

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



*Formación y Selección de Líneas de Maíz (ZEA MAYZ L.)
utilizando el método recíproco recurrente en dos
generaciones avanzadas (F₃)*

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

LOPEZ RAMIREZ TRINIDAD MAURO

GUADALAJARA, JAL. 1983



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura

Expediente

Número


Septiembre 19, 1983.

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE _____
TRINIDAD MAURO LOPEZ RAMIREZ _____ titulada,
"FORMACION Y SELECCION DE LINEAS DE MAIZ (Zea mays L.) UTILIZANDO EL METODO RECIPROCO RECURRENTE EN DOS GENERACIONES AVANZADAS (F₃)."

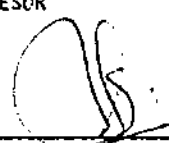
Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma.

DIRECTOR.



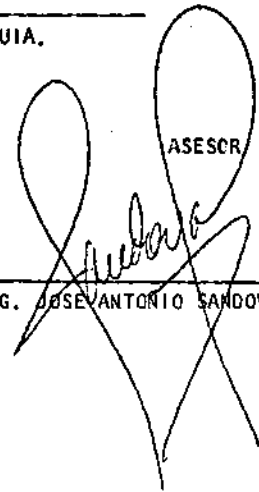
ING. SALVADOR MENA MUNGUIA.

ASESOR



ING. M.C. ELIAS SANDOVAL ISLAS.

ASESOR



ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL.

AGRADECIMIENTOS

Al grupo "EMMA" por su valiosa colaboración sin la cual no hubiera sido posible la realización del presente trabajo.

Al Ing. Mario Abel García Márquez, por su valiosa colaboración en el presente trabajo.

Al Ing. Salvador Mena Munguía, director de tesis, por las adecuadas observaciones, sugerencias y correcciones del presente estudio.

A los ingenieros asesores: Elias Sandoval Islas y Antonio Sandoval, por las observaciones para su realización.

A la Srta. Ma. de Jesús Sáinz Chávez, por la transcripción.

DEDICATORIA

A MI MADRE:

María del Consuelo Ramírez Cruz.

A TODOS LOS BUENOS AMIGOS



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

CONTENIDO

Página

AGRADECIMIENTOS	iii
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xli
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
HIPOTESIS	3
REVISION DE LITERATURA	4
Tipos de acción génica	4
Selección recurrente	7
Selección recurrente simple	8
Selección recurrente por aptitud combinatoria general	8
Selección recurrente por aptitud combinatoria especifica	9
Selección recíproca recurrente	11
Consideraciones generales sobre la selección recurrente	14
MATERIALES Y METODOS	16
Area de trabajo y condiciones ecológicas	16
Descripción del material genético	17
Técnica empleada en la formación de líneas y mestizos	17
Labores culturales	18
Diseño experimental y tratamientos	21
Características estudiadas y toma de datos	22
RESULTADOS Y DISCUSIONES	26
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
BIBLIOGRAFIA	39
APENDICE	42


LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Ubicación y condiciones ecológicas de Atequiza y La Huerta, Jalisco.	16
2	Análisis de varianza como una distribución en bloques al azar.	26
3	Análisis de varianza en distribución látice simple.	27
4.	Ordenamiento de los mejores tratamientos	28
5	Datos agronómicos de los mestizos más sobresalientes de la población "A".	30
6	Datos agronómicos de los mestizos más sobresalientes de la población "B".	32
7	Promedio de datos agronómicos de los mestizos de la población "A" y mestizos de la población "B", - más testigos.	33

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Técnica empleada en la formación de líneas y mestizos.	17
2	Polígono de frecuencias de los 21 mejores - tratamientos.	34
3	Polígono de frecuencias de los mejores mestizos de la población "A".	35
4	Polígono de frecuencias de los mejores mestizos de la población "B".	36

R E S U M E N



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

Debido a la gran carencia que tiene México de semillas mejoradas en maíz, se realizó el presente trabajo con el fin de obtener líneas - rendidoras para formar variedades sintéticas.

El presente estudio se llevó a cabo en dos localidades diferentes, la primera fue en Trópico y se localiza en La Huerta, Jalisco; la segunda, perteneciente a Bajío, se localiza en Atequiza, Jalisco.

Se utilizaron dos poblaciones en generación avanzada derivadas - de los híbridos B-666 y H-369, empleándose la selección recíproca recurrente por su mayor eficiencia, obteniéndose en el primer ciclo 164 mestizos en total, los cuales se evaluaron junto con cinco testigos mediante un diseño de látice simple, 13 x 13 .

El análisis de varianza muestra diferencia altamente significativa entre variedades, perteneciendo a las mejores, 19 mestizos más 2 - testigos; dentro de los mejores mestizos, 13 pertenecen a la población "A" y 6 a la "B", siendo ligeramente superior en frecuencia y rendimiento los mestizos de la población "A".

Se comprueba la eficiencia de la selección recíproca recurrente y se recomienda la formación de tres variedades sintéticas:

Variedad sintética A (con las mejores líneas de la población - "A").

Variedad sintética B (con las mejores líneas de la población - "B").

Variedad sintética AB (con las mejores líneas de la población "A" y población "B").

I. INTRODUCCION

La situación mundial en la producción de alimentos básicos es crítica, en México este problema se vuelve cada vez más grave, ya que al pretender solucionar la falta de alimentos se desmontan áreas forestales para cultivar, haciendo una agricultura extensiva y no intensiva, propiciando el desequilibrio ecológico con graves consecuencias en los aspectos sociales, políticos y económicos.

Su solución implica un estudio serio en conjunto de todas las especialidades agronómicas, contándose entre ella el fitomejoramiento.

Dentro de los alimentos básicos, el maíz forma parte importante en la dieta del mexicano, lo consume como tortilla o utiliza en la producción de alimentos pecuarios que se transforman en carne y leche.

Debido a la gran diversidad de medios ecológicos que tiene nuestro país, no ha sido posible producir semilla híbrida apropiada para todos los habitats determinados, por el alto costo y tiempo que ello representa, pero es posible producir variedades sintéticas que tienen mayor adaptación que los híbridos. Las variedades sintéticas requieren de menos esfuerzo, tiempo y costo para su formación en comparación con los híbridos y da margen a seguir dos opciones: la primera es que a corto tiempo pueden los campesinos disponer de una variedad sintética superior a sus criollos; y la segunda es -

que, esta nueva variedad puede ser utilizada como fuente de germoplasma de alto potencial genético para futuros programas de hibridación. De ahí la inquietud por trabajar en la formación de líneas sobresalientes que nos servirán para formar variedades sintéticas .

