

EFICIENCIA RELATIVA DEL METODO DE  
SELECCION EN CONSANGUINIDAD POR CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS  
PARA MEJORAR RENDIMIENTO EN MAIZ

por

✓  
Jorge A. Soria Vasco



Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas  
Turrialba, Costa Rica  
Junio de 1954



Dedicatoria

A mis Padres

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
<b>AGRADECIMIENTOS</b> . . . . .	1
<b>BIOGRAFIA DEL AUTOR</b> . . . . .	11
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> . . . . .	111
<b>INTRODUCCION</b> . . . . .	1
<b>REVISION DE LITERATURA</b> . . . . .	3
Selección en masa . . . . .	3
Selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos . . . . .	10
Heredabilidad de caracteres en maíz . . . . .	12
<b>MATERIALES Y METODOS</b> . . . . .	14
Selecciones en consanguinidad por cruzamientos dirigidos . . . . .	14
Origen de la Recombinación de linajes no endocriados seleccionados como superiores en la variedad I-452 . . . . .	17
<b>RESULTADOS</b> . . . . .	20
de Eficiencia del método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos . . . . .	20
rendimiento . . . . .	20
Longitud de la mazorca . . . . .	25
Porcentaje de desgrane . . . . .	27
Heredabilidad de caracteres . . . . .	28
Rendimiento . . . . .	29
Longitud de mazorca . . . . .	31
Porcentaje de desgrane . . . . .	33
Prueba de cruces de líneas $A_1$ por variedad . . . . .	34
<b>DISCUSION</b> . . . . .	38
<b>RESUMEN Y CONCLUSIONES</b> . . . . .	42
<b>SUMMARY AND CONCLUSIONS</b> . . . . .	44
<b>LITERATURA CITADA</b> . . . . .	46

## AGRADECIMIENTOS

El autor hace constar su más sincero agradecimiento al Dr. Mario Gutiérrez G. por su constante ayuda y sus constructivas sugerencias durante el desarrollo de esta investigación. Le debe también su gratitud por la revisión del manuscrito y por haberle facilitado y preparado el material principal y los materiales de comparación presentados en esta tesis. Presenta sus reconocimientos a los Ingenieros Agrónomos Humberto Rosado y Rodolfo Venegas por su cooperación en la preparación del material principal empleado en este estudio.

Adeuda su gratitud además a los Drs. H. C. Thompson y Ernesto Cásseres, miembros del Comité Consejero, por la revisión del manuscrito y por sus sugerencias para la presentación de este trabajo.

Expresa sus reconocimientos al Programa de Cooperación Técnica de la Organización de los Estados Americanos, por intermedio del Jefe de la Zona Andina, por haberle concedido la beca que le ha permitido realizar estudios en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

## BIOGRAFIA DEL AUTOR

Jorge Soria Vasco nació en la Ciudad de Patate, Ecuador, el 20 de mayo de 1925. Sus estudios primarios los realizó en su lugar natal de 1931 a 1937. De 1938 ingresó al Colegio Seminario de Quito en donde terminó los estudios secundarios en 1944. Revallidó estudios de 1946 a 1947 en el Colegio Nacional Mejía de Quito en donde obtuvo su título de Bachiller en Ciencias Biológicas en noviembre de 1947.

De 1947 a 1952 cursó estudios de Agronomía en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Quito obteniendo su título de Ingeniero Agrónomo en noviembre de 1952. Desde diciembre de 1952 ha permanecido en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de Turrialba, Costa Rica, realizando estudios y ha presentado una tesis sobre Fitomejoramiento de maíz.

Actuó como Secretario-Tesorero del Consejo Estudiantil del Instituto durante el período de abril a octubre de 1953.

## INTRODUCCION

El maíz es una de las plantas alógenas que ha sido objeto de más estudio en lo referente a selección. Los varios métodos para el mejoramiento del maíz pueden catalogarse en tres tipos generales: selección visual de plantas y mazorcas sin control de polinización, pruebas de progenie y selección de genotipos valorados con respecto a habilidad combinatoria para su uso en cruces dobles o variedades sintéticas. En el primer grupo se encuentra la selección en masa; en el segundo, el método de mazorca por hilera y en el tercero, el método tradicional de producción de maíz híbrido y sus variantes que utilizan en una forma u otra pruebas de habilidad combinatoria al inicio de la endocria, tales como; selección gamética, "early testing", selección recurrente y selección recurrente recíproca.

Boceta (2) propuso en 1950 un método de selección visual para modificar rendimientos en maíz que llamó "Selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos". Consiste en la selección, al cosechar, de los mejores pares de mazorcas obtenidas en cruces recíprocos entre plantas de una variedad, seleccionadas por su aspecto deseable por dos generaciones y la mezcla de los mejores pares para obtener la variedad mejorada. Según Boceta los incrementos en rendimiento obtenido por este método de selección oscilan entre el 20 y 40% de la producción de la variedad no mejorada; sin embargo, no ha presentado en ningún caso datos experimentales que corroboren su afirmación.

Esta tesis presenta una evaluación de la eficiencia relativa de la "Selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos" en la

modificación del rendimiento de una variedad de maíz adaptada a las condiciones de Turrialba y una estimación de la heredabilidad del rendimiento, longitud de mazorca y porcentaje de desgrane en el material estudiado.

Los resultados obtenidos con el uso de la selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos se contrastan con los alcanzados en una prueba de cruces de líneas  $A_1$  por variedad y se discuten en conexión con los resultados reportados en la literatura.



## REVISION DE LITERATURA

### Selección en masa

La selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos es una modificación de la selección en masa; difiere de ésta en que se controla la fuente de polen y se procura verificar la bondad de ambos progenitores seleccionados únicamente los cruces recíprocos en que ambos miembros presentan características deseables.

La revisión de literatura versará sobre los resultados alcanzados en el mejoramiento de maíz con el uso de la selección en masa.

La selección en masa ha sido definida por Sprague (32) como la selección y mezcla de la semilla de individuos elegidos por sus caracteres deseados de planta y mazorca para sembrarla en la próxima estación. Definiciones similares han sido dadas por Jenkins (12), Jugeheimer (14) y otros.

Según Jenkins (12), la selección en masa debió ser utilizada desde el comienzo de la domesticación del maíz y practicada por los mejoradores de esta planta desde épocas remotas.

En un principio (14), las mazorcas se escogían del granero de acuerdo con su aspecto físico; luego se aconsejó seleccionar las mazorcas para semilla en el campo, tomando en cuenta los caracteres de la planta madre, práctica que se generalizó entre los mejoradores.

A medida que el cultivo del maíz en los Estados Unidos aumentó, surgió un creciente interés en su mejoramiento; se seleccionó conforme a ideales diversos dando origen a variedades con diferentes tipos de mazorcas. Como resultados de las competencias de maíz en los Estados

Unidos de Norte América se propuso la tarjeta de puntuación para calificar mazorcas concursantes. En 1891 se adoptó la "Tarjeta de Puntuación" preparada por Orange Judd para la feria del Estado de Illinois,

Se han hecho numerosos estudios (1, 4, 7, 9, 11, 15, 19, 23, 24, 27, 32, 37) para determinar el valor de los puntos considerados por la tarjeta de puntuación y el valor de los caracteres de la planta y mazorca con respecto al rendimiento de sus progenies. Los procedimientos seguidos fueron:

1. Comparación de los rendimientos de las progenies de las semillas provenientes de la misma variedad, seleccionadas en años sucesivos por caracteres contrastados de mazorca y planta.
2. Mediante el uso de correlaciones entre la producción y caracteres de la planta.

Al primer grupo de trabajos pertenece el de Montgomery (23) quien comparó el rendimiento de semillas provenientes de mazorcas más largas y lisas de la variedad "Reid's Yellow Dent" con el de semilla tipo de la variedad, que provenía de mazorcas menos alargadas y de mayor indentación. La diferencia promedio por un período de cuatro años fue de 4.4 bushels por acre a favor de las mazorcas alargadas y de indentación menos pronunciada.

Williams y Welton (36) presentaron en 1915 los resultados de los efectos de la selección por caracteres contrastados de la mazorca en la modificación del rendimiento que pueden considerarse como clásicos. Los tipos seleccionados fueron mazorcas largas y cortas, cilíndricas y cónicas, de tiza abundante y escasa, de indentación más y menos

pronunciadas, pesadas y livianas, de alto y bajo porcentaje de desgrane, de alto, bajo, intermedio y bajo número de hileras de grano. Las selecciones para cada caracter provenían de las respectivas selecciones de las cosechas precedentes, este es, que las mazorcas largas fueron seleccionadas de las de mazorcas largas, etc. En un promedio de 10 años y en 4 variedades el rendimiento de las mazorcas largas fué únicamente 1,39 bushels mayor que el de las mazorcas cortas. Mediciones minuciosas fueron hechas en la variedad Clarage por un período de ocho años; aún cuando en esta variedad la diferencia promedio en la longitud de la semilla elegida fué de 2,49 pulgadas; la diferencia en sus progenies fué únicamente de 0.78 pulgadas y la diferencia en rendimiento sólo de 0.47 bushels por acre a favor de las mazorcas largas. Los autores concluyeron que dentro de una variedad la longitud de la mazorca es en gran parte el resultado de efectos ambientales y por tanto, no influye materialmente el de las generaciones posteriores. Las diferencias en rendimientos por períodos variables de 5 a 10 años de las progenies es mazorcas cilíndricas y cónicas, mazorcas de ápice desmudo y bien cubierto de grano, indentación pronunciada y ligera, alto y bajo porcentaje de desgrane, semillas provenientes de diversas secciones de las mazorcas y diferentes números de hileras por mazorca fueron insignificantes. La selección de linajes con mazorcas altas y bajas, en cambio, fué efectiva, cabiendo anotar que en este caso existía una diferencia en la época de floración de ambas selecciones.

