

8232



29 FEB 1979

CEN DE DOCUMENTACION

METODOLOGIA EN EL MEJORAMIENTO GENETICO DEL FRIJOL

8232

Steven Temple
Luis A Rojas
Richard Swindell

I INTRODUCCION

Como todos sabemos los agricultores cultivan las plantas utiles por su importancia no solamente en la alimentación humana y animal sino también en la industria Para elevar sus ingresos el agricultor progresista está constantemente en busca de procedimientos más eficientes que le permitan aumentar la producción y mejorar la calidad y el valor nutritivo de sus productos

El mejoramiento genético no es la única arma de que el agricultor dispone para mejorar sus cosechas, ya que es necesaria una estrecha relación entre las prácticas culturales que el agricultor puede desarrollar con los materiales obtenidos por el fitomejorador

En términos generales el mejoramiento de las plantas pretende conseguir variedades superiores mediante diferentes métodos que le permiten escoger dentro de poblaciones variables plantas genéticamente superiores en una o varias características, las cuales pueden producir a su vez nuevos y mejores individuos a través de la hibridación y la selección El mejoramiento de las plantas se aplicó por primera vez, cuando el hombre aprendió a escoger las mejores plantas (domesticación) Es muy difícil determinar exactamente cuando el hombre empezó a hibridar plantas en una forma conciente o planificada,

pero se sabe que en Siria y Babilonia polinizaron artificialmente la Palma Datilera 700 años antes de la era Cristiana También se dice que los Indios Americanos hicieron magníficos trabajos de mejoramiento en maíz mucho tiempo antes de que los Europeos llegaran a este continente Cuando en el año de 1694 se publicaron los trabajos de Camerarius mostrando con certeza la existencia del sexo y la función del polen en las plantas, creció el interés por el cruzamiento

En 1716 se observó que las mazorcas de maíz amarillo cercanas a maíces de granos rojos o azules contenían granos rojos y azules entre los amarillos, hecho que parece haberse constituido en la primera observación registrada respecto a hibridación natural La primera planta híbrida fué obtenida en 1717 cruzando dos tipos diferentes de trébol

Posteriormente (1760 1766) en Alemania se realizaron estudios sistemáticos de hibridación artificial, principalmente en tabaco la primera hibridación con fines prácticos fue por un horticultor inglés llamado Thomas Andrew Knight quien produjo muchos nuevos tipos de frutos y hortalizas por medio de la polinización cruzada Durante esta época de los comienzos del fitomejoramiento hubo trabajos en Europa y en Norte América a detectar metodologías y principios que facilitarían la investigación Por ejemplo el principio de la selección individual en las plantas autógamas como medio para obtener nuevas variedades se estableció a los comienzos del siglo en Suecia Ningun trabajo contribuyó tanto como el de Gregor Mendel quien estudió el mecanismo

de la herencia en cruces de arvejas (Pisum sativum) descubrió en 1866 que la primera generación después de un cruce entre plantas altas y plantas cortas producía tan solo plantas altas, y que en la segunda generación, volvían a aparecer los dos tipos de plantas altas y cortas en una proporción de 3 altas a 1 corta

II LA GENETICA COMO BASE DEL FITOMEJORAMIENTO DE PLANTAS

La discusión de todas las bondades de las variedades mejoradas modernas no tendría sentido sin hacer alusión a los medios por los cuales las características mejoradas de esas variedades reaparecen en cada generación. La transmisión de las características de un individuo a su descendencia es la "Herencia", término general que denota la tendencia en Animales y Plantas a semejarse a sus progenitores.

Por supuesto los determinantes de las características son los genes transportados por los cromosomas del núcleo de las células sexuales. Mendel, a consecuencia de sus observaciones estableció las dos leyes fundamentales que rigen la herencia y en las cuales se basa el fitomejoramiento. ellas son

- 1) Ley de la separación o segregación de los factores. Los factores diferentes que representan en un cruzamiento caracteres opuestos de un mismo órgano se separan en el híbrido al formarse las células sexuales distribuyéndose entre éstas en idéntica proporción.

