9	59.78	7.9	8.52	25	37.68
AP (Método 1)				PB ₂ (Método 1)				NB ₁ (Método 1)	

Cuadro 16. Valores observados y ajustados para las variables PB₁, NB₃ y PB₃ de las familias de prueba seleccionadas.

Hilera	Columna	Subparcela	Familia	Valor PB ₁ (kg)		Valor NB ₃		Valor PB ₃ (kg)	
				Observado	Ajustado	Observado	Ajustado	Observado	Ajustado
2	3	3	126	.2	.08	30	32.6	6.8	7.16
4	1	7	111	.3	.98	10	5	4.6	3.48
2	3	8	137	.3	.18	23	25.6	5.2	5.56
5	5	7	159	.3	.24	12	17.2	4.2	5.4
1	2	1	30	1.3	.92	5	5	1.4	1.58
1	1	8	158	.6	1.02	9	5	2.2	1.56
2	2	6	64	2.2	1.6	14	20.2	3.5	4.84
2	3	5	175	.2	.08	26	28.6	5.4	5.76
4	5	8	61	1.9	2.26	10	6	4	3
2	3	1	153	2.8	2.68	5	7.6	1.4	1.76
2	4	4	187	.5	.02	11	13.8	2.9	3.6
5	4	8	167	.4	.3	18	22.8	4.1	5.36
2	1	1	8	1.5	1.7	4	6.2	1.2	1.72
4	2	7	19	.2	.08	30	29	6.8	6.5
5	5	2	58	3.9	3.56	2	7.2	.5	1.7
1	2	8	180	.5	.12	7	7	1.7	1.88
4	2	2	147	.6	.48	14	13	3.1	2.8
5	5	5	176	.2	.34	16	21.2	3.8	5
2	5	5	89	2.1	1.98	7	10.2	1.6	2.24
5	5	6	162	.7	.36	18	23.2	4.1	5.3
3	1	2	155	1.4	2.2	9	5.6	2.5	1.72
PB ₁ (Método 1)				NB ₃ (Método 1)		PB ₃ (Método 1)			

Cuadro 17. Prueba de rango múltiple de medias para la variable rendimiento por parcela útil de las familias de prueba seleccionadas.

Familia	Media	\bar{y} $\alpha = 0.05$
111	15.64	a
126	15.18	a
137	14.98	a
159	14.84	a
30	14.20	a
158	13.80	a
64	13.50	a
175	13.38	a
61	13.30	a
153	13.18	a
187	13.12	a
167	13.10	a
8	13.00	a
19	12.94	a
58	12.94	a
180	12.90	a
147	12.64	a
176	12.64	a
89	12.56	a
162	12.44	a
155	12.44	a

Tukey = 0.05

Cuadro 18. Prueba de rango múltiple de medias para la variable porcentaje de floración, de las familias de prueba seleccionadas.

Familia	Media	$\alpha = 0.05$
58	89.75	a
159	73.78	a b
64	66.36	a b c
19	62.73	a b c d
126	61.92	a b c d
167	58.41	a b c d
61	55.08	b c d
175	54.18	b c d
153	50.90	b c d
158	48.01	b c d
8	47.07	b c d
155	45.36	b c d
176	41.16	b c d e
147	40.35	c d e
162	38.07	c d e
180	34.17	c d e
30	32.69	d e
111	31.06	d e
137	30.58	d e
89	29.65	d e
187	10.59	e

Tukey = 0.05

Cuadro 19. Prueba de rango múltiple de medias para la variable número de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm, de las familias de prueba seleccionadas.

Familia	Media	$\alpha = 0.05$
111	90.68	a
147	84.28	a
159	80.48	a
8	77.88	a
187	71.68	a
137	71.48	a
158	71.28	a
126	70.48	a
89	69.68	a
175	69.48	a
167	69.48	a
180	68.88	a
176	68.48	a
153	68.48	a
162	66.48	a
61	63.48	a
155	61.68	a
58	60.48	a
125	54.28	a
30	53.88	a
64	48.48	a