Cunningham (4) publicó en 1916 resultados de estudios sobre la relación de algunos caracteres de la mazorca con rendimiento usando

mazorcas seleccionadas por el método de mazorcas por hilera en nueve variedades de maíz adaptadas a las condiciones de Kansas. Las mazorcas seleccionadas fueron divididas en tres grupos en cada caso, a saber, superior, intermedio e inferior. El rendimiento promedio de las selecciones por longitud de mazorca en las nueve variedades fué esencialmente el mismo. La selección de menor circunferencia de la mazorca rindió 1.65 bushels por acre más que la selección de mayor circunferencia. Tampoco se registraron diferencias en el rendimiento de las selecciones por cantidad de elote y porcentaje de desgrané. Las selecciones de indentación ligera sobrepasaron en rendimiento a las de indentación rugosa en ocho variedades, pero el rendimiento de las mazorcas de indentación media sobrepasó a ambas en la mayoría de los casos. También dedujo que hay alguna evidencia para creer que las mazorcas de mayor número de hileras no son las más productivas.

Olson, Ball y Hayes (24) presentaron los resultados de sus estudios de la relación de la selección por caracteres de la mazorca con rendimiento en una variedad de Minnesota. Los tipos de mazorca estudiados fueron: mazorcas escogidas mediante el uso de tarjetas de puntuación, mazorcas pequeñas, mazorcas alargadas de ápice mal engranados, ápices de engranamiento normal, elotes de buena forma y de formas irregulares y elotes de forma cónica. Los coeficientes de correlación para los caracteres mencionados y rendimiento no mostraron relación consistente cuando se consideraron los resultados de varios años.

Richey (26) ha resumido los resultados de un gran número de comparaciones, hechas en diversas estaciones experimentales de los Estados

Estados de Norte América usando maíces dentados y haciendo caso omiso de la magnitud de las diferencias, El resumen revela que el peso y longitud de la mazorca que suministra la semilla están relacionados con el rendimiento de la progenie. También, que es preferible obtener producción añadiendo a la longitud en vez de la circunferencia de las mazorcas, y que las mazorcas más lisas, con menos hileras y con menor porcentaje de desgrane que las mazorcas de exhibición tienden a ser mejor productoras.

Garrison y Richey (7) y Hayes y Alexander (9) encontraron que la selección estrecha por tipo de mazorca acarrió una disminución de la producción y que algunos de los puntos aconsejados en las tarjetas de puntuación no tenían influencia alguna en el rendimiento.

Existen varios trabajos sobre correlaciones de caracteres de la mazorca y del grano con rendimiento de sus progenies.

Los datos reportados por Richey y Willier (27) son típicos. Estos autores trabajaron con cuatro variedades seleccionadas por el método de mazorca por hilera por períodos variables de nueve a catorce años e interpretaron los coeficientes de correlación simples y parciales como indicadores de tres grupos naturales de caracteres; 1) peso de la mazorca con sus elementos componentes, longitud, circunferencia en la base y ápice y peso del elote; 2) porcentaje de desgrane y 3) el número de hileras de granos por hilera. La correlación de los caracteres en el grupo 3 con peso de la mazorca fué negligible cuando la circunferencia y la longitud de la misma se mantuvieron constantes; mientras que el peso del elote tuvo relación directa con el peso de la mazorca independientemente de la longitud y la

circunferencia. Finalmente, el número de hileras de grano por unidad de circunferencia o longitud no fueron tan importantes en el porcentaje de desgrane como podría haberse esperado del énfasis que se dió durante algún tiempo a la sección de mazorcas con granos abundantes.

Love y Wentz (19) reportaron en 1917 los resultados de un estudio de correlación de caracteres de mazorcas y rendimiento en la variedad "Thak Ninety Days". Encontraron que la longitud, la relación de los perímetros de la base y del ápice de la mazorca, el perímetro medio, el peso de la mazorca, el peso medio de los granos y la longitud de las semillas no mostraron correlaciones significativas con rendimiento, concluyendo que no es posible usar estos caracteres para la selección de maíz.

Wolfe (37) reportó coeficientes de correlación entre caracteres de mazorca y rendimiento en cuatro tipos de selección: alto y bajo rendimiento mediante el uso de tarjeta de puntuación, muestra al azar y mazorcas de calidad comercial. Las correlaciones del último grupo fueron las más bajas; las correlaciones en los dos primeros grupos fueron muy similares, lo mismo que las correspondientes a la selección de bajo rendimiento y muestras al azar. El autor concluyó que no es posible obtener selecciones de maíz de alto rendimiento con el uso de la tarjeta de puntuación.

Se ha creído que el vigor de la planta está relacionado con la productividad. Ewing (5) hizo estudios extensivos sobre la correlación entre los caracteres que indican vigor de la planta y rendimiento, concluyendo que ningunas de las correlaciones entre los caracteres estudiados fueron suficientemente altas para justificar su uso

como índice de selección. El autor encontró correlación positiva, sin embargo, entre rendimiento y diámetro del tallo, longitud y anchura de las hojas y número de entrenudos.

Olson, Bull y Hayes (24) reportaron en 1918 los resultados de seleccionar por el método de mazorca por hilera por caracteres contrastados en tres variedades de maíz y en tres localidades diferentes. Encontraron que en general las de mazorcas largas, de circunferencia pequeña, más pesadas, con menor porcentaje de desgrane, con ápice bien cubierto de grano, con menor cantidad de olote y de semilla más regulares rindieron ligeramente más que las selecciones de las otras clases.

Posteriormente se usó en los Estados Unidos de Norte América la selección por tarjeta de puntuación de utilidad que en los maíces dentados daba importancia a la longitud y peso de la mazorca, a la indentación ligera y a las mazorcas de menos hileras. Pese a la falta de relación entre los caracteres de la tarjeta de puntuación y rendimiento se aislaron algunas razas de mayor rendimiento con su uso. Estas diferencias en rendimiento pueden haber resultado de la selección practicada o por chance.

Sprague (32) tras revisar resultados alcanzados con la selección en masa concluyó que el método ha sido efectivo para modificar el tipo mazorca y de planta, composición química y madurez; pero ha sido inefectiva en aumentar el rendimiento por acre.

Jenkins (12) y Richey (25) anotan que hay amplia evidencia que esta selección ha sido de gran importancia en mejorar el maíz y adaptarlos a las variadas condiciones en que crece.

Gutiérrez (8) estudió la variabilidad y asociación de caracteres de plantas y mazorcas en la variedad de maíz de polinización libre I-452, usando una muestra al azar de 1805 plantas. Los coeficientes de correlación para varios caracteres de la mazorca y de la planta indicaban que en esta variedad las plantas más precoces, con mayor número de entrenudos, con mazorcas más pesadas, con pedúnculos y mazorcas más largos tendieron a dar más altos rendimientos.

### Selección en Consanguinidad

Macaulay (22) propuso en 1928 mejorar el maíz aplicando los principios genéticos seguidos en la selección de los animales domésticos o sea, mediante endocria moderada. Este autor utilizó parcelas aisladas, provenientes de mazorcas producidas por cruces consanguíneos entre plantas de una misma parcela. Reportó haber modificado la longitud de la mazorca hasta la tercera generación siguiendo este método.

Boeta (2) en 1950, usando argumentos similares a los de Macaulay, propuso la "Selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos" para el mejoramiento del maíz. Sus razonamientos y proposición fueron:

"Si el maíz es planta de polinización cruzada, prácticamente su selección se asemejará a la de las plantas dioicas o a la de los animales domésticos. En estos la línea pura no deja de ser una utopía y, sin embargo, no por eso renunciamos a seleccionarlos.

Pues bien: partiendo de este hecho que la práctica evidencia y que la genética explica suficientemente, creemos que no hay razón alguna para, sin abandonar la selección por autofecundaciones sucesivas con objeto de lograr estirpes puras y obtener posteriormente los híbridos según los métodos clásicos, dejar de mejorar en "consanguinidad" por "cruzamientos dirigidos" los caracteres cuantitativos de las mejores variedades de maíz en cada país y realizar u orientar



esta misma selección en las comarcas en que desde antiguo éstas se vienen cultivando sin selección alguna.

El método en sí, consiste en lo siguiente:

Sembradas unas 200 plantas de la variedad que deseamos mejorar en rendimiento, se encapuchan pendón y mazorca de las 30 ó 40 mejores elegidas en el campo con las características que toda esta clase de selección requiere. A cada planta elegida se coloca una etiqueta en cuyo reverso figurará el sitio señalado para indicar la fecha y el número de la planta madre y de la planta padre que se hibridan.