- 2) Ley de la asociación o recombinación independiente de los factores Una vez separados los factores se reúnen al azar durante la fecundación formando distintas combinaciones cuyo número depende de los caracteres que entren en el cruzamiento

Las leyes y los principios de Mendel se tomaron como base de la ciencia de la Genética

Genética es la ciencia joven (desde 1900) que estudia la herencia y la variación para identificar los principios involucrados en la transmisión de las unidades de la herencia, de una generación a la siguiente. Como descubrió Mendel después de cruzar entre dos padres diferentes y homocigóticos, la primera generación de plantas produce individuos todos iguales genéticamente. En la segunda generación comienzan a segregarse. En la tercera generación las plantas homocigóticas producen solamente descendientes homocigóticos, mientras que las plantas heterocigóticas siguen segregando. Es decir, que desde la tercera generación se aumenta cada ciclo el porcentaje de las plantas homocigóticas y se disminuye por la mitad el porcentaje de las plantas heterocigotas. En esta forma la frecuencia de plantas homocigóticas es de 0% en F1, 50% en F2, 75% en F3, 87.5% en F4, etc. Ya en F6 casi no habrá plantas heterocigotas (solo 3.125%)

Fitomejoramiento es el mejoramiento genético de las plantas aquella ciencia capaz de dirigir la herencia de éstas a fin de producir generaciones que hereden de sus progenitores las características más deseadas por el hombre. El moderno mejoramiento de las plantas se basa en una aplicación de los principios de la genética al manejo de la variabilidad que existe en poblaciones. Se trata de las frecuencias de genes, y su modificación por lo que podemos llamar 'evolución dirigida' al beneficio económico del hombre.

III FUENTES DE VARIABILIDAD BIOLÓGICA

Las variaciones biológicas que exhiben los seres vivos, (sean animales o vegetales) pueden ser debidas a tres causas distintas

- A Influencia del medio ambiente en que se desarrolla
- B Segregación genética para factores hereditarios
- C Mutaciones genéticas

El total de las características que un determinado individuo posee y es capaz de transmitir a sus descendientes se llama el 'Genotipo' del individuo, y la expresión externa de esas características es el 'Fenotipo' del individuo. Mientras que el genotipo es heredable el fitomejorador tiene que basar sus observaciones visuales en la apariencia externa o fenotípica complicándose de esta forma los problemas del hibridador porque la variación observada entre plantas

es el resultado de interacciones complicadas entre el genotipo y factores ambientales que ocurren durante el ciclo de crecimiento de las plantas. Sabemos que el ambiente interviene actuando con la herencia en la expresión de casi todas las características que pueda presentar una planta, pero hay factores como la exuberancia del crecimiento vegetativo y el rendimiento a grano que son especialmente susceptibles a las variaciones ambientales. Dado que estas son características económicas de mucha importancia para el fitomejorador, su preocupación en reducir al mínimo la variabilidad causada por las variaciones ambientales debe ser de primera prioridad. Es decir que el fitomejorador está en la lucha que cada individuo exprese su capacidad genética real.

La recombinación de factores hereditarios da origen a una variación de bastante intensidad en las progenes, tanto más numerosos como mayor sea el número de pares de factores distintos que figuran en la hibridación.

La variación genética puede ser no solo de carácter cualitativo bien marcado, es decir, cambios de forma o de color de ciertos órganos, sino de tipo cuantitativo debido a la acción de factores múltiples. Este último puede manifestarse en caracteres que se miden fácilmente o con mucha dificultad.

La última causa de la variación son las mutaciones heredables dentro de individuos de una población. La mutación puede ser espontánea (fuente natural de la variabilidad) o inducida química o atómicamente.

ASPECTOS DE LA VARIABILIDAD GENETICA

Cuando una especie se reproduce de tal modo que los gametos que se unen para formar un cigote proceden del mismo individuo se dice que la reproducción es autógámica y las plantas reciben el nombre de autógamas. Entre las especies autógamas se cuentan la mayor parte de las leguminosas de grano el trigo, la avena y la cebada. En estas especies la selección individual dentro de razas criollas puede dar origen inmediato a líneas homocigotas. Las poblaciones de especies autógamas están formadas por una mayoría de individuos homocigóticos.