Tukey' = 0.05

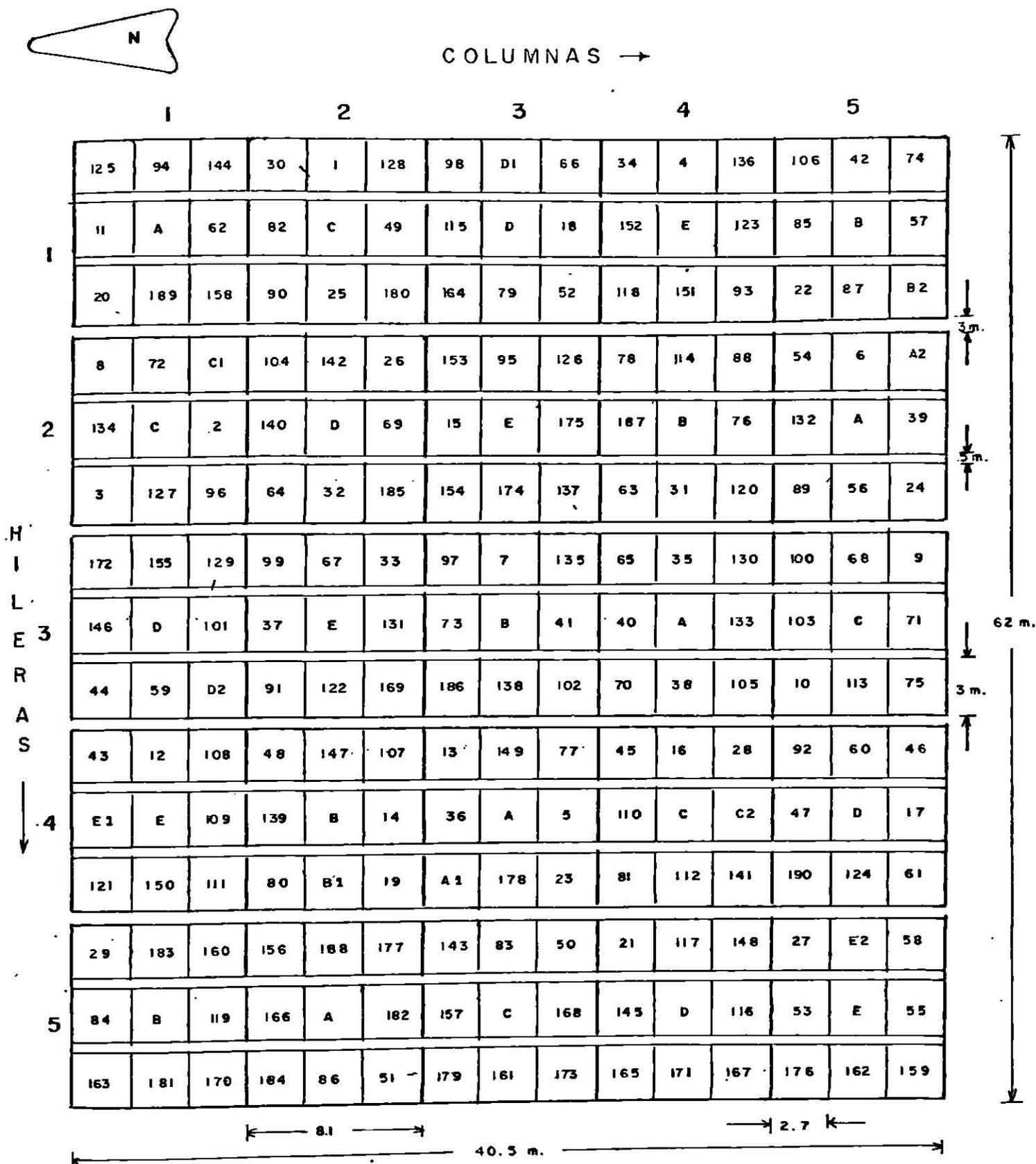


Figura 1.- Croquis del experimento y distribución de los tratamientos.