Como es natural, no con todas las plantas escogidas llegaremos a actuar, ya que algunas de las escogidas previamente habrán sido desechadas por cualquier carácter inaceptable que posteriormente presenten antes de la fecundación. A medida que florezcan las plantas encapuchadas se realizan los cruzamientos recíprocos entre las plantas de forma que la que sirve de padre para una semilla a su vez polinizada su espiga con el polen de aquella. Al realizar estos cruzamientos, únicamente se anota en el reverso de cada etiqueta el día y el número de la planta con que se crusa.

En la recolección se emparejan las espigas de las plantas recíprocamente cruzadas, separando las dos mejores parejas obtenidas, que indudablemente demuestran la bondad en producción de las plantas padre y madre. Hasta aquí el método solo difiere del de "Selección por plantas y espigas" en que se consignan las fechas de los cruzamientos".

Ahora bien: nosotros, al segundo año sembramos en dos parcelas diferentes otras 200 plantas procedentes de cada par de espigas de genotipos similares, realizando la misma operación que el año anterior en cada parcela. La homogeneidad en las dos parcelas, ya bastante acusada, viene aumentada por una mayor uniformidad en el ciclo vegetativo, ya que, como es natural, los límites de fluctuación en la floración y maduración se estrechan.

Escogidas 30 ó 40 plantas en cada una de estas parcelas y realizando la misma operación que en el año anterior, separadamente en cada parcela, obtendremos fácilmente gran número de apareamientos de buenas mazorcas, que indudablemente presentan el homocigotismo que proporciona la consanguinidad de hermanos. Mezcladas las parejas obtenidas más similares en forma, color y precocidad de

las dos parcelas, se obtiene una selección de la variedad innegable en producción, tipo de planta, precocidad y demás caracteres fenotípicos, unido a un aumento de rendimiento que oscilan entre el 20 y el 40% sobre la producción de la variedad no mejorada.

#### Heredabilidad de caracteres en maiz

Fisher (6) dividió la variación en poblaciones segregantes en variación hereditaria y ambiental. La variación hereditaria a su vez fué subdividida en: 1) variación genética aditiva; 2) variación debida a desviaciones del esquema aditivo resultantes de dominancia y 3) variación debida a desviaciones del sistema aditivo resultantes de la interacción de genes no alélicos.

La porción de la variación fenotípica representada por la variación genética aditiva se conoce con el nombre de heredabilidad en el sentido estricto, en tanto que la fracción de la variancia fenotípica total transmitida a las progenes en una población y que es atribuida a diferencias en la herencia entre los individuos, considerando a esta última como la combinación total de genes en cada individuo, se denomina heredabilidad en un sentido amplio.

#### Métodos de estimar heredabilidad

Los métodos de estimar heredabilidad se basan (21) en la mayor semejanza entre individuos de genotipos más estrechamente emparentados. Las semejanzas entre padres e hijos es el método más ampliamente usado, pero es necesario incluir alguna medida de la correlación ambiental.

Las técnicas disponibles para estimar el grado de heredabilidad en las plantas cultivadas han sido agrupadas por Warner (35) en tres

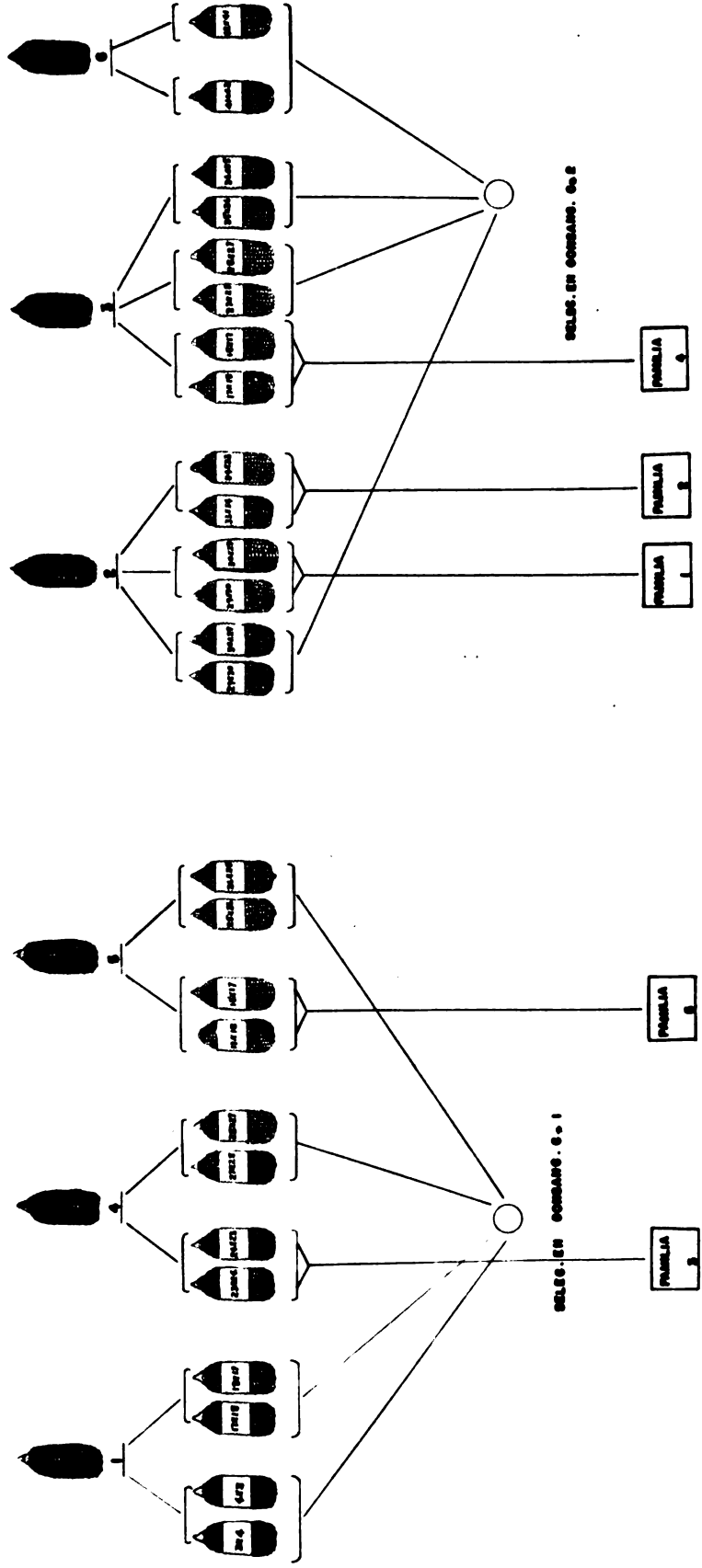
categorías: a) regresión de la descendencia en los padres; b) componentes de variación obtenidas de análisis de la variación; c) aproximación de la variación no hereditaria con la variación genética total.

El fenotipo promedio de los hijos mide directamente los efectos genéticos aditivos de sus padres más una pequeña fracción de las desviaciones epistáticas, más o menos los efectos promedios del ambiente en la descendencia. La regresión del fenotipo de la descendencia en la media parental dá directamente una estimación de heredabilidad en el sentido estrecho más una pequeña estimación de la variación epistática que pueda existir.

Robinson et. al. (28) presentaron en 1949 los resultados de sus investigaciones sobre la heredabilidad de tres cruces simples de maíz. La heredabilidad de altura de la planta y de la mazorca, desarrollo de las tuzas e índice de desarrollo de las tuzas fué comparativamente alta, en tanto que la heredabilidad del número de mazorcas por planta, longitud de la mazorca, diámetro y rendimiento fueron considerablemente más bajos.

Warner (35), estudió la heredabilidad de 10 caracteres en la  $F_2$  del cruce de dos líneas endocriadas de maíz usando la variación de la  $F_2$  y de los retrocruces a ambos progenitores y obtuvo estimaciones muy semejantes a las reportadas por Robinson et. al. (28).

ORIGEN DE LAS SELECCIONES EN CONSANGUINIDAD POR CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS DE LA VARIEDAD I-452



## MATERIALES Y METODOS

### Selecciones en consanguinidad por cruzamientos dirigidos

En un lote de la variedad I-452 sembrado en 1951 se hicieron cruces recíprocos entre plantas de aspecto deseable. Al cosechar se eligieron los seis mejores pares de mazorcas.

En la segunda siembra de 1951 se sembró una parcela con semilla proveniente de cada uno de los pares de mazorcas seleccionadas en la cosecha anterior. Nuevamente se hicieron cruces recíprocos en cada parcela entre plantas deseables y al cosechar se eligieron trece pares de mazorcas.

En 1952 se sembraron dos lotes aislados, cada uno formado de cuatro pares de mazorcas seleccionadas en la cosecha anterior y correspondiente a tres de los pares de mazorcas originales. Estos lotes corresponden, según Boceta, a variedades mejoradas, habiendo sido designadas Selecciones en Consanguinidad 1 y 2.

También en 1952 se sembraron cinco lotes provenientes de un par de mazorcas seleccionadas en la cosecha anterior. En cada lote se hicieron cruces fraternales recíprocos en número variable y el conjunto de las cuales pueden considerarse también como una variedad mejorada por el método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos. El origen de este material se presenta en el gráfico No. 1.