Los métodos de mejoramiento a seguir en la formación de una variedad sintética son varios, contándose entre ellos, los métodos de selección recurrente simple, por aptitud combinatoria general, aptitud combinatoria específica y selección recíproca recurrente.

En México, los más utilizados son: Selección recurrente por aptitud-combinatoria general y específica. Sólo que para obtener la máxima eficiencia en cada uno de ellos es necesario conocer el tipo de acción génica presente en las poblaciones, para escoger el método más apropiado. Esto trae consigo el aumento de tiempo y costo en los programas de fitomejoramiento, no así con la selección recíproca recurrente que capitaliza los dos tipos de acción génica más importantes.

El presente trabajo trata de la aplicación del método de selección recíproca recurrente en la obtención de líneas rendidoras para la formación de sintéticos.

II. OBJETIVOS.

1. Conocer la eficiencia de la selección recíproca recurrente en la formación y selección de líneas con buen potencial de rendimiento.
2. Obtener líneas rendidoras que puedan servir de base para la formación de sintéticos con buen potencial de rendimiento, para regiones de alturas intermedias.

III. HIPOTESIS.

Por medio del método de selección recíproca recurrente propuesto por Comstock et al. (1949), es posible obtener líneas rendidoras para la formación de variedades sintéticas.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

IV. REVISION DE LITERATURA.

4.1. Tipos de acción génica.

Sprage (1955) señala que la importancia de conocer la acción génica - es elemental, para obtener la máxima eficiencia en un programa de fitomejoramiento y, opina, que no es muy adecuada la información obtenida sobre - acción génica.

Por lo complejo que es el fenómeno de acción génica se han propuesto - varias hipótesis para explicarla: Poey (1975) define los efectos aditivos como el resultado de la contribución, con igual intensidad en forma lineal de cada alelo, en una característica determinada, cuando hay manifestación del efecto heterótico en una magnitud mayor o menor que el esperado, considerado como la media de los dos alelos, habrá dominancia pudiendo ser: total, parcial o de sobredominancia y negativa o positiva, de acuerdo a cuales fenotipos de los progenitores se hayan identificado como dominantes o recesivos. También menciona Poey, que no es posible medir la acción génica de cada alelo que interviene en la característica cuando se trata de poligenes, más es posible estimar el efecto medio resultante de todos mediante ciertos diseños de apareamiento. La acción de esos alelos puede ser: - aditiva, dominante o recesiva, la suma algebraica de estos efectos determinará la acción génica promedio.

Brewbaker (1975) menciona que los genes sólo se identifican cuando -

tienen dos formas o más de alelos. En los cromosomas homólogos, los alelos se encuentran en el mismo locus y se excluyen recíprocamente, o sea, que si uno ocupa los locus, ningún otro puede hacerlo. Menciona, así - también, que los alelos se descubren por sus acciones interacciones en: acción e interacción de los alelos y en interacción no alélica.

Brewbaker (1975) describe tres clases principales de alelos:

- a) Alelo amorfo: carece de funciones o sus efectos no pueden medirse.
- b) Alelo hipomorfo: funciona de modo imperfecto, se le encuentra en las mutaciones artificiales.
- c) Alelos neomorfos: presentan diferencias cualitativas de acción y no tienen relaciones de sucesión cuantitativa, como ocurre en los hipomorfos.

El mismo autor desarrolla las interacciones de los poligenes en dos - clases:

1. Interacción con dominancia (entre alelos)
2. Interacción no alélica

Estas interacciones las expresa como componentes de varianza genética,

para cualquier carácter métrico hay seis componentes de varianza.

V_f Fenotípica

V_e Ecológica

V_g Genética	}	V_a Aditiva
		V_d Dominante
		V_n No alélica

Si en un experimento se toma esta división como base, se puede subdividir la varianza genética en sus componentes aditivos, de dominancia y no alélica y expresa así la varianza fenotípica:

$$V_f = V_a + V_d + V_n + V_e$$

Cuando no hay interacción con dominancia y la no alélica, la varianza genética es enteramente aditiva. Todo par de alelos que tenga efectos cuantitativos diferentes, contribuye con la varianza aditiva. Cuando hay dominancia, todo par de alelos que afecte el rasgo métrico, contribuye con varianza aditiva y varianza dominante.

La dominancia, como componente de varianza, expresa estadísticamente las desviaciones que experimenta un híbrido heterocigótico con respecto al punto medio de sus padres homocigóticos.

La interacción no alélica también se le llama epistática o varianza por interacción, sin embargo, la varianza por interacción no alélica es una epistasis estadística y no siempre génica, comprende las interacciones entre los valores aditivos de diferentes loci, interacciones entre las contribuciones aditivas y/o por dominancia e interacciones entre las contribuciones de esta última.

4.2. Selección recurrente

La selección recurrente consiste en la selección continua de materiales con la subsecuente recombinación en cada ciclo de selección.

Brauer (1980) indica que la selección recurrente es un método que implica cierto grado de endogamia y de hibridación, la base teórica y el procedimiento de manejar las poblaciones son diferentes a los métodos de formación de líneas y variedades híbridas. La selección recurrente es semejante a la selección masal, sólo que la selección recurrente es un método para obtener híbridos múltiples. después de seleccionar un grupo de plantas de una autofecundación las cuales se cruzan entre sí para formar una nueva población en la cual se repetirá el ciclo de selección.

Allard (1975) señala que la utilización de la selección recurrente en las especies de polinización cruzada es con el fin de concentrar genes para una característica cuantitativa en una población, sin una pérdida de la variabilidad genética.

Jenkins (1931) citado por Brauer sugiere el método de selección recurrente bajo el nombre de "Strain building" en la formación de nuevas variedades de pastos.

Jenkins (1940) fue el primero en describir detalladamente el método de selección recurrente como resultado de sus experiencias sobre la aptitud combinatoria general.

4.3. Selección recurrente simple.

Este método se usa cuando la aptitud combinatoria no es de importancia, por lo que no es necesario la formación de mestizos. (Brauer, 1980).

Sprague y Brimhall (1950) presentaron los primeros datos sobre la efectividad de la selección recurrente simple para modificar la frecuencia de los genes al estudiar el contenido de aceite del grano de maíz.

Jenkins y col. (1954) acumularon resistencia genética a *Helminthosporium turcicum* en maíz.