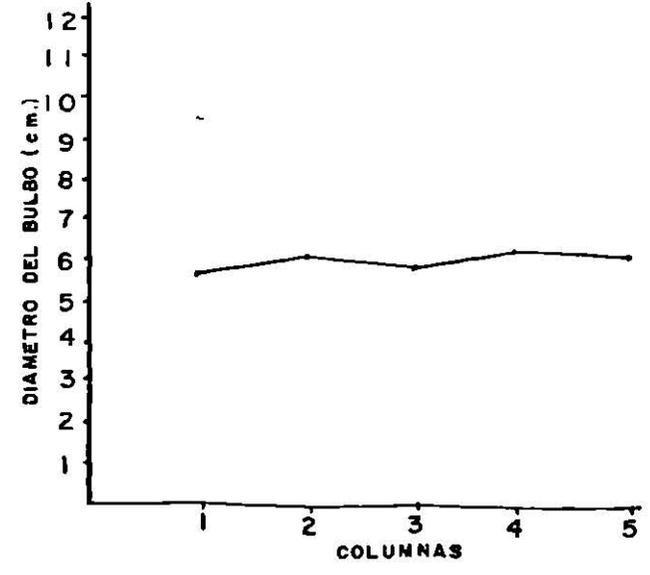
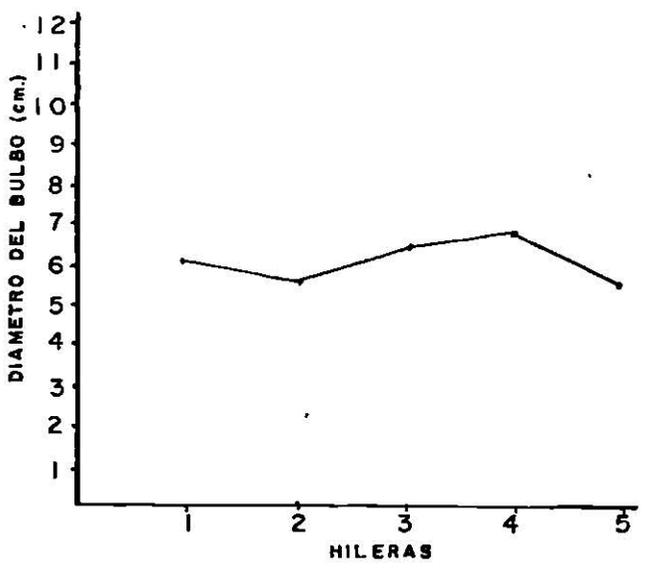
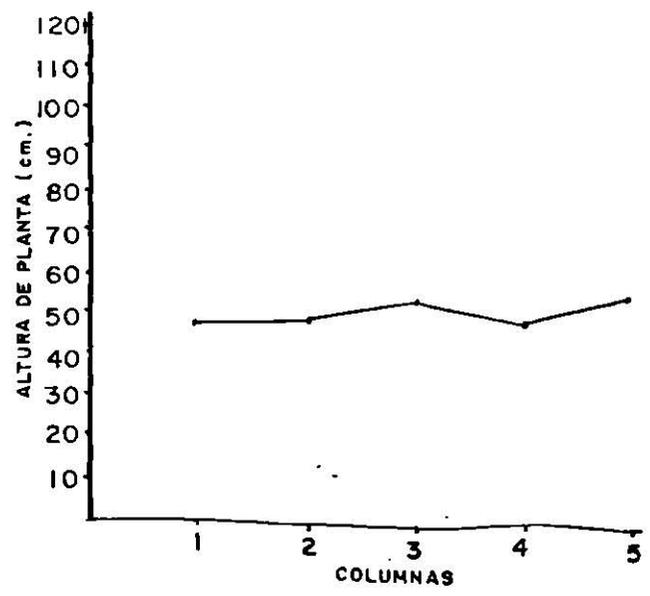
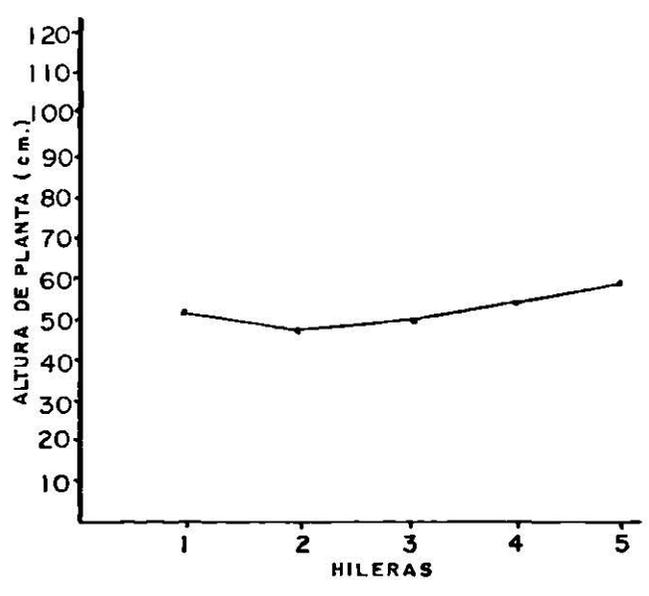


Figura 2. Comportamiento promedio de los cultivares de las parcelas control en las variables altura de planta y diámetro de bulbo a través de hileras y columnas.