Cuarenta y cinco apareamientos recíprocos, las selecciones en consanguinidad por cruzamientos dirigidos 1, y 2, la variedad original I-452 y una recombinación de linajes no endocriados seleccionados como superiores a ella (cuyo origen se presenta por separado) fueron

comparados con respecto a rendimiento, longitud de mazorca y porcentaje de desgrane en una prueba de campo en Turrialba durante la primera cosecha de 1953. Se usó un diseño de lattice cuadrado semi-balanceado con cuatro repeticiones.

Se usaron parcelas de 8,3612 m<sup>2</sup>, con dos hileras de cinco plantones cada una y 3 plantas por mata. Un ataque de Chrysomelidos, particularmente la especie Diabrotica balteata Lec. pocos días después de la siembra fué controlado eficazmente con dos aplicaciones de Aldrin al 15% en forma de polvo mojable a razón de 20 gramos por galón de agua.

Antes de cosechar se determinó el número de fallas y número de plantas por parcela. Se tomó el peso de campo en kilogramos al cosechar y se determinó la humedad del grano.

Una vez que el maíz hubo alcanzado equilibrio con la humedad ambiente se midió en cms. la longitud de mazorcas del total de cada parcela y se determinó la longitud media; también se determinó el porcentaje de desgrane.

Recombinación de linajes no endocriados seleccionados como superiores en la variedad I-452

Veinticuatro progenies obtenidas por el método de mazorca por hilera y veintiuna por selección en masa con control biparental, derivadas de la variedad I-452, fueron comparadas con respecto a rendimiento en 1952. Se usó un diseño de láttice simple 7 x 7 con cuatro repeticiones, habiéndose incluido en la prueba selecciones masales de las variedades I-451 e I-452 y la variedad original I-452 no seleccionada.

La eficiencia del láttice simple relativa a bloques completos al azar en el análisis de los resultados de rendimiento fué únicamente de 2,38%, razón por la cual se descartó el análisis de láttice. Los rendimientos medios en lbs. por parcela se presentan en forma de arreglo en la Tabla No. 1, y el correspondiente análisis de variación en la Tabla No. 2.

Las variedades incluídas en esta prueba defirieron en rendimiento en forma altamente significativa. El error estandard de la diferencia entre dos medias cualesquiera fué de 2,12 libras.

Las progenies de mazorca por hilera ETR 4, 7, 46, 50, 61 y las selecciones masales con control biparental BPC 10, 33, 52, y 57 incluídas en esta prueba fueron elegidas para formar la recombinación de linajes no endocriados. El rendimiento medio de los linajes seleccionados fué de 17,36 lbs. por parcela, que excede el rendimiento medio de la variedad original (12.7 lbs. por parcela) por 2 veces el error estandard de la diferencia.

En la segunda siembra de 1952 se obtuvo un total de 191 mazorcas

correspondientes a los 45 cruces simples entre los 10 linajes no endocriados seleccionados. El número de mazorcas por cruce varió entre 1 y 11.

La recombinación de linajes no endocriados incluida en la prueba sobre la eficiencia relativa de la sección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos se obtuvo mezclando la semilla de los cruces producidos entre los linajes no endocriados seleccionados.

Tabla No. 1 Rendimientos medios de campo en la prueba de rendimiento de la recombinación de linajes no endocriados de la variedad I-452.

Pedigree	Rend. de campo en lbs./parcela	Pedigree	Rend. de campo en lbs./parcela
ETR 46	19,10	I-451	14,63
BPC 52	17,90	ETR 41	14,60
BPC 33	17,78	BPC 27	14,48
BPC 10	17,78	ETR 59	14,03
ETR 4	17,65	ETR 20	14,85
ETR 7	17,30	BPC 35	14,03
ETR 61	16,83	ETR 55	13,80
BPC 57	16,80	BPC 6	13,55
ETR 50	16,23	BPC 21	13,88
ETR 47	16,20	BPC 50	13,40
ETR 9	17,95	ETR 42	12,93
ETR 17	17,35	BPC 34	13,08
ETR 2	16,25	ETR 24	14,00
S.M. I-451	16,18	ETR 41	12,68
BPC 18	16,00	BPC 46	12,98
S.M. I-452	15,95	I-452	12,70
BPC 14	12,45	ETR 38	12,45
ETR 2	16,25	BPC 37	12,05
ETR 54	14,85	ETR 37	12,05
BPC 31	17,78	ETR 25	12,20
BPC 5	15,00	ETR 60	11,30
BPC 57	14,75	ETR 35	10,90
BPC 33	14,80	ETR 30	10,43
BPC 55	14,90	BPC 30	10,30
ETR 67	14,53		



Tabla No. 2 Análisis de variación de los rendimientos de campo de los linajes no endocriados seleccionados de la variedad I-452.

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F
Repeticiones	3	301,55	100,51	11,13 **
Variedades	48	888,54	18,51	2,05 **
Error	<u>144</u>	<u>1.300,86</u>	9,03	
Total	195	2.490,95		

\*\* Excede el nivel de significación del 1%

$$S_b = \pm 2.12$$

## RESULTADOS

Los resultados del método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos y la estimación de la heredabilidad de los caracteres estudiados presentan separadamente. En cada caso se discuten individualmente los resultados correspondientes a los tres caracteres considerados.

### Eficiencia del método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos

El número de plantas por parcela, el rendimiento medio de grano en Kgs/ha a 15,5% de humedad, la longitud media de la mazorca y el porcentaje de desgrane de cada una de las entradas comparadas en 1953 se presentan en la Tabla No. 3.

### Rendimiento

En general los rendimientos obtenidos en esta prueba fueron bajos, quizás como resultado de haber sembrado el experimento tardíamente. Sin embargo, esto no afecta en forma alguna los resultados alcanzados o las inferencias hechas con base en el experimento.

El análisis de variación de los rendimientos de campo se presenta en la Tabla No. 4. El análisis de láttice cuadrado semibalancedo de los rendimientos de campo fué abandonado por un análisis de bloques completos al azar, pues la ganancia en eficiencia obtenida con el empleo de aquel diseño fué solo de 5%.

Las diferencias en rendimiento entre repeticiones y variedades fueron altamente significativas.

La suma de cuadrados y grados de libertad correspondiente a variedades se subdividieron en comparaciones independientes, presentadas en la Tabla de Análisis de Variación y se corrieron las correspondientes pruebas de significación.

Tabla No. 3 Número de plantas por parcela, rendimiento medio de grano en Kgs/ha, longitud media de la mazorca y porcentaje de desgrane de las variedades comparadas en 1953.

Pedigree	No. plantas por parcela	Rendimiento de grano/en Kgs/ha	Longitud media de mazorca	Porcentaje de desgrane
11 x 18	108	1.300, 14	18, 20	10, 10
11 x 15	110	1.350, 15	18, 22	10, 10
11 x 12	108	1.400, 16	18, 24	10, 10
11 x 9	110	1.450, 17	18, 26	10, 10
11 x 6	110	1.500, 18	18, 28	10, 10
11 x 3	110	1.550, 19	18, 30	10, 10
11 x 0	110	1.600, 20	18, 32	10, 10
11 x 18	108	1.650, 21	18, 34	10, 10
11 x 15	110	1.700, 22	18, 36	10, 10
11 x 12	110	1.750, 23	18, 38	10, 10
11 x 9	110	1.800, 24	18, 40	10, 10
11 x 6	110	1.850, 25	18, 42	10, 10
11 x 3	110	1.900, 26	18, 44	10, 10
11 x 0	110	1.950, 27	18, 46	10, 10
11 x 18	108	2.000, 28	18, 48	10, 10
11 x 15	110	2.050, 29	18, 50	10, 10
11 x 12	110	2.100, 30	18, 52	10, 10
11 x 9	110	2.150, 31	18, 54	10, 10
11 x 6	110	2.200, 32	18, 56	10, 10
11 x 3	110	2.250, 33	18, 58	10, 10
11 x 0	110	2.300, 34	18, 60	10, 10
11 x 18	108	2.350, 35	18, 62	10, 10
11 x 15	110	2.400, 36	18, 64	10, 10
11 x 12	110	2.450, 37	18, 66	10, 10
11 x 9	110	2.500, 38	18, 68	10, 10
11 x 6	110	2.550, 39	18, 70	10, 10
11 x 3	110	2.600, 40	18, 72	10, 10
11 x 0	110	2.650, 41	18, 74	10, 10
11 x 18	108	2.700, 42	18, 76	10, 10
11 x 15	110	2.750, 43	18, 78	10, 10
11 x 12	110	2.800, 44	18, 80	10, 10
11 x 9	110	2.850, 45	18, 82	10, 10
11 x 6	110	2.900, 46	18, 84	10, 10
11 x 3	110	2.950, 47	18, 86	10, 10
11 x 0	110	3.000, 48	18, 88	10, 10
11 x 18	108	3.050, 49	18, 90	10, 10
11 x 15	110	3.100, 50	18, 92	10, 10
11 x 12	110	3.150, 51	18, 94	10, 10
11 x 9	110	3.200, 52	18, 96	10, 10
11 x 6	110	3.250, 53	18, 98	10, 10
11 x 3	110	3.300, 54	18, 100	10, 10
11 x 0	110	3.350, 55	18, 102	10, 10
11 x 18	108	3.400, 56	18, 104	10, 10
11 x 15	110	3.450, 57	18, 106	10, 10
11 x 12	110	3.500, 58	18, 108	10, 10
11 x 9	110	3.550, 59	18, 110	10, 10
11 x 6	110	3.600, 60	18, 112	10, 10
11 x 3	110	3.650, 61	18, 114	10, 10
11 x 0	110	3.700, 62	18, 116	10, 10
11 x 18	108	3.750, 63	18, 118	10, 10
11 x 15	110	3.800, 64	18, 120	10, 10
11 x 12	110	3.850, 65	18, 122	10, 10
11 x 9	110	3.900, 66	18, 124	10, 10
11 x 6	110	3.950, 67	18, 126	10, 10
11 x 3	110	4.000, 68	18, 128	10, 10
11 x 0	110	4.050, 69	18, 130	10, 10
11 x 18	108	4.100, 70	18, 132	10, 10
11 x 15	110	4.150, 71	18, 134	10, 10
11 x 12	110	4.200, 72	18, 136	10, 10
11 x 9	110	4.250, 73	18, 138	10, 10
11 x 6	110	4.300, 74	18, 140	10, 10
11 x 3	110	4.350, 75	18, 142	10, 10
11 x 0	110	4.400, 76	18, 144	10, 10