4.4. Selección recurrente por aptitud combinatoria general

Sprague (1955) opina que este método de selección se caracteriza por el uso continuo de una población heterocigota como probador. En es-

ta forma, la variación en comportamiento entre un grupo de cruzamientos-de prueba será debida, principalmente, a la diferencia en aptitud combinatoria general.

Allard (1975) dice que la aptitud combinatoria general se prueba mediante la formación de mestizos, donde el probador común debe ser de amplia base genética. La selección recurrente por aptitud combinatoria general tiene gran valor para la obtención de germoplasma altamente adecuado para la extracción de líneas consanguíneas superiores. El fin que persigue este método es formar una población con gran aptitud combinatoria general para derivar materiales que puedan servir para formar híbridos de alto potencial.

4.5. Selección recurrente por aptitud combinatoria específica.

Brauer (1980) menciona que este sistema requiere la evaluación de plantas seleccionadas dentro de una población heterocigótica, mediante la formación de mestizos, donde el probador común debe ser altamente homocigótico, pudiendo ser una línea pura o híbrido simple.

Hull (1945) propuso la selección por aptitud combinatoria específica. El método se basa en las conclusiones obtenidas por Hull, en el sentido de que es la combinación heterocigótica Aa la que es superior a AA y también a aa para aumentar el rendimiento en grano de maíz.

Sprague (1955) aclara que este tipo de selección recurrente sufre - la desventaja de que el uso de probadores homocigotos tiende a aumentar - las interacciones, cruzamiento de prueba por localidad o cruzamiento de prueba por año.

Jugenheimer (1981) expresa que la selección recurrente por aptitud-combinatoria específica deberá ser especialmente efectiva, siempre y - cuando haya sobredominancia, mas ésta puede no ser el tipo predominante - de acción génica con todas las líneas.

4.6. Selección recíproca recurrente.

Comstock et al. (1949) propusieron la selección recíproca recurrente como procedimiento para seleccionar simultáneamente por aptitud combi - natoria general y específica.

El esquema propuesto por los anteriores autores es el siguiente:

- a. Se parte de dos poblaciones heterocigóticas "A" y "B" de gran - divergencia genética.
- b. Un cierto número de plantas de la población "A" se autofecundan y, a la vez, se cruzan con plantas de la población "B". En la misma forma las plantas de la fuente "B" son autopolinizadas y cruzadas con plantas de la población "A" .

- c. Los grupos de cruzamientos de prueba son evaluados en ensayos - comparativos para seleccionar lo mejor.
- d. Se siembran en mazorca por surco, la semilla de cada autofecundación de las plantas que mostraron ser las mejores de sus respectivas cruas en la población "A" y "B". Entonces se hacen - todos los inter cruzamientos posibles entre líneas dentro de la fuente "A" y entre las de la fuente "B", estas poblaciones de - inter cruzamientos "A" y "B" sirven como fuente de material para la repetición del ciclo.

Las líneas desarrolladas durante cada ciclo de selección recíproca recurrente pueden conservarse y probarse en híbridos para uso comercial. - Cuando Comstock et al. propusieron este método, compararon teóricamente su eficiencia con la selección recurrente por aptitud combinatoria general y con la selección recurrente por aptitud combinatoria específica. - suponiendo tres niveles de dominancia:

1. Dominancia parcial (incompleta)
2. Dominancia completa
3. Sobre dominancia

Las conclusiones obtenidas fueron las siguientes:

1. Si hay dominancia completa, la selección recurrente por aptitud combinatoria general y la selección recíproca recurrente son más o menos

iguales de eficaces y, además, superiores a la selección recurrente por aptitud combinatoria específica.

2. Si la dominancia es incompleta, los tres métodos son iguales de eficaces.

3. Si la sobredominancia es importante, la selección recurrente por aptitud combinatoria específica y la selección recíproca recurrente son iguales y éstas, a la vez, son superiores a la selección recurrente por aptitud combinatoria general.

Las anteriores comparaciones se hicieron, asumiendo que:

- a. No existen interacciones entre genes no alélicos.
- b. Sólo eran posible dos alelos por locus.
- c. Las frecuencias de los genotipos para loci ligados están en equilibrio.

Varios investigadores han empleado la selección recíproca recurrente con grados variables de éxito.

Hallauer (1970) incrementó el rendimiento de la variedad "Stiff Stalk Synthetic" y de las poblaciones híbridas después de cuatro ciclos de selección recíproca recurrente.

Torregroza et al. (1972) utilizando maíces de tierras altas de Latinoamérica, incrementaron el rendimiento, mediante el uso de la selección recíproca recurrente.

Douglas et al. (1961) aumentaron el rendimiento de dos variedades sintéticas de maíz después de tres ciclos de selección recíproca recurrente.

4.7. Consideraciones generales sobre la selección recurrente.

Brauer (1980) enumera estas consideraciones de la siguiente manera:

1. Reduciendo el tamaño de la muestra que dará lugar a las poblaciones, se puede obtener mayor ganancia en un ciclo de selección pero se reducirá la potencialidad final, debido a que la muestra pequeña causa reducción en la variabilidad genética.

2. Los resultados finales dependerán de la forma que se vaya a aprovechar la selección recurrente, por ejemplo: si la meta es la formación de una variedad sintética, los resultados de la selección serán más eficientes sobre caracteres de acción génica aditiva, si el producto de la selección recurrente se utiliza para formar líneas y derivar híbridos de ellas, podrá aprovecharse la acción génica heterocigótica.

3. El sistema de selección recurrente es muy eficiente para mejorar caracteres agronómicos y, en general, cualitativos, en cada caso la eficiencia

cia dependerá de:

- a) La heredabilidad
- b) El tamaño de la muestra
- c) La frecuencia génica
- d) El coeficiente de homocigosis



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Area de trabajo y condiciones ecológicas.

El presente trabajo se desarrolló en dos áreas ecológicas diferentes: la primera fue en La Huerta, Jalisco, en el ciclo invierno-primavera 1982 y la segunda en Atequiza, Jalisco, en el ciclo primavera-verano del mismo año, las condiciones ecológicas de cada zona, así como su ubicación, se describen en el cuadro 1.

CUADRO 1. Ubicación y condiciones ecológicas de Atequiza y La Huerta, Jalisco.

	ATEQUIZA	LA HUERTA
P.pluvial	+ 700	+ 750
Temp. \bar{x} anual	22 y 28°C	22 y 26°C
Altitud	1520 m	300 m
Longitud	103°08'	104°38'
Latitud	20°24'	19°28'
Clima*	c(w) Templado lluvioso con invierno seco	(AW) Tropical sabana con inviernos secos

(*) Según clasificación de Köppen modificado por Enriqueta García.