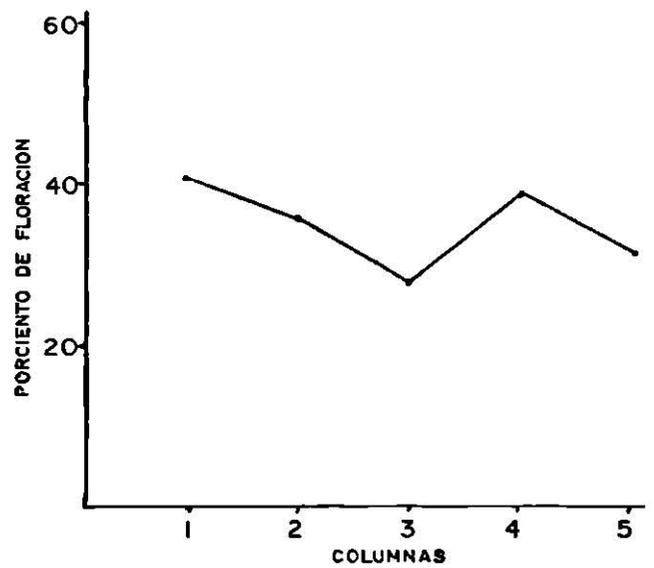
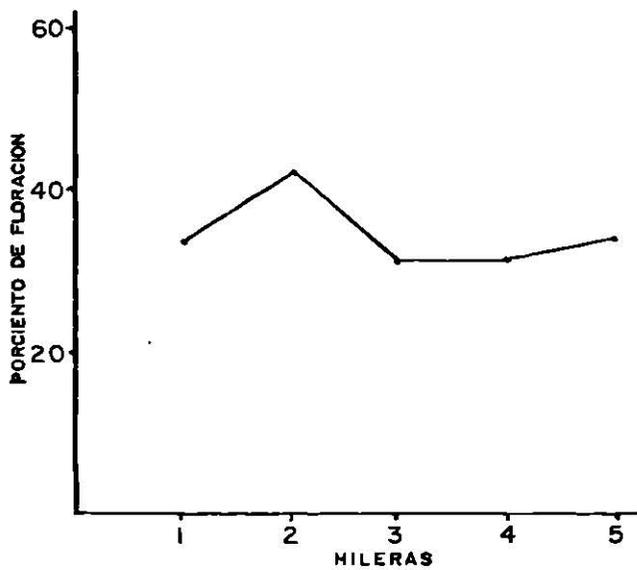
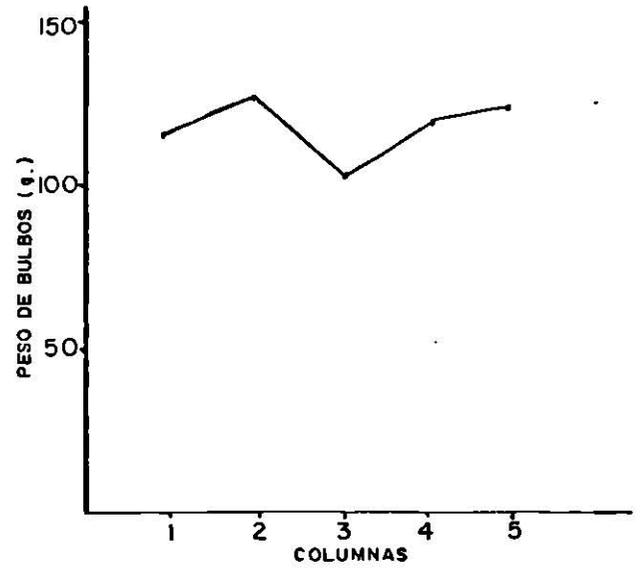
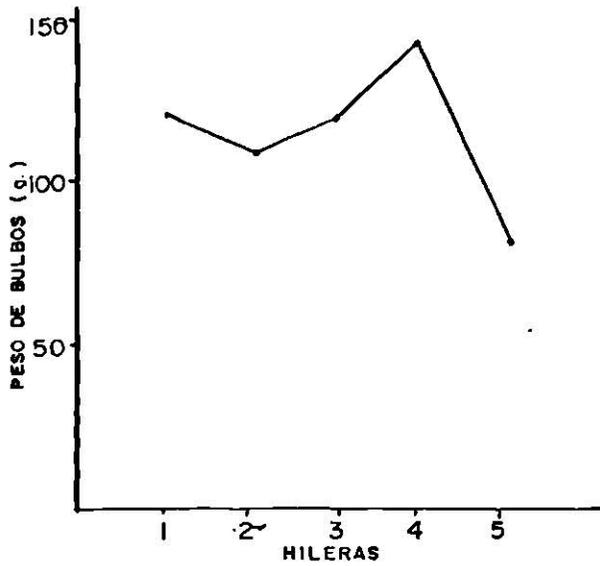


Figura 3. Comportamiento promedio de los cultivares de las parcelas control en las variables peso de bulbo y por ciento de floración a través de hileras y columnas.