Tabla No. 4 Análisis de variación de los rendimientos de campo en la prueba sobre eficiencia del método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos.

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F
Repeticiones	3	1,37	0,456	6,57
Variedades	48			
Var. orig. y Recomb.l. no. e.vs. Sel. C.C.D.	1	5,65	5,65	80,71**
Entre Sel. C.C.D.	2	2,52	1,26	18,00**
Var. orig. vs. Recomb.	1	0,004	0,004	0,05
Entre Familias	4	1,91	0,477	6,82**
Dentro de Familia 1	8	2,57	0,32	4,37**
Dentro de Familia 2	9	2,17	0,24	3,42**
Dentro de Familia 3	6	2,59	0,43	6,14**
Dentro de Familia 4	9	1,03	0,11	1,57
Dentro de Familia 5	8	4,67	0,58	8,28**
Error	<u>144</u>	<u>9,89</u>	0,07	
Total	195	34,38		

\*\* Excede al nivel de significación del 1%

El rendimiento medio de las tres selecciones en consanguinidad por cruzamientos dirigidos fué de 3.31 Kgs por parcela, en tanto que la recombinación de linajes no endocriados y la variedad original rindieron 6.75 y 6.92 Kgs. respectivamente por parcela. La prueba de significación de la diferencia es altamente significativa.

La aplicación del método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos a la variedad I-452 resultó en una disminución de su rendimiento. Este es un resultado enteramente opuesto al perseguido y es debido a la endocria inherente al método, como se discutirá más adelante.

El rendimiento de la variedad original fué semejante al de la recombinación de linajes no endocriados. Este resultado fué inesperado

ya que la última se originó de la recombinación de linajes que rindieron significativamente más que la variedad original.

Las diferencias entre los rendimientos medios de las tres variedades obtenidas por el método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos fueron altamente significativas. Igualmente las diferencias entre los rendimientos medios de las familias obtenidas por selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos y los apareamientos recíprocos dentro de las familias con excepción de la familia 4, difirieron en rendimiento en forma altamente significativa.

Toda vez que un análisis de variación demostró que las variedades incluídas en esta prueba diferían en forma altamente significativa con respecto al número de plantas por parcela, se usó un análisis de covariación de rendimiento en número de plantas por parcela. El análisis de variación del número de plantas por parcela se presenta en la Tabla No. 5 y el análisis de covariación de rendimiento en número de plantas por parcela en la Tabla No. 5.

Tabla No. 5 Análisis de variación del número de plantas por parcelas en el ensayo sobre eficiencia de la selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos.

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F
Repeticiones	3	162,10		
Variedades	48	3.603,46	75,07	6,47**
Error	<u>144</u>	<u>1.645,15</u>	11,42	
Total	195	5.410,71		

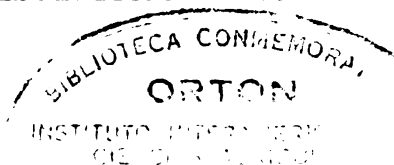


Tabla No. 6 Análisis de covariación de rendimientos en número de plantas por parcela en la prueba de la eficiencia de la selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos.

Fuente	g.l.	S.C.A.	C.M.	F
Repeticiones	3	0,68	0,23	4,60
Variedades	48			
Var. orig. y Recomb.l. no. e. vs. Sel. C.C.D.	1	2,78	2,78	51,48 **
Entre Sel. C.C.D.	2	1,44	0,72	13,33 **
Var. orig. vs. Recomb.	1	0,04	0,04	0,74
Entre Familias	4	1,26	0,315	5,83 **
Dentro de Familia 1	8	1,30	0,163	3,02 **
Dentro de Familia 2	9	1,47	0,163	3,02 **
Dentro de Familia 3	6	1,58	0,263	4,87 **
Dentro de Familia 4	9	0,96	0,107	1,98 *
Dentro de Familia 5	8	2,22	0,278	5,15 **
Error	<u>143</u>	<u>7,69</u>	0,054	
Total	194	21,42		

\*\* Excede al nivel de significación del 1%  
\* Excede al nivel de significación del 5%

El análisis de covariación revela que las diferencias en rendimientos en todas las combinaciones fueron independientes del número de plantas por parcela. El único cambio introducido por el análisis de covariación ocurrió dentro de la familia 4 en la que las diferencias alcanzaron significación al nivel del 5%. Los resultados generales demuestran que las progenies de los pares de mazorcas dentro de las cinco familias estudiadas presentaron la misma tendencia a diferir significativamente en rendimiento.

#### Longitud de la mazorca

En la Tabla No. 7 se presenta el análisis de variación de la longitud de la mazorca con la subdivisión pertinente de los grados de

libertad y la suma de cuadrados para variedades y las correspondientes pruebas de significación.

Tabla No. 7 Análisis de variación de la longitud de la mazorca en la prueba de eficiencia del método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos.

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F
Repeticiones	3	5,79	1,93	3,78**
Variedades	48			
Var. orig. y Recomb. l. no. e. vs. Sel. C.C.D.	1	5,46	5,46	10,70**
Sels. C.C.D. 1 y 2 vs. Familias	1	12,91	12,91	25,31**
Sel. C.C.D.1 vs. Sel. C.C.D.2	1	0,09	0,09	0,18
Var. orig. vs. Recomb. Entre Familias	1	1,45	1,45	2,84
Dentro de Familia 1	4	56,81	14,20	27,84**
Dentro de Familia 2	8	17,57	2,19	4,29**
Dentro de Familia 3	9	16,76	1,86	3,65**
Dentro de Familia 4	6	13,87	2,31	4,53**
Dentro de Familia 5	9	13,91	1,55	3,04**
Error	8	13,89	1,74	3,41**
	<u>144</u>	<u>73,75</u>	0,51	
Total	195	232,26		

\*\* Excede el nivel de significación del 1%

La longitud de la mazorca en la variedad original y la recombinación de linajes no endocriados fué significativamente superior a la longitud promedio de las variedades obtenidas por el método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos. Como en el caso del rendimiento, el método fué ineficiente para incrementar este carácter. La disminución en longitud de la mazorca es también la endocrifa inherente al método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos.



Las longitudes medias de las mazorcas en las selecciones en consanguinidad por cruzamientos dirigidos 1 y 2 fueron de 13,77 y 13,57 cms. significativamente mayores a la longitud media de mazorca de 12,37 cms. correspondiente a la selección en consanguinidad de apareamientos recíprocos representada por la media de las cinco familias.

La variación en longitud de mazorca entre familias y dentro de familias fué también altamente significativa.

### Porcentajes de desgrane

El análisis de variación de los porcentajes de desgrane de las 49 variedades incluídas en la prueba se presenta en la Tabal No. 8. Las comparaciones independientes correspondientes a tratamientos son las mismas usadas en el análisis de variación de los datos de rendimiento.

Tabla No. 8 Análisis de variación del porcentaje de desgrane en el ensayo sobre la eficiencia de la selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos.

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F
Repeticiones	3	175,79	58,59	1,48*
Variedades	48			
Var. orig. y Recomb.1 no. e. vs. Sel. C.C.D.	1	194,66	194,66	4,91*
Entre Sel. C.C.D.	2	104,94	52,47	1,32
Var. orig. vs. Recomb.	1	8,35	8,35	0,21
Entre Familias	4	1.083,80	270,95	6,84**
Dentro de Familias 1	8	591,14	73,89	1,86
Dentro de Familia 2	9	724,83	80,54	2,03*
Dentro de Familia 3	6	316,90	52,82	1,33
Dentro de Familia 4	9	378,02	42,00	1,06
Dentro de Familia 5	8	1.369,75	171,22	4,32**
Error	<u>144</u>	<u>5.705,92</u>	39,62	
Total	195	10.654,13		

\*\* Excede al nivel de significación del 1%  
\* Excede al nivel de significación del 5%

Los porcentajes de desgrane de la variedad original y de la recombinación de linajes no endocriados fueron de 73,14 y 71,10% respectivamente; no difieren entre sí, pero en cambio son significativamente superiores a los porcentajes de desgrane del conjunto de las variedades producidas por selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos que tuvo un valor de 67,07%. Como en el caso de los dos caracteres ya discutidos, la selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos resultó en una disminución del porcentaje de desgrane debida a la endocria provocada por el método de selección. No se encontró diferencias significativas entre las tres selecciones obtenidas por este método, indicando que la disminución en el porcentaje de desgrane fué uniforme en todas ellas.