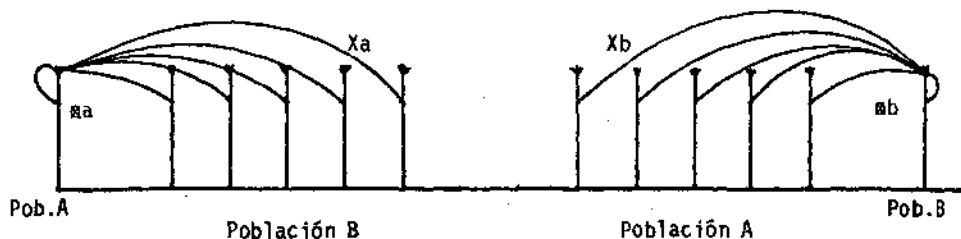
5.2. Descripción del material genético.

Se trabajó con dos poblaciones en generación avanzada F_3 derivadas de los híbridos comerciales B-666 y H-309, por presentar alta aptitud combinatoria general. Estos materiales fueron proporcionados por el departamento de investigación de Northrup King y Cía.

5.3. Técnica empleada para la formación de líneas y mestizos.

Se empleó la metodología propuesta por Comstock *et. al.* (1949). Se designó a la población derivada del híbrido B-666 como población "A" y al H-309 como población "B". En el ciclo invierno-primavera en La Huerta, Jalisco, las plantas de la fuente "A" se autofecundaron y, al mismo tiempo, se cruzaron con 4 ó 5 plantas de la fuente "B". Las plantas de la fuente "B" se probaron de la misma manera con plantas de la fuente "A". Esta técnica se ilustra en la figura 1.

FIGURA 1. Técnica empleada en la formación de líneas y mestizos.



X_a y X_b identifican a las líneas progenitoras de aa y bb , respectivamente.

5.4. Labores Culturales.

Preparación del terreno.

Se barbechó a una profundidad de 40 cm completando con dos pasos de rastra cruzados entre sí, con el fin de desmoronar bien los terrones y dejar el terreno lo más homogéneo posible.

Siembra.

Se utilizaron sembradores manuales para regular distancias entre plantas y situar la semilla en la humedad adecuada. La fecha de siembra, en el ciclo invierno-primavera, fue el 15 de enero de 1982 en La Huerta, y, en el de primavera-verano, fue el 28 de junio de 1982 en Atequiza, Jalisco.

Fertilización.

La fórmula utilizada en el ciclo invierno-primavera fue la recomendada en la región por el Campo Agrícola Experimental de la Costa de Jalisco (INIA), ésta fue la 120-40-00, usando como fuente de nitrógeno al sulfato de amonio 20%, aplicando la mitad al momento de la siembra y el resto en la segunda escarda; como fuente de fósforo se utilizó al superfosfato de calcio triple 46%, aplicando todo al momento de la siembra. En el ciclo primavera-verano, la fórmula fue 180-60-00 con las mismas fuentes - que se aplicaron en La Huerta y se siguió los mismos criterios en la aplicación.

Plagas.

Las plagas del suelo más importantes en las dos regiones son: Gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), Doradilla (*Diabrotica* spp.). Para su control se aplicó Furadan 5% granulado, 20 Kg/Ha, en forma conjunta con el fertilizante antes de la siembra. Las plagas del follaje no fueron problema en las dos localidades por el uso de Furadan.

Aporque y deshierbe.

Las escardas se efectuaron con un intervalo de 15 días una de la otra, efectuándose la primera a los 15 días después de la emergencia y la segunda a los 40 días. Se aplicó una combinación de Gesaprim Combi 2.5% más Esterón 47 en las dosis recomendadas, esto ayudó a mantener el cultivo libre de malas hierbas hasta la cosecha. Lo anterior se efectuó en las dos áreas geográficas.

Riegos.

Se realizaron únicamente en los trabajos llevados a cabo en La Huerta durante el ciclo invierno-primavera, los intervalos de riego variaron según las necesidades del cultivo, dando cinco riegos.

5.5. Diseño experimental y tratamientos.

Del experimento llevado a cabo en La Huerta, Jalisco, se logró cosechar 85 líneas de la población "B" y 79 de la población "A", ambas con sus respectivos mestizos; de los cuatro o cinco mestizos logrados de una línea se mezcló la semilla para poder evaluar a cada mestizo, llegando a tener un total de 164 compuestos balanceados, además se utilizaron cinco testigos, los cuales fueron:

B₈₇

B₄₉

B₈₅

B₁₅

H-309

Los cuatro primeros los proporcionó Northrup King y el último, Pronase.

Para la evaluación de los 169 tratamientos se empleó el diseño de látice simple 13 x 13 con cuatro repeticiones, la unidad experimental constó de un surco de 5 m de largo con 0.80 m de separación siendo esta misma la parcela útil.

El modelo estadístico propuesto por Cochran (1980), en que se basa el diseño látice simple es el siguiente:

$$Y_{ijq} = U + T_i + B_j + B_{iq} + e_{ijq}$$

Y_{ijq} = Rendimiento del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición, del q -ésimo bloque incompleto.

U = Media general

T_i = i -ésimo tratamiento

B_j = j -ésimo bloque o repetición

B_{iq} = i -ésimo tratamiento en el q -ésimo bloque incompleto.

e_{ijq} = Error experimental del i -ésimo tratamiento, en la j -ésima repetición del q -ésimo bloque incompleto.

5.6. Características estudiadas y toma de datos.

Rendimiento.

Este valor fue tomado de un surco o parcela experimental corregido - posteriormente por ajuste del número de plantas de cada unidad experimental a una media de plantas general (19.6) y multiplicado por factor de humedad y desgrane. La media general se obtiene sumando el total de plantas de una repetición dividida entre número de tratamientos, la corrección se hace según el número de plantas que tenga cada parcela, ejemplo:

Si de una parcela se tienen los siguientes datos:

Peso de campo = 3 Kg

Factor de humedad = 0.9

Número de plantas = 15

Factor de desgrane = 0.8

Primero se corrige por fallas de plantas, utilizando una regla de tres en la siguiente forma:

$$\begin{array}{r} 15 \text{ plantas} \text{ --- } 3 \text{ Kg} \\ 19.6 \text{ --- } X \\ \hline X = \frac{(19.6) (3)}{(15)} = 3.92 \text{ Kg} \end{array}$$

El rendimiento se encuentra:

$$R = (3.92) (0.8) (0.9)$$

$$\text{RENDIMIENTO} = 2.82 \text{ Kg}$$

Fecha de floración. Este dato se tomó cuando el 50% de las plantas de cada parcela estaban en período de antesis.