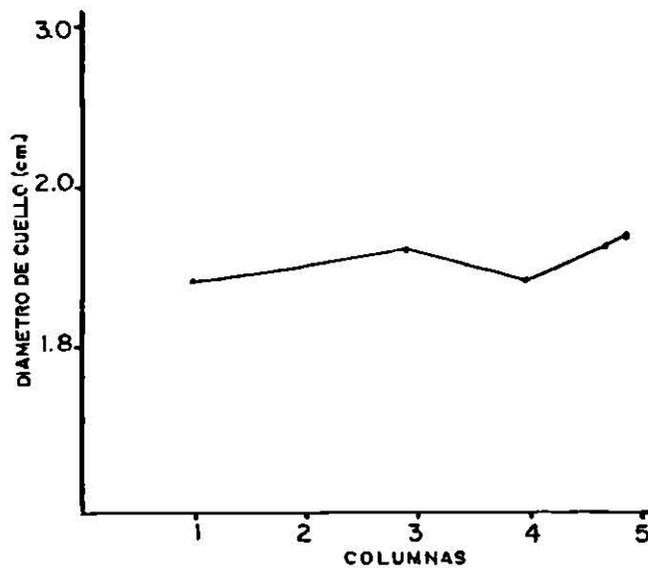
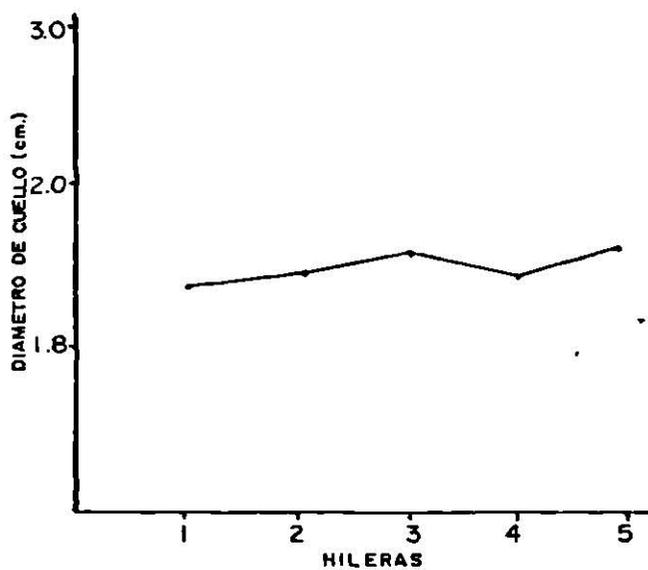
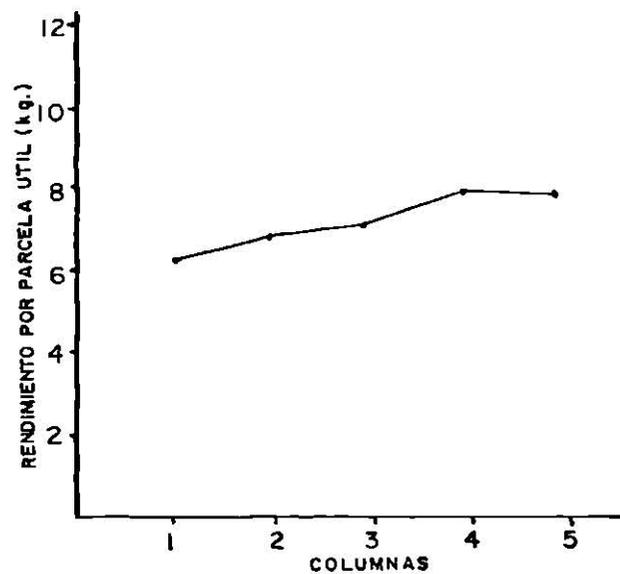
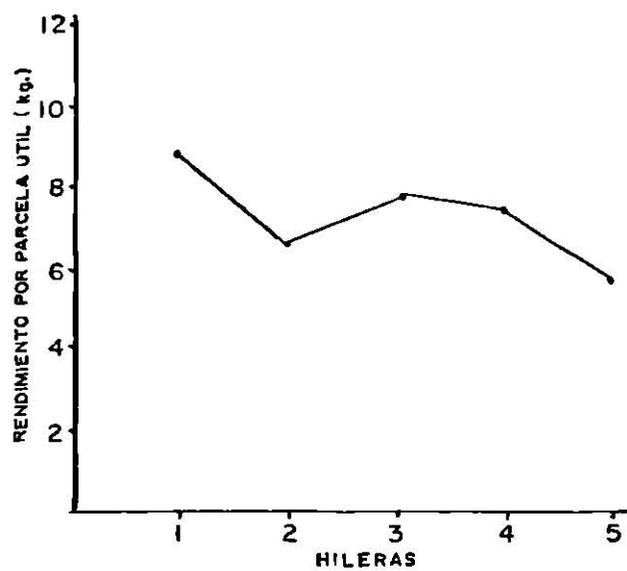


Figura 4. Comportamiento promedio de los cultivares de las parcelas control en las variables rendimiento por parcela útil y diámetro de cuello a través de hileras y columnas.