Las diferencias para por ciento de desgrane entre familias fueron altamente significativas y posiblemente resulten de segregación para los componentes de este carácter. Únicamente las progenies que componen las familias 2 y 5 difirieron significativamente al nivel del 5% la primera y al del 1% la segunda con respecto a porcentajes de desgrane.

#### Heredabilidad de Caracteres

El progreso alcanzado por selección depende de la diferencia de su valor medio en la fracción seleccionada y la población original (diferencial de selección) y la heredabilidad. El progreso puede ser escaso debido a valores bajos del diferencial de selección, de la heredabilidad o de ambos. Los factores que contribuyen a producir valores del diferencial de selección o de la heredabilidad son varios y

no serán considerados aquí. La heredabilidad de un carácter puede, por tanto, considerarse como un índice del progreso que es posible esperar por selección.

Las medias parentales y los correspondientes valores de sus progenies usados para estimar la heredabilidad de rendimiento, longitud de mazorca y porcentaje de desgrane por regresión de progenie en la media parental se presenta en la Tabla No. 9.

### Rendimiento

La heredabilidad de rendimiento de cada una de las 5 familias obtenidas por selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos y su conjunto igualmente que los correspondientes valores de F, se presentan en la Tabla No. 10.

Tabla No. 10 Heredabilidades de rendimiento y sus pruebas de significación en la selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos de apareamientos recíprocos.

Fuente	g.l.	Heredabilidad	F
Total	39	0,00289	0,1804
Familia 1	7	-0,01336	P,3949
Familia 2	8	0,01166	0,7686
Familia 3	5	-0,02540	1,8650
Familia 4	8	0,01209	3,1242
Familia 5	7	0,00976	0,0806

Ninguna de las estimaciones de la heredabilidad de rendimiento difirió de cero. La tendencia uniforme de las heredabilidades en las familias consideradas es evidenciada por el análisis de regresión presentado en la Tabla No. 11 en que la prueba de F indica que las variaciones entre familia pueden atribuirse a chance.

Tabla No. 9 Medias parentales y de las progenies en los caracteres sujetos al estudio de heredabilidad.

Pedigree	Prendimientos		Longitud de mazorcas		Porcentaje de desgrane	
	Media parental Progenie	Media parental Progenie	Media parental Progenie	Media parental Progenie	Media parental Progenie	Media parental Progenie
1-9 x 10	113.2	2.92	18.25	11.55	68.71	66.40
1 x 30	117.82	3.41	18.00	15.81	69.02	67.53
1 x 38	125.40	1.02	18.00	15.51	62.23	69.81
1 x 50	153.62	5.51	17.00	11.52	67.25	64.53
1 x 18	121.00	5.52	19.20	13.35	65.13	68.62
1 x 12	109.00	5.62	17.00	15.41	67.03	67.11
1 x 15	151.70	6.52	17.20	13.40	66.16	62.07
2	139.72	4.53	50.20	15.18	67.11	64.04
3	131.52	4.44	18.20	13.70	62.58	63.03
4	148.12	4.62	18.00	15.82	69.23	67.12
1 x 48	101.32	4.51	51.00	15.01	62.01	65.23
1 x 45	129.80	5.23	18.20	15.65	69.07	69.07
1 x 38	82.82	3.52	12.20	12.22	62.07	42.40
1 x 51	102.00	5.80	18.20	15.62	68.68	47.13
1 x 59	130.52	5.34	17.00	13.42	63.51	61.42
1 x 18	142.52	5.62	16.20	11.42	67.03	65.36
1 x 19	135.62	6.00	18.00	15.65	62.23	63.36
1 x 11	132.00	3.47	18.20	15.75	65.07	63.10
1 x 10	102.52	5.00	18.00	13.00	67.62	67.00
1 x 10	102.52	5.00	18.00	13.00	67.62	67.00
1 x 10	102.52	5.00	18.00	13.00	67.62	67.00
1 x 10	102.52	5.00	18.00	13.00	67.62	67.00

Tabla No. 11 Análisis de variación de las estimaciones de heredabilidad de rendimiento en cinco familias obtenidas por el método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos.

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F
Entre Familias	4	7,30	1,83	1,37
Dentro de Familias	<u>39</u>	<u>51,88</u>	1,33	
Total	43	59,18		

La ineficiencia del método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos en aumentar el rendimiento de la variedad I-452 resulta de la falta de heredabilidad de este carácter en plantas individuales escogidas visualmente.

Las diferencias en rendimiento de los pares de mazorca seleccionados por el método bajo estudio fueron el resultado de efectos no heredables y por tanto no fijables por selección.

#### Longitud de la mazorca

En la selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos la longitud de la mazorca es uno de los caracteres determinantes para la selección de los pares de mazorcas progenitoras. La heredabilidad de este carácter puede servir como un índice del progreso que se puede esperar en su selección.

Se estimó la heredabilidad de la longitud de la mazorca para el conjunto de las familias y en cada una de ellas individualmente. Los valores de los coeficientes de heredabilidad conjuntamente con los valores de F obtenidos en la prueba de significación se presentan en la Tabla No. 12.

Tabla No. 12 Heredabilidad de longitud de la mazorca y su prueba de significación

Fuente	g.l.	Heredabilidades	F
Total	39	0,0648	0,5640
Familia 1	7	0,1546	1,8705
Familia 2	8	0,2095	2,3043
Familia 3	5	-0,0275	0,0158
Familia 4	8	-0,0503	0,2708
Familia 5	7	0,0602	0,0806

Ninguna de las heredabilidades difirió de cero explicando la falta de progreso en la modificación de este carácter por selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos.

En la Tabla No. 13 se presenta el análisis de variación de las estimaciones de heredabilidad en las diferentes familias. La prueba de F indica que las heredabilidades muestran la misma tendencia en las cinco familias usadas en el presente estudio y que las desviaciones observadas son simplemente el producto de variación al azar.

Tabla No. 13 Análisis de variación de la regresión de longitud de la mazorca de las progenies sobre la media parental en estudio de heredabilidad de longitud de la mazorca.

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F
Entre Familias	4	4,0162	1,0040	2,12
Dentro de Familias	39	<u>18,4856</u>	0,4739	
Total		22,5018		

Porcentaje de desgrane

Las estimaciones de heredabilidad de porcentaje de desgrane para cada una de las familias y su conjunto y los valores de F correspondientes a su prueba de significación se presentan en la Tabla No. 14.

La estimación de heredabilidad obtenida en cuatro de las cinco familias y su conjunto no difirieron estadísticamente de cero, conforme lo revelan los valores de F. Aún cuando la estimación de heredabilidad de porcentaje de desgrane en la familia 4 fué apreciable y altamente significativa, su importancia desaparece por completo al considerarlo en relación a las familias restantes. La tendencia prevaliente en las familias fué a heredabilidades nulas, según lo indica el análisis de regresión presentado en la Tabla No. 15. Estas estimaciones de valor nulo explican la falta de progreso en porcentaje de desgrane mediante el método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos.

Tabla No. 14. Heredabilidades de porcentaje de desgrane y su prueba de significación

Fuente	g.l.	Heredabilidades	F
Total	39	0,06316	0,3730
Familia 1	7	0,0401	0,0712
Familia 2	8	0,1470	0,4251
Familia 3	5	-0,1746	0,6980
Familia 4	8	0,6326	13,4220**
Familia 5	7	-0,0542	0,0116

\*\* Excede el nivel de Probabilidad del 1%.

Tabla No. 15 Análisis de variación de la regresión de porcentaje desgrane de las progenies sobre la media parental en estudio de heredabilidad de porcentaje de desgrane.

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F
Entre Familias	4	82,6961	20,6740	0,9632
Dentro de Familias	<u>39</u>	<u>837,08998</u>	21,4638	
Total	43	919,7859		

Prueba de cruces de líneas A<sub>1</sub> por variedades

En el mismo campo y la misma cosecha, en que se corrió la prueba de rendimiento del material obtenido por selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos se incluyó una prueba de rendimiento de cruces de líneas A<sub>1</sub> por variedad. Las líneas fueron derivadas de la variedad I-451, de idéntico origen que la variedad I-452 y de comportamiento semejante a esta última variedad corroborando en pruebas corridas durante varios años y estaciones. Las dos pruebas no fueron sembradas en la misma fecha pero esta circunstancia se ha obviado expresando los rendimientos de los cruces de líneas por variedad como porcentaje de la variedad original.