Altura de planta. Este caracter se midió cuando los materiales habían alcanzado la madurez fisiológica, tomando la planta que representaba la altura media, de la base de la misma a la base de la espiga.

Altura de mazorca. Esta característica se midió al mismo tiempo que altura de planta, desde la base la ésta hasta la base de la mazorca.

Acame. Se estimó en forma visual considerando la frecuencia de las - plantas caídas en cada parcela.

Clasificación de planta y mazorca. Se calificó el aspecto general - de las plantas y mazorcas de cada parcela en cuanto a: sanidad, acame, altu ra de planta, altura de mazorca, y la escala utilizada fue de 1 a 5 donde 5 - representa a parcelas de muy buen aspecto y 1 a las de muy mal aspecto.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Análisis de varianza para rendimiento.

Analizando los resultados como una distribución de bloques al azar (Cuadro 2), se puede observar que existe diferencia altamente significativa entre repeticiones, lo cual indica que existe heterogeneidad en el suelo. El índice de seguridad contra este factor, como lo es el coeficiente de variación de 11.85, nos muestra un valor relativamente bajo que determina un adecuado manejo del experimento.

Cuadro 2. Análisis de varianza como una distribución en bloques al azar.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	$0.05 F_t$	0.01
Tratamientos	168	104.63	0.62	4.35	2.68	3.91 **
Repeticiones	3	30.58	10.19	71.15	1.25	1.38 **
E.E.	504	72.21	0.14			
Total	675	207.42				

C.V. = 11.85

* Significativo al 5%

** Significativo al 1%

En el cuadro 3 se muestra el análisis de varianza para la distribución de látice simple, en esta forma se elimina la variación entre bloques incompletos, el coeficiente de variación se reduce a 9.94.

Cuadro 3. Análisis de varianza en distribución látice simple.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	F_t	
					0.05	0.01
Tratamiento	168	104.63	0.62	6.20	1.25	1.38 **
Repeticiones	3	30.58	10.19	101.41	2.60	3.78 **
Componente (a)	(24)	17.03				
Componente (b)	(24)	9.35				
Bloques	48	26.38	0.55	5.47	1.36	1.54 **
E.E.	456	45.83	0.10			
Total	675					

C.V. = 9.94

* Significativo al 5%

** Significativo al 1%

En el cuadro 4 se encuentran los rendimientos más importantes ajustados y ordenados de mayor a menor, incluyéndose los tratamientos estadísticamente iguales al 99% de seguridad. Se puede apreciar que dentro de los 21 mejores se encuentran las variedades híbridas B₈₅ y B₁₅ de NK.

Cuadro No. 4. Ordenamiento de los mejores tratamientos.

D.M.S. 5% = 1,115.00 Kg/Ha		
1% = 1,462.50 Kg/Ha		
Tratamiento	Genealogía	kg/Ha.
1	51a	10,313.00
2	80a	10,066.00
3	139a	9,948.00
4	105b	9,674.00
5	22a	9,522.25
6	25a	9,495.25
7	129b	9,449.25
8	12a	9,377.00
9	71a	9,223.00
----- 0.05		
10	2a	9,208.50
11	B ₈₅	9,192.00
12	141b	9,065.25
13	49a	9,043.25
14	37a	9,005.74
15	84a	9,969.00
16	48a	8,961.25
17	111b	8,925.25
18	108b	8,921.25
19	46a	8,895.50
20	B ₁₅	8,894.00
21	62b	8,874.75
----- 0.01		

6.2. Proposición de formación de sintéticos.

En los cuadros 5 y 6 se encuentran los mejores mestizos de la población "A" y "B", respectivamente. Con las mejores líneas de estas poblaciones es posible seguir tres caminos:

1. Formación del sintético A formado por las mejores líneas de la población "A"
2. Formación del sintético B utilizando las mejores líneas de la población "B"
3. Sintético AB mezclando las mejores líneas de la población "A" con las mejores de la población "B".

6.3. Comportamiento de los mestizos que estiman las líneas que formarán el Sintético A.

En el cuadro 5 aparecen los mejores mestizos de la población "A" y haciendo un análisis del contenido de dicho cuadro se observa que los mestizos son intermedios, ya que su fecha de floración, en término medio, es de 76 días de floración masculina y 79 días de floración femenina. La altura de planta es considerable, 3.07m, característica no muy deseable que la hace susceptible al acame (28%). La altura de mazorca es también elevada, 1.90 m, teniendo el inconveniente que dificulta la pizca cuando ésta es a mano. Presenta bajo contenido de mazorcas podridas (0.03%) y la calificación de planta estuvo comprendida en la escala de 4, considerándose buena. El rendimiento promedio se estimó en, 9,786.92 Kg/Ha.

Cuadro No. 5.

Datos agronómicos de los mestizos más sobresalientes de la población "A".

	Floración			Altura			% A.	C.	Kg/Ha.
	Mes.	Mas.	Fem.	Planta	Mazorca	Mz.P.			
1	51a	76	79	3.20	2.0	0	25	4	10,313.00
2	80a	78	81	3.25	1.85	2	50	3	10.066.00
3	139a	76	79	3.20	2.16	1	0	5	9,948.75
4	22a	77	80	2.90	1.84	0	45	4	9,522.25
5	25a	78	82	3.20	1.85	0	25	5	9,495.25
6	12a	75	76	3.0	2.00	0	20	4	9 377.00
7	71a	75	77	3.15	1.80	0	40	4	9,223.25
8	2a	74	77	3.00	1.90	0	20	4	9,208.50
9	49a	74	74	3.10	1.85	0	40	3	9,043.25
10	37a	77	80	2.70	1.75	0	15	4	9,004.75
11	84a	79	82	3.10	2.15	0	0	4	8,969.00
12	48a	77	79	2.65	1.72	3	15	3	8,961.25
13	46a	77	81	2.90	1.76	1	45	3	8,895.50

6.4. Comportamiento de los mestizos que estiman las líneas que formarán el sintético B.

Los mejores mestizos de la población "B" se encuentran en el cuadro 6, en el que se aprecia que son intermedios pues presentan 77 días en promedio a floración masculina y 80 días a floración femenina. La altura de planta es de 3.00 m; altura de mazorca de 1.80 m; el % de acame es de 27, debido a la altura de planta; el % de mazorcas podridas es de 0.05, no considerándose importante. La calificación de la planta fue buena ya que estuvo en la escala de 4. Los mestizos alcanzaron un promedio de rendimiento de 9,151.79 Kg/Ha.