Cuando los gametos que se unen para formar el cigote y por lo tanto el individuo nuevo proceden de individuos o plantas diferentes se dice que la reproducción es alógama y las plantas reciben el nombre de alógamas. Interesa hacer notar que una especie puede ser alógama y sin embargo, ser monoica (por ejemplo el maíz). Es evidente que son alógamas las especies vegetales dioicas y todas las que son auto estériles, caso muy frecuente en árboles frutales, como también a aquellas especies cuya fertilización se efectúa por acción del viento como ocurre en el caso del maíz. Las poblaciones en estas especies están formadas por una mayoría de individuos heterocigóticos. El criterio que utilizó Allard (1960) para distinguir entre los cultivos principalmente autógamos y los alógamos es el de si sufren de endocria

La variabilidad en los caracteres morfológicos que existe en la naturaleza, como es el caso de la separación natural que existe entre plantas dioicas y monoicas exige que el fitomejorador escoge sus procedimientos de mejoramiento al modo de reproducción de la especie

Plantas dioicas - dentro de éstas existen individuos que producen exclusivamente gametos masculinos e individuos que producen exclusivamente gametos femeninos, ejm lúpulo espárrago

Plantas monoicas los gametos masculinos y femeninos se turnan en el mismo individuo y se presentan dentro de dos caras plantas con flores unisexuales (maíz) y plantas con flores hermafroditas (frijol)

En las plantas dioicas y monoicas con flores unisexuales cada semilla debe ser el resultado de polinización cruzada Padres genéticamente diferentes frecuentemente producen en el híbrido características superiores a las de sus progenitores Este fenómeno, llamado heterosis o vigor híbrido" se ha explotado exitosamente en cultivos comerciales como el del maíz

Dentro de las poblaciones de varias especies se presentan casos de incompatibilidades genéticas que restringen las combinaciones a un número menor que el potencial teórico

La incompatibilidad puede ser debida al polen o a la morfología o sincronización de los estambres y pistilos. El extremo por supuesto es la esterilidad masculina factor aprovechable en realizar cruzamientos pero un fenómeno no muy comun en la naturaleza. Su uso en la producción de híbridos es cada día mayor y se hace necesario que el fitomejorador esté familiarizado con los usos de esta clase de herramienta. Hay diferentes tipos de esterilidad masculina - genética genética/citoplásmica y exclusivamente citoplásmica. Lo importante es que esta esterilidad abre nuevas opciones en cuanto a la cantidad y latitud de cruzas posibles hasta la simulación de poblaciones alógamas.

Penetración y expresividad son términos que se usan para explicar la transferencia de los genes de progenitores a progenies relacionadas con la aparición de las características que transmiten. Mendel encontró que la fasciación, o fusión parcial o total de las hojas con el tallo es un fenómeno debido a un gene simple recesivo f_a . En el estudio de F1 y F2 e híbridos testigos de cruces de tipos normales y fasciados se demostró que la penetrancia del gene f_a dada por la proporción de plantas $f_a f_a$ que mostraron fasciación fué incompleta y variable de cruce a cruce. La expresividad fué también variable desde plantas con fasciación casi imperceptible hasta plantas completamente anormales. Penetración y expresividad son muy importantes para conocer la confianza con la cual el fitomejorador puede hacer un tamizado* o seleccionar para un

caracter

* Tamizar screening (procedimiento de sembrar aplicar tratamiento evaluar eleccionar)

V MÉTODOS DE LA SELECCIÓN EN PLANTAS ALOGAMAS Y AUTOGAMAS

Por ser las plantas alógamas plantas de polinización cruzada en ellas se aplica una metodología especial distinta a la empleada en plantas autógamas. Siendo la producción comercial de híbridos o plantas F₁ el principal método usado a fin de aprovechar las ventajas que presenta la heterosis o vigor híbrido. Pero en el presente trabajo solo hablaremos de los métodos de mejoramiento de plantas autógamas como es el caso del frijol.

Métodos empleados en el mejoramiento de plantas autógamas

A POBLACIONES NO HIBRIDAS, como por ejemplo una mezcla de razas criollas, pueden ser mejoradas por medio de dos métodos comunes

1 Selección masal es la selección cosecha y mezcla de la semilla proveniente de plantas similares en apariencia. Una variedad desarrollada por selección masal debe ser más o menos pura para aquellos caracteres seleccionados (como madurez color de semilla), pero sus líneas componentes pueden diferir en rendimiento y calidad puesto que diferencias muy pequeñas en los caracteres cuantitativos no pueden detectarse a simple vista. El objetivo de la selección masal es mejorar el nivel general de la población para caracteres de alta heredabilidad. El método no sirve bien para caracteres de baja heredabilidad. Una observación por Vieira (1973) y confirmada por las experiencias de todos nos

tros es que muchos de los fríjoles sembrados por agricultores en América Latina son mezclas