Cuarenta y ocho cruces de líneas A<sub>1</sub> por variedad y la variedad original fueron probados en un diseño de láttice cuadrado balanceado 7 x 7 con ocho repeticiones. Las parcelas consistieron de dos hileras de cinco plántones especiados 0,91 y tres matas por plantón (8,36 m<sup>2</sup>). La eficiencia del láttice cuadrado balanceado fué 73% mayor que la de bloques completos al azar. Los rendimientos de las variedades incluidas en este ensayo, ajustadas por efectos de hileras y columnas, se presentan en forma de arreglo en la Tabla No. 16 y el análisis de variación de rendimientos de campo en la Tabla No. 17.



Tabla No. 16 Rendimientos en lbs. por parcela para efecto de bloques de cruces en línea A<sub>1</sub> por variedad.

Línea	Rendimiento ajustado lbs. por parcela	Línea	Rendimiento ajustado lbs, por parcela
281-1040	62,5	281-1023	24,8
281-1069	60,7	281-1096	34,5
281-1008	51,8	281-1015	34,3
281-1085	50,6	281-1090	34,2
281-1042	50,5	281-1014	34,0
281-1017	47,6	281-1102	33,9
281-1053	46,8	281-1080	33,5
281-1050	46,6	281-1009	32,9
281-1057	45,5	281-1101	32,9
281-1100	44,6	281-1004	32,4
281-1076	43,4	281-1026	31,2
281-1070	43,0	281-1086	30,5
281-1088	41,1	281-1040	29,3
281-1022	41,1	281-1060	29,3
I-451	40,9	281-1092	29,1
281-1079	40,6	281-1010	28,9
281-1012	38,8	281-1071	28,6
281-1002	38,3	281-1055	28,5
281-1030	38,0	281-1065	28,0
281-1097	37,0	281-1090	27,7
281-1018	36,7	281-1075	18,1
281-1030	36,4	281-1054	17,8
281-1011	36,3	281-1098	17,5
281-1033	36,1	281-1094	15,7
281-1020	35,5		

Tabla No. 17 Análisis de variación de rendimiento de campo en prueba de cruces de líneas A<sub>1</sub> por variedad.

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F aprox.
Repeticiones	7	783,47	111,19	
Hileras aj. para variedades	48	332,74	6,9	
Hileras aj. para variedades y columnas	48	334,68	7,0	
Variedades ignorando hileras y columnas	48	659,46	13,7	1,52**
Error	<u>240</u>	<u>533,50</u>	2,2	
Total	391	2.625,24		

\*\* Excede al nivel de significación del 1%

Se encontró que las variedades difirieron con respecto a rendimientos en forma altamente significativa. De este material es posible escoger 12 líneas (1040, 1069, 1085, 1008, 1057, 1042, 1017, 1050, 1053, 1076, 1100 y 1070) que en cruces línea-variedad excedieron el rendimiento de la variedad original por dos o mas veces el error estándar para todas las comparaciones. El rendimiento medio de estas líneas en cruces por variedad fué de 20.94% mayor que la variedad original. Estos resultados contrastan notablemente con la reducción del rendimiento producida por el uso de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos y al mismo tiempo demuestran que es posible obtener apreciables progresos en rendimiento mediante el uso de pruebas adecuadas para identificar líneas de superior habilidad combinatoria en maíz.

## DISCUSION

La selección es un resultado de ratas diferenciales acumulativas de reproducción entre los individuos de una población. La efectividad de la selección depende de la diferencia entre el valor medio de los caracteres bajo selección en los individuos escogidos como proge-nitores y su valor promedio en la población de que proceden (diferen-cial de selección) y de la heredabilidad de los mismos caracteres.

La selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos es un método de selección visual. Los caracteres que determinan la se-lección visual de una mazorca son indudablemente su peso, longitud y porcentaje de desgrane o sea los caracteres estudiados en este tra-bajo. Gutiérrez (8) encontró que en la variedad I-452 usada en este trabajo los caracteres antes citados estaban correlacionados con ren-dimientos en forma altamente significativa.

La selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos fué ineficiente para aumentar el rendimiento, la longitud de la mazorca y el porcentaje de desgrane de la variedad I-452. La heredabilidad de estos caracteres no difirió de cero y de ahí la ausencia de pro-greso en la selección por rendimiento al usar el método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos. Estos resultados con-cuerdan con los de numerosos investigadores (1, 4, 7, 9, 11, 15, 19, 23, 24, 26, 32, 37) que demostraron que la selección de plantas indi-viduales de maíz por sus caracteres de planta y mazorca no resulta en mejoramiento acumulativo del rendimiento o caracteres de herencia cuantitativa como longitud de mazorca y porcentaje de desgrane.

La endocria produce un aumento de la homocigosidad y, entre otros resultados, conduce a una diferenciación de familias. En maíz, el aumento de la homocigosidad acarrea una disminución del vigor y una correspondiente reducción en el valor medio de los caracteres de planta y mazorca. En las selecciones en consanguinidad por cruzamientos dirigidos 1 y 2 el coeficiente de endocria, calculado con el uso de la fórmula  $1/2N$  propuesta por Wright (21), fué 0,101, en tanto que en el conjunto de las cinco familias usadas para estimar la heredabilidad de caracteres alcanzó un valor de 0,382. La endocria del material obtenido por selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos explica no solo las reducciones en rendimiento, longitud de la mazorca y porcentaje de desgrane sino también las diferencias altamente significativas obtenidas en el valor de esos caracteres entre y dentro de las familias incluidas en el estudio. La mayor endocria del conjunto de las cinco familias puede explicar también la mayor reducción en el valor de sus caracteres en relación a las selecciones en consanguinidad por cruzamientos 1 y 2. Los resultados anotados fueron anticipados al iniciar el estudio.

Cabe anotar aquí que en el mejoramiento de maíz la endocria se practica por tratarse de una planta anual y de polinización cruzada y su único objetivo es aislar y mantener genotipos deseables.

En contraste notable con los resultados obtenidos en este estudio, Boceta (2) ha reportado haber obtenido aumentos de rendimientos que oscilan entre el 20 y 40% sobre la variedad no mejorada con el uso de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos. No es posible discutir estos resultados en detalle, toda vez que Boceta no

ha presentado datos que respalden su afirmación. Es también posible que ese autor usara variedades no adaptadas a las condiciones en que efectuó su trabajo y que el progreso reportado no refleje eficiencia del método propuesto por él sino, simplemente el resultado de selección natural. La ventaja adicional de utilizar cruzamientos de variedades obtenidas por selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos en el mejoramiento del rendimiento de maíz adelantada por Boceta al proponer su método no es exclusiva de éste. Es además, posible anticipar que los incrementos en rendimientos obtenidos al cruzar variedades obtenidas por selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos sean considerablemente menores a los esperados del cruce simple, triple o doble de linajes endocriados valorados con respecto a su habilidad combinatoria.

En este estudio la recombinación de linajes no endocriados y la variedad original no difirieron en rendimiento. Este resultado fué inesperado toda vez que los linajes usados para obtener la recombinación excedieron el rendimiento de la variedad original por dos veces el error estandard de la diferencia entre dos medias en una prueba diseñada conforme a normas estadísticas. No es posible precisar la razón de este resultado; sin embargo, pudiera deberse a una interacción de linajes por estación o chance al seleccionar los linajes incluidos en la recombinación.

El progreso en la selección por rendimiento en las pruebas de cruces de líneas  $A_1$  por variedad fué evidente y demostrativo de la positiva ventaja de los métodos de selección a base de pruebas de habilidad combinatoria. Jenkins (13) y Sprague (30) propusieron el uso de

pruebas de cruces línea-variedad en las primeras generaciones de la endocria y presentaron datos que demuestran la eficiencia de este método de selección. Resultados similares fueron reportados por Lonquist (16, 17 y 18) quien aisló líneas de alta habilidad combinatoria para recombinarlas en variedades sintéticas de producción superior a la variedad original y como fuente de material para practicar selección recurrente.

Las ventajas de las pruebas de habilidad combinatoria durante la endocria para obtener líneas de superior habilidad combinatoria han hecho que su uso se generalice en el mejoramiento de maíz con respecto a rendimiento,

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un experimento para determinar la eficiencia relativa del método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos para mejorar el rendimiento en la variedad de maíz I-452 adaptada a la región de Turrialba.

Se estudió el efecto de la selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos sobre el rendimiento, porcentaje de desgrane y longitud de la mazorca de tres variedades derivadas por este método. En una de las variedades derivadas por selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos se estimó la heredabilidad de los tres caracteres mencionados por regresión de la descendencia en la media parental. Se presenta y discute los resultados de una prueba de cruces de líneas A<sub>1</sub> por variedad, contrastando sus resultados con los alcanzados por el método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos.

Los resultados y conclusiones de este trabajo pueden resumirse en la forma siguiente:

1. La selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos fué ineficiente para incrementar el rendimiento, la longitud de la mazorca y el porcentaje del desgrane en la variedad I-452.
2. La aplicación del método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos resultó en una disminución significativa del rendimiento, la longitud de la mazorca y el porcentaje de desgrane en la variedad usada para el estudio. Esta condición se atribuyó a la endocria inherente al método.