6.5. Comportamiento probable del sintético AB.

Se espera que tenga un comportamiento y rendimiento superior al de los sintéticos A y B, por el hecho de estar presente un mayor grado de heterosis. Las características agronómicas del sintético AB serán similares a las de los sintéticos A y B ya que, como se aprecia en el cuadro 7, el comportamiento de los mestizos de "A" es muy parecido a los de "B", ambos son igualmente intermedios en floración así como en altura de planta y mazorca, por ciento de acame, mazorcas podridas, calificación de planta y rendimiento.

Cuadro 6.

Datos agronómicos de los mestizos más sobresalientes de la población "B".

Mes.	Floración			Altura		Mz. P.	%A.	C.	Kg/Ha.
	Mas.	Fem.	Planta	Mazorca					
1	105b	77	80	2.95	1.95	0	20	4	9,674.00
2	129b	78	81	3.50	2.10	2	20	4	9,449.25
3	141b	75	77	2.70	1.70	0	25	4	9,065.25
4	111b	78	80	2.95	1.83	1	30	4	8,925.25
5	108b	77	80	2.90	1.70	0	25	4	8,921.25
6	62b	77	80	3.00	1.72	0	45	4	8,875.75

6.6. Comparación de los mestizos con los testigos.

En el cuadro 7, se comparan las características agronómicas de los mejores mestizos con las de los testigos. Del mismo cuadro se deduce que los híbridos B₈₅, B₄₉ y H-309 resultaron ser los más precoces, siguiendo el orden el B₁₅, mestizos de la población "A" y "B". Esta característica le da cierta ventaja a los híbridos precoces en un año de precipitación deficiente, -cabe hacer notar que el temporal en que se llevó a cabo esta prueba de rendimiento fue excelente-. En cuanto a la altura de planta, los materiales más bajos fueron: B₄₉, B₈₅ y B₈₇ -continuando en orden ascendente con el B₁₅, H-309 y mestizos, no obstante de ser el H-309 y mestizos más altos, éstos últimos presentaron me-

nos acame que los híbridos B₁₅, B₈₇ y H-309. El B₈₅ tuvo casi el mismo acame que los mestizos; el B₄₉ presentó considerablemente menos acame que todos los demás. Es importante tomar en cuenta el por ciento de acame por dos razones: la primera es que se dificulta la cosecha, ya sea a mano o con máquina, las plantas caídas no son tomadas en cuenta; la segunda es que algunas variedades que tienen problema con cobertura de mazorca, presentan mayor porcentaje de mazorca podrida, esto se observa con el B₈₅, B₁₅ y B₈₇. En calificación de planta, los mestizos con el B₄₉ alcanzaron la categoría de buena o de 4, en tanto que las variedades restantes obtuvieron calificación regular de 3. En cuanto al rendimiento, los mestizos de la población "A" fueron superiores siguiendo en orden descendente el B₈₅, mestizos de la población "B", B₁₅, B₈₇, B₄₉ y H-309.

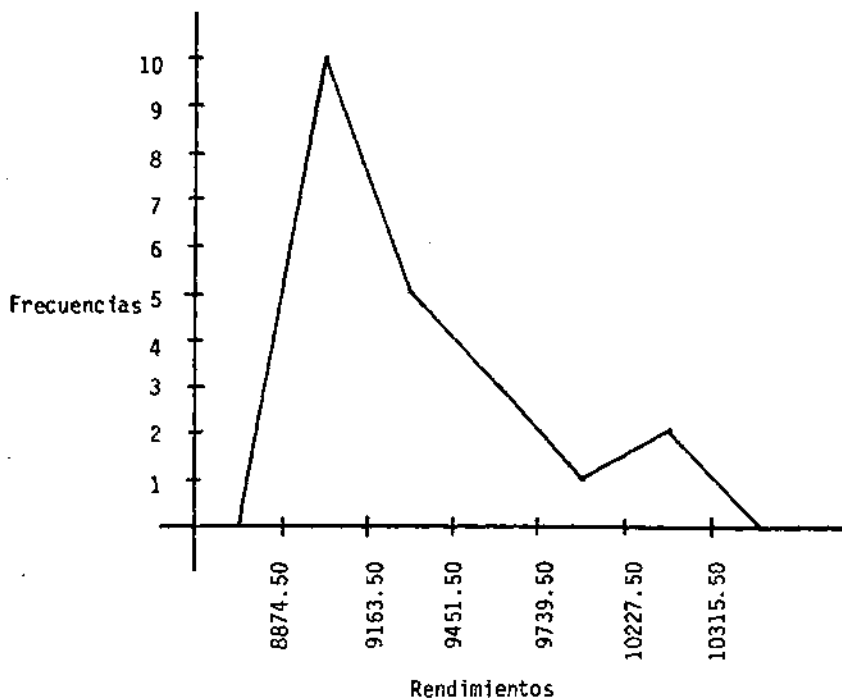
Cuadro 7. Promedio de datos agronómicos de los mestizos de la población "A" y mestizos de la población "B", más testigos.

	Floración		Altura					
	Mas.	Fem.	Planta	Mazorca	%M.P.	% A.	C.	Kg/Ha
Mst. "A"	76	79	3.00	1.90	0.03	28	4	9,786.92
Mst. "B"	77	80	3.00	1.80	0.05	27	4	9,151.79
B ₈₅	69	70	2.50	1.40	9.52	25	3	9,191.75
B ₁₅	73	75	2.80	1.75	6.67	35	3	8,894.00
B ₈₇	72	77	2.55	1.47	4.72	30	3	8,619.25
B ₄₉	68	69	2.40	1.35	0.00	10	4	8,519.50
H-309	69	70	3.00	1.90	0.00	30	3	6,696.50

6.7. Análisis de las frecuencias de rendimiento.

En la figura 2 se encuentra el polígono de frecuencias de los 21 mejores tratamiento, se observa que la frecuencia más alta de rendimiento es de 10 que está comprendida dentro del rango 8,874.50-9,163.50 Kg/Ha. El rango medio está entre 9,451.50-9,739.50 kg/ha., con tres frecuencias. Y el rango más alto, 10,027.50-10.315.50 Kg/Ha., con dos frecuencias.