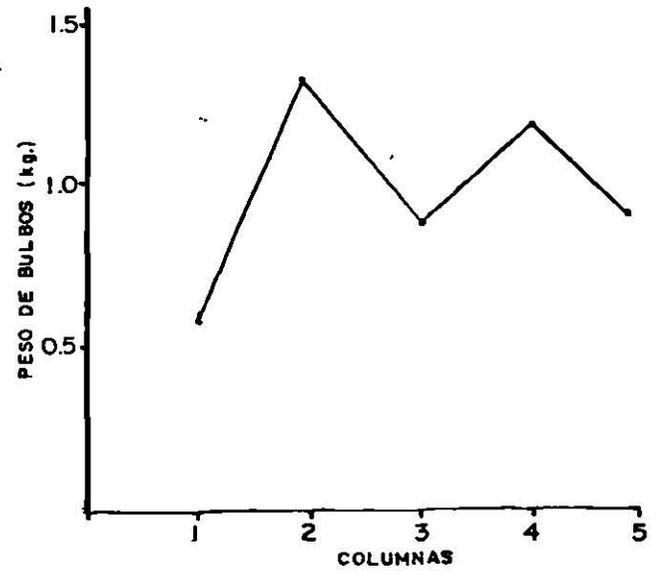
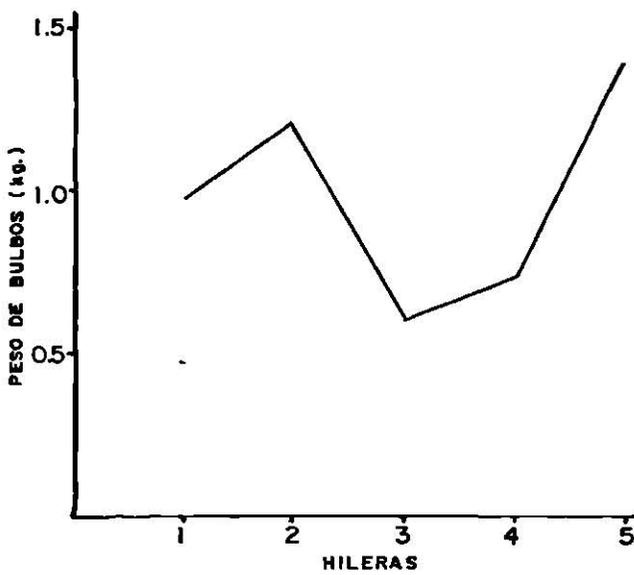
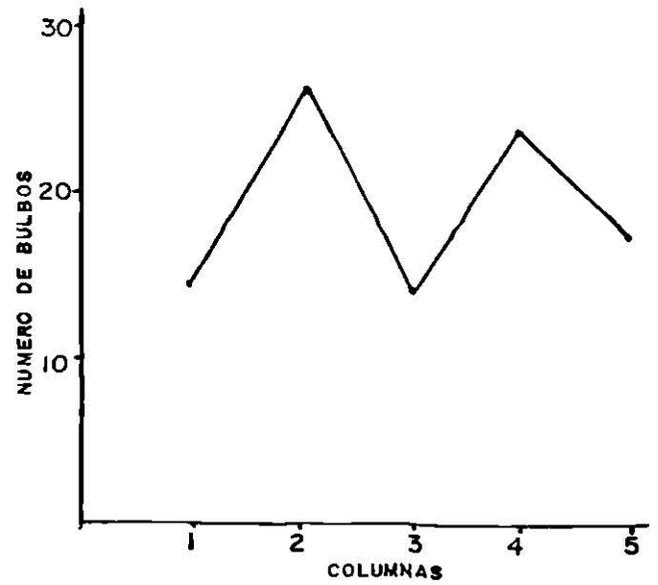
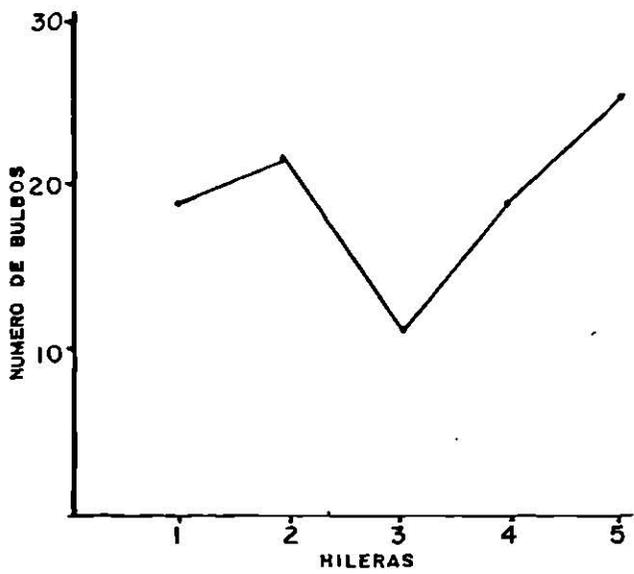


Figura 5. Comportamiento promedio de los cultivares de las parcelas control en las variables número y peso de bulbos con diámetro menor de 5 cm a través de hileras y columnas.

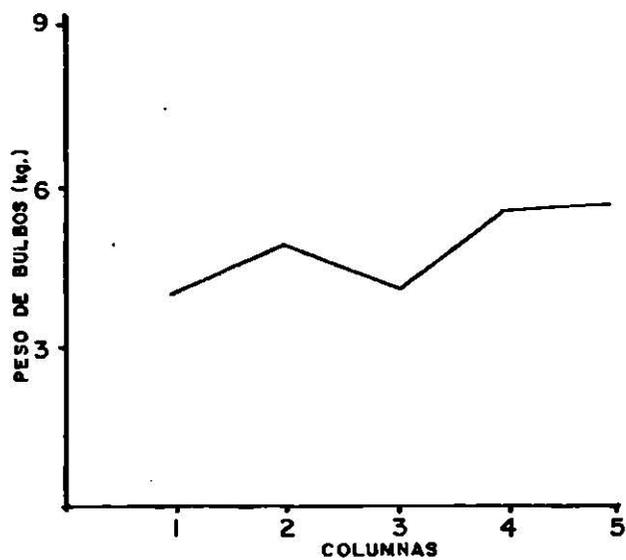
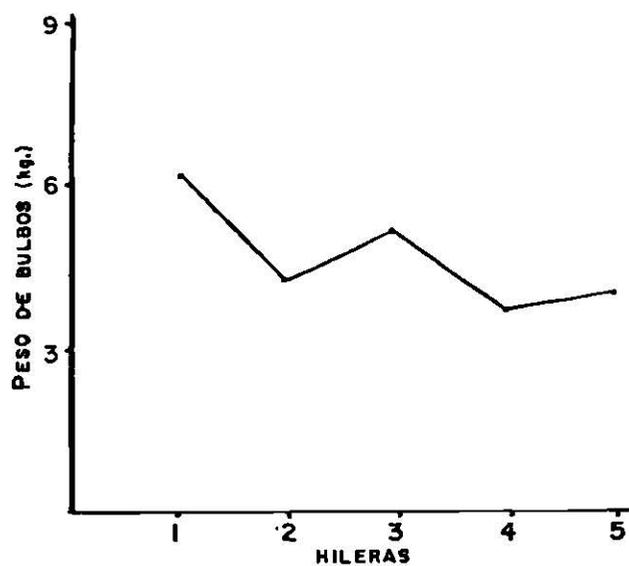
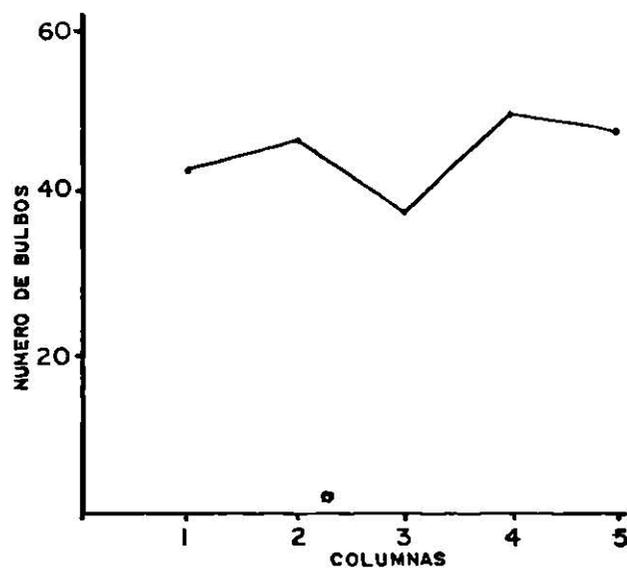
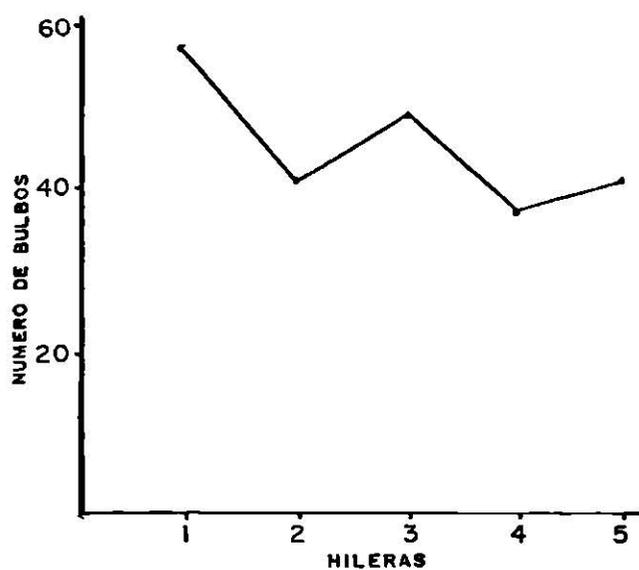


Figura 6. Comportamiento promedio de los cultivares de las parcelas control en las variables número y peso de bulbos con diámetro entre 5 y 8 cm a través de hileras y columnas.

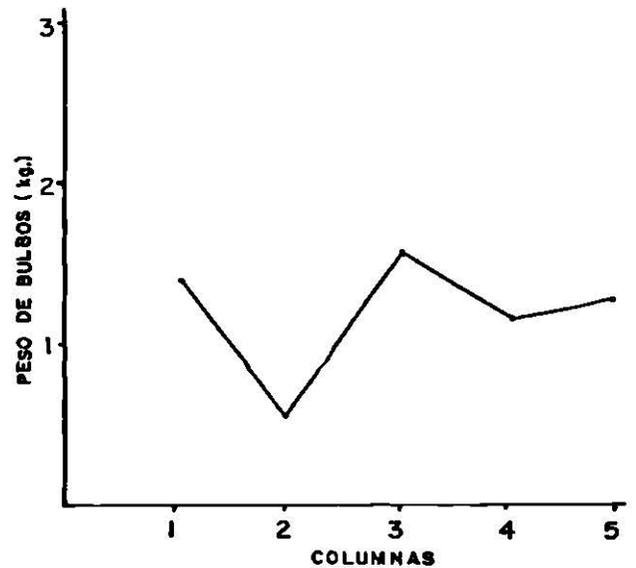
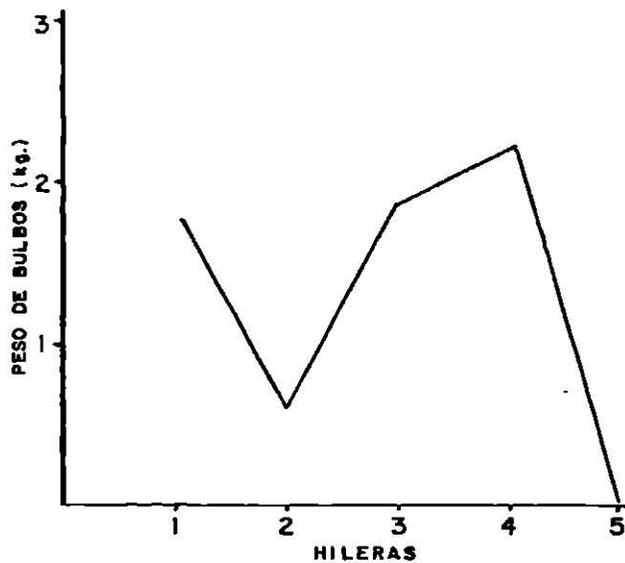
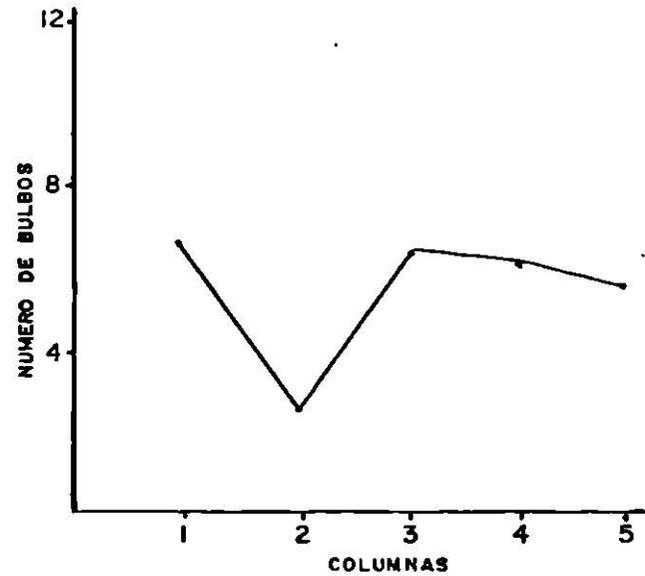
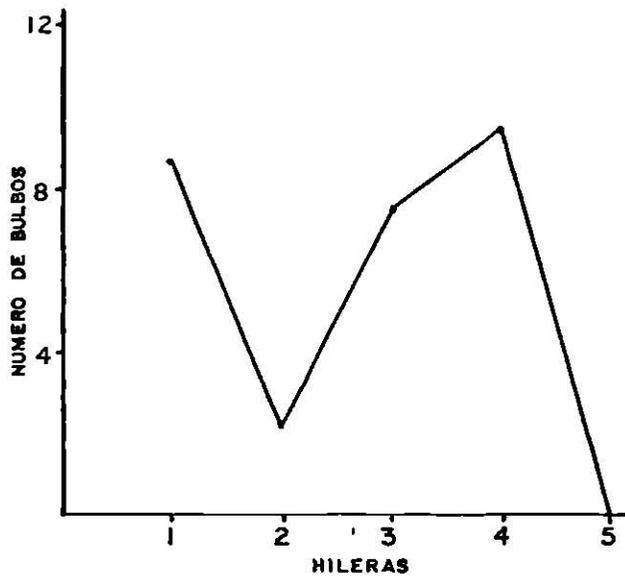


Figura 7. Comportamiento promedio de los cultivares de las parcelas control en las variables número y peso de bulbos con diámetro mayor de 8 cm a través de hileras y columnas.