3. El porcentaje de endocria estimada en las selecciones en consanguinidad por cruzamientos dirigidos 1 y 2, fué de 0.191 y de 0.382 para la selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos restante.
4. Una recombinación de 10 linajes no endocriados derivados de la variedad I-452 y seleccionados como superiores a ella en rendimiento no difirió de la variedad original en producción.
5. La heredabilidad de rendimiento, longitud de mazorca y porcentaje de desgrane en el conjunto de las familias usadas no difirió de cero. En cada una de las familias, las estimaciones de heredabilidad de los caracteres mencionados fué también cero, con una excepción en el caso de porcentaje de desgrane.
6. Análisis de variación de las estimaciones de heredabilidad de los caracteres estudiados revelaron tendencias uniformes en todas las familias.
7. Contrastando con la ineficiencia del método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos, una prueba de 48 cruces de líneas  $A_1$  por variedad, bajo condiciones comparables permitió aislar 12 líneas con un rendimiento promedio 20.94% mayor que la variedad de la cual fueron derivadas.
8. El método de selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos no puede ser recomendado para el mejoramiento del rendimiento de variedades adaptadas a las condiciones de crecimiento de una región.



### SUMMARY AND CONCLUSIONS

The relative efficiency of the method of "selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos" to improve the yield of corn was determined using the variety I-452 which is well adapted to the conditions of Turrialba. The procedure followed by the method of "selección en consanguinidad en cruzamientos dirigidos" is: 1) To make reciprocal crosses among plants of a variety selected for their general desirability, selecting at harvest time the best two pairs of reciprocal crosses selected, 2) To make reciprocal crosses among plants of a variety selected for their general desirability, selecting at harvest time, and 3) Composite the best pairs of reciprocal crosses obtained in step 2 to obtain the improved variety. The proponent, of this method claims to have obtained considerable increases in yield in varieties subjected to the method of "selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos".

A study was made of the effect of the "selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos" method on yielding ability, shelling percentage and ear length of three varieties obtained by this method. Heritability of these character was estimated by regression of offspring on mid-parent in one of the varieties derived by the method under study. Results of a topcross test of  $A_1$  lines from the variety I-451 are reported and discussed, contrasting these results with those found through the method of "selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos".

The results and conclusions of this work may be summarized as follows:

1. The method of "selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos" was inefficient to increase yield, ear-length and shelling percentage of the I-452 corn variety.
2. The use of the method of "selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos" resulted in highly significant reductions in yield, ear-length and shelling percentage. This result is attributed to the inbreeding which is inherent to the method.
3. The inbreeding coefficient for two of the "selecciones en consanguinidad por cruzamientos dirigidos" was estimated to be 0,191 and 0,382 for the five families that made up another "selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos".
4. A recombination of 10 non-inbred progenies from the variety I-452 selected as significantly to it in a previous test, failed to yield higher than the original variety.
5. Heritability of yield, ear-length and shelling percentage in the 5 families used did not differ from zero. Heritability estimates of the characteristics mentioned were also zero in each one of the families, with one exception in the case of shelling percentage.
6. Analyses of variance revealed uniform tendencies of heritability estimates for the three characters studied in all the families.
7. In contrast to the lack of efficiency of the method of "Selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos", a test of 48 topcrosses of A<sub>1</sub> lines resulted in the isolation of 12 lines with an average yield increase of 20,94% over the variety from

which they were derived.

8. The method of "selección en consanguinidad por cruzamientos dirigidos" can not be recommended for the improvement in yield of varieties adapted to the growing conditions of a region.

LITERATURA CITADA

1. BIGGAR, H. H. The relation of certain ear characters to yield in corn. American Society of Agronomy. Journal 11(6):230-234. Sept. 1919.
2. BOCETA, V. Siete años de trabajos selectivos en maíces. Madrid, Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas. Boletín 10(22):107-157. Junio 1950.
3. COMSTOCK, R. E. & ROBINSON, H. F. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. Biometrics 4(4):254-266. Dec. 1948.
4. CUNNINGHAM, G. C. The relation of ear characters of corn to yield. American Society of Agronomy. Journal 8(3):188-196. May-June 1916.
5. EWING, E. G. Correlation of characters in corn. New York (Cornell) Agricultural Experiment Station Bulletin 287. 1910. 100 p.
6. FISHER, R. A. The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance. Royal Society of Edinburgh. Transactions 52:399-433. 1918.
7. GARRISON, H. S. & RICHEY, F. D. Effects of continuous selection for ear type in corn. U. S. Department of Agriculture Department Bulletin no. 1341. 1925. 11 p.
8. GUTIERREZ G., MARIO. Variability and association of plant and ear character in the variety of corn I-452. Unpublished report, Turrialba, Costa Rica. Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1949. 49 p. (Typewritten)
9. HAYES, H. K. & ALEXANDER, L. Methods of corn breeding Minnesota Agricultural Experiment Station Bulletin 210. 1924. 22 p.
10. \_\_\_\_\_ & DIMER, F. R. Métodos fitotécnicos; procedimientos científicos para mejorar las plantas cultivadas. Buenos Aires, Acme Agency, 1947. 521. p.
11. HUTCHESON, T. B. & WOLFE, T. K. Relation between yield and ear characters in corn. American Society of Agronomy Journal 10(6):250-255. 1918.

12. JENKINS, MERLE T. Corn improvement. In U. S. Department of Agriculture. Yearbook of Agriculture, 1936:455-521. Washington, D. C., U. S. Government Printing Office, 1936.
13. \_\_\_\_\_ Correlation studies with inbred and crossbred strains of maize. Journal of Agricultural Research 39(9):677-721. Nov. 1929.
14. JUGENHEIMER, R. W. & BRYAN, A. A. Corn breeding. Ames, Iowa State College, n. d. 18 p. (F. C. 129 mimeographed).
15. KIESSELBACH, T. A. Ear-type selection and yield of dent corn American Society of Agronomy. Journal 14(1-2):27-48. Jan.-Feb. 1922.
16. LONNQUIST, J. H. The development and performance of synthetic varieties of corn. Agronomy Journal 41(4):153-156. April 1949.
17. \_\_\_\_\_ The effect of selection for combining ability within segregating lines of corn. Agronomy Journal 42(10):503-508. Oct. 1950.
18. \_\_\_\_\_ Recurrent selection as a means of modifying combining ability in corn. Agronomy Journal 43(7):311-315. July 1951.
19. LOVE, H. H. & WENTZ, J. B. Correlations between ear characters and yield in corn. American Society of Agronomy. Journal 9(7):315-322. Oct. 1917.
20. LUSH, JAY L. Animal breeding plans. 3d ed. Ames. Iowa, Collegiate Press, 1945. 443 p.
21. \_\_\_\_\_ The genetics of populations. Ames, Iowa, The author, 1948. 364. (mimeographed)
22. MACAULAY, T. B. The improvement of corn by selection and plot-inbreeding. Journal of Heredity 19(2):57-72. Feb. 1928.
23. MONTGOMERY, E. G. Experiments with corn. Nebraska Agricultural Experiment Station Bulletin no. 112. 1909. 36 p.
24. OLSON, P. J., BULL, C. P. & HAYES, H. K. Ear type selection and yield in corn. Minnesota Agricultural Experiment Station Bulletin 174. 1918. 60 p.
25. RICHEY, F. D. Corn breeding. Advances in Genetics 3:159-192. 1950.

26. RICHEY, F. D. The experimental basis for the present status of corn breeding. American Society of Agronomy. Journal 14(1-2):1-17. Jan.-Feb. 1922.
27. \_\_\_\_\_ & WILLIER, J. G. A statistical study of the relation between seed-ear characters and productiveness in corn. U. S. Department of Agriculture Department Bulletin n. 1321. 1925. 20 p.
28. ROBINSON, H. F., COMSTOCK, R. E. & HARVEY, P. H. Estimates of heritability and the degree of dominance in corn. Agronomy Journal 41(8):355-359. Aug. 1949.
29. \_\_\_\_\_, COMSTOCK, R. E. & HARVEY, P. H. Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implications in selection. Agronomy Journal 43(6):282-287. June 1951.
30. SPRAGUE, G. F. Early testing of inbred lines of corn. American Society of Agronomy. Journal 38(2):108-117. Feb. 1946.
31. \_\_\_\_\_ An estimation of the number of top-crossed plants required for adequate representation of a corn variety. American Society of Agronomy. Journal 31(1):11-16. Jan. 1939.
32. \_\_\_\_\_ The experimental basis for hybrid maize. Biological Reviews 21:101-120. 1946.
33. \_\_\_\_\_ & BRIMHALL, B. Relative effectiveness of two systems of selection for oil content of the corn kernel. Agronomy Journal 42(2):83-88. Feb. 1950.
34. \_\_\_\_\_ & MILLER, P. A. The influence of visual selection during inbreeding on combining ability in corn. Agronomy Journal 44(5):258-262. May 1952.
35. WARNER, J. N. A method for estimating heritability. Agronomy Journal 44(8):427-430. Aug. 1952.
36. WILLIAMS, C. G. & WELTON, F. A. Corn experiments. Ohio Agricultural Experiment Station Bulletin 282. 1915. 109 p.
37. WOLFE, T. K. A biometrical analysis of characters of maize and of their inheritance. Virginia Agricultural Experiment Station Technical Bulletin 26. 1924. 70 p.

NOTA: Las referencias Nos. 3, 10, 20, 29, 31, 33 y 34 de la Literatura Citada no se mencionan en el texto por haber sido eliminadas a última hora.