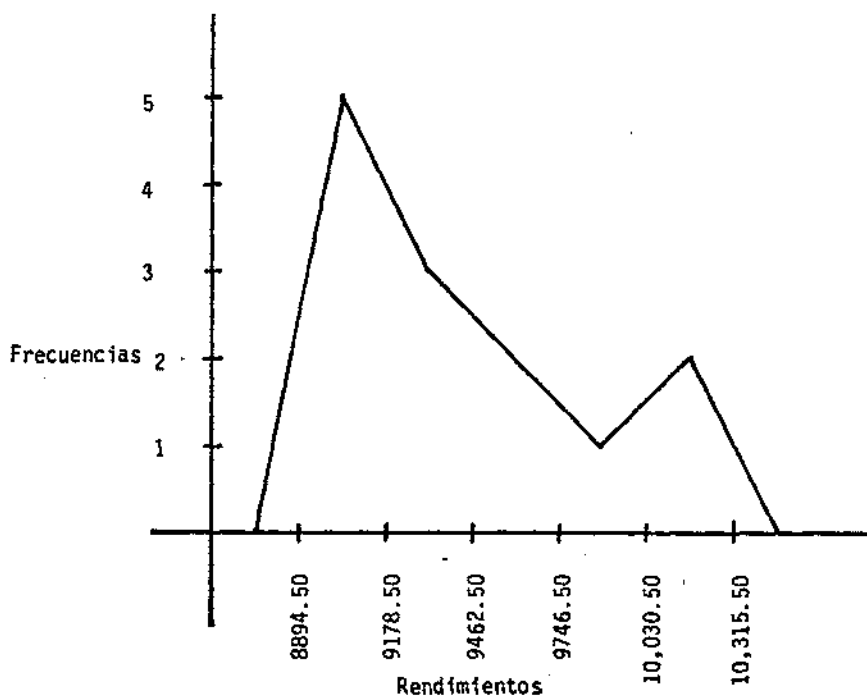
FIGURA 2. Polígono de frecuencias de los 21 mejores tratamientos.



Las frecuencias de los mejores mestizos de la población "A" se localizan en la figura 3, analizando igual que en la figura anterior. La frecuencia más alta de 5 se encuentran en el rango 8,894.50-9,178.50 kg/Ha. El rango medio, 9,462.50-9,746.50 Kg/Ha, con dos frecuencias.- El rango, 10,030.50- 10,315.50 Kg/Ha., con dos frecuencias.

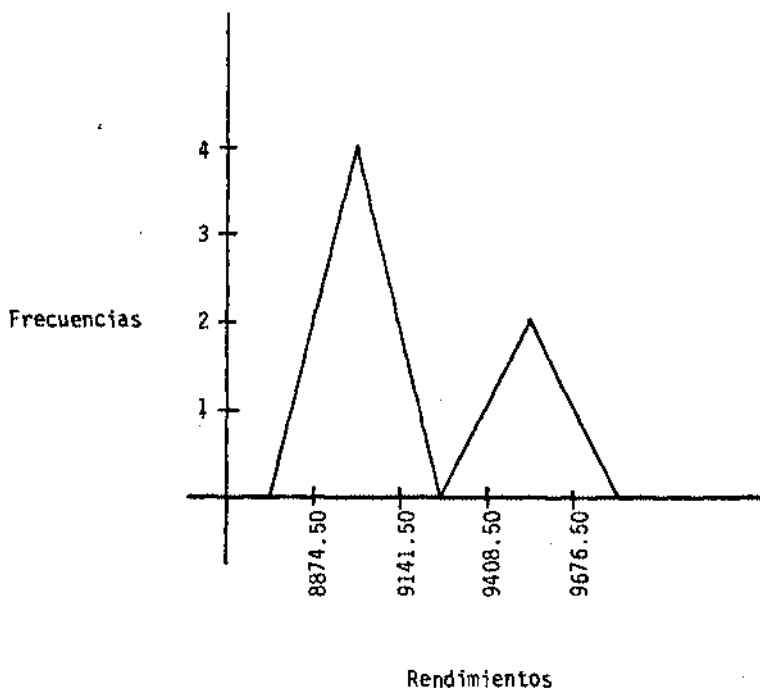
FIGURA 3.

Polígono de frecuencias de los mejores mestizos de la población "A".



En la figura 4 se observa el polígono de frecuencias correspondiente a los mejores mestizos de la población "B", los cuales tienen únicamente frecuencias dentro de 2 rangos, siendo la más alta de 4 en el rango 8,874.50-9,141.50 Kg/Ha. Y en el último rango, 9,408.50 kg/Ha., con dos frecuencias.

FIGURA 4. Polígono de frecuencias de los mejores mestizos de la población "B".



De las anteriores tres figuras de polígonos de frecuencias se puede deducir que las frecuencias más altas están comprendidas dentro del rango 8,874.50-9.163.50 kg/Ha., que es el más bajo y donde se encuentra el testigo B₁₅ y mestizos de ambas poblaciones. También se observa que la población "A" tiene una frecuencia más alta que la población "B", no obstante que en este rango se encuentran la mayor cantidad de mestizos de la población "B". El testigo B₈₅, más una frecuencia de los mestizos de la población "B", se encuentran en el rango anterior al medio. En el rango medio se ubican dos frecuencias de la población "A" y una de la "B". En el último rango que representa el mayor rendimiento sólo se localizan dos frecuencias de la población "A".

VII. CONCLUSIONES Y REDOMENDACIONES.

En base a los resultados obtenidos se puede decir que:

1. La población "A" es probable que tenga mejor aptitud combinatoria general que la población "B", ya que de los mejores mestizos (19), 13 pertenecen a dicha población.
2. Los mestizos de la población "A", en promedio, resultaron ser--ligeramente superiores que los mestizos de la población "B", -así como los testigos.
3. La selección recíproca recurrente fue efectiva para formar líneas rendidoras, las cuales fueron estimadas al evaluar los mestizos correspondientes.
4. Se recomienda que se formen tres variedades sintéticas:
 - a) Variedad sintética A, utilizando las mejores líneas de la población "A".
 - b) Variedad sintética B, con las mejores líneas de la pobla--ción "B".
 - c) Variedad sintética AB, utilizando las mejores líneas de la población "A" y "B".

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

1. Allard, R.W. 1975. Principio de la mejora genética de las plantas. -
2a. edición. Editorial Omega, S.A. Barcelona, España. p. 295-315
2. Brewbaker L., James. 1975. Genética agrícola. Primera edición en -
español. Editorial Hispanoamericana. p. 90-119 .
3. Brauer H., O. 1980. Fitogenética aplicada. Cuarta edición. Edito-
rial Limusa. México. p. 375-383.
4. Comstock, R.E., H.F. Robinson y P.H. Harvey. 1949. A breeding -
procedure designed to make maximum use of both general and -
specific combining ability. Agron. 41:360-367 p.
5. Cochran, C. 1980. Diseños experimentales. Editorial Trillas. -
p. 328-435.
6. Douglas, A.G., J.W. Cullier, M.F. El-Ebrash y J.S. Rogers. 1961. -
An evaluation of three cycles of reciprocal recurrent selection
in a corn improvement program. Crop. Sci. 1(3): 157-161 p.

7. García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2a. Edición. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México. p.8-46.
8. Hallauer, H.R. 1970. Reciprocal full-sib selection. Crop.Sci.- 10(3): 315-316.
9. Hull, F.H. 1945. Recurrent selection and specific combining ability in corn. J.Amer.Soc. Agr. 37: 134-145 p.
10. Jenkins, M.T. 1940. The segregation of genes affecting-yield of grain in maize. J.Amer.Soc. Agr. 32: 55-63.
11. ---, A.L. Robert y W.R. Findley. 1954. Recurrent selection: a method of concentrating genes for resistance to hemilnthesporium leaf blight in corn. Agr.J. 64: 89-94 p.
12. Jugenheimer, W.R. 1981. Maíz . Primera edición. Editorial Limusa, México. p.153-159 .
13. Poey, F.R. 1975. Mejoramiento integral del maíz. Colegio de Postgraduados de Chapingo. Tesis doctorado en ciencias. p. 18-25.

14. Sprague, G.F. y B. Brimhall. 1950. Relative effectiveness of two systems of selection for oil content of the corn Kernel. Agr. J. 42: 83-88 p.
15. ----. 1955. Corn breeding: Corn and corn improvement. Academic press. New York. p.39-45.
16. Torregroza, M., E. Arias, C. Díaz y F. Arboleda. 1972. Evaluation of reciprocal recurrent selection in germplasm sources of highland Latinamerican maizes. Soc. Agr. Abs.: 20 .



Rendimientos promedio ajustados de los 169 tratamientos ordenados en forma descendente.

No.	Genealogía	Kg/parcela	No.	Genealogía	Kg/parcela
1	51a	4.13	21	62b	3.55
2	80a	4.03	22	73a	3.54
3	139a	3.98	23	36b	3.54
4	105a	3.87	24	129a	3.53
5	22a	3.81	25	126a	3.52
6	25a	3.80	26	79b	3.52
7	129b	3.78	27	31b	3.52
8	12a	3.75	28	131a	3.51
9	71a	3.69	29	99a	3.50
10	2a	3.68	30	10b	3.50
11	B ₈₅	3.67	31	42a	3.49
12	141b	3.63	32	128b	3.49
13	49a	3.62	33	104a	3.48
14	37a	3.60	34	142b	3.48
15	84a	3.59	35	89a	3.47
16	48a	3.58	36	115a	3.46
17	111b	3.57	37	11a	3.46
18	108b	3.57	38	53b	3.46
19	46a	3.57	39	B ₈₇	3.45
20	B ₁₅	3.56	40	44b	3.43

No.	Genealogia	Kg/parcela	No.	Genealogia	kg/parcela
41	114a	3.42	65	108a	3.29
42	B ₄₉	3.41	66	45a	3.28
43	88a	3.40	67	140a	3.27
44	33a	3.40	68	38a	3.26
45	109b	3.40	69	147b	3.26
46	53a	3.39	70	35b	3.26
47	91a	3.39	71	56a	3.26
48	149b	3.39	72	12b	3.26
49	67b	3.39	73	59a	3.25
50	114b	3.38	74	8b	3.25
51	57a	3.38	75	130a	3.25
52	20a	3.38	76	41a	3.25
53	113a	3.38	77	116a	3.24
54	61a	3.37	78	127b	3.22
55	133b	3.37	79	100a	3.22
56	11b	3.36	80	79a	3.21
57	21b	3.34	81	63a	3.21
58	19a	3.33	82	69b	3.21
59	135b	3.33	83	101a	3.20
60	27b	3.33	84	45b	3.20
61	135a	3.33	85	44a	3.20
62	43a	3.33	86	96b	3.20
63	37a	3.32	87	19a	3.20
64	2b	3.30	88	127a	3.18

No.	Genealogia	kg/parcela	No.	Genealogia	kg/parcela
89	78b	3.18	113	20b	3.04
90	86b	3.18	114	128a	3.04
91	109a	3.16	115	118b	3.03
92	82b	3.16	116	68b	3.03
93	38b	3.15	117	104b	3.03
94	112a	3.15	118	74b	3.02
95	23b	3.15	119	23a	3.01
96	139b	3.14	120	95b	3.00
97	64b	3.13	121	72b	3.00
98	132b	3.13	122	138a	2.99
99	96a	3.13	123	146b	2.99
100	82a	3.12	124	130b	2.99
101	30b	3.11	125	123a	2.98
102	50a	3.10	126	120a	2.98
103	34b	3.09	127	65a	2.97
104	106a	3.09	128	70b	2.97
105	8a	3.09	129	55a	2.97
106	76a	3.08	130	24a	2.96
107	119b	3.08	131	28b	2.94
108	61b	3.08	132	145a	2.93
109	65b	3.07	133	52a	2.92
110	115b	3.06	134	88b	2.92
111	30a	3.05	135	62a	2.92
112	32b	3.04	136	136b	2.91

No.	Genealogía	kg/parcela	No.	Genealogía	kg/parcela
137	1b	2.90	160	55b	2.63
138	17a	2.87	161	92b	2.63
139	39b	2.87	162	97a	2.62
140	71b	2.87	163	132b	2.61
141	83b	2.86	164	27a	2.60
142	29a	2.86	165	146a	2.47
143	66a	2.85	166	59b	2.47
144	40b	2.85	167	80b	2.40
145	89b	2.84	168	93b	2.33
146	90b	2.82	169	33b	2.14
147	25b	2.81			
148	134b	2.79			
149	122b	2.79			
150	78a	2.78			
151	10a	2.77			
152	15a	2.77			
153	19b	2.75			
154	40a	2.74			
155	91b	2.71			
156	1a	2.70			
157	83a	2.69			
158	H-309	2.68			
159	147a	2.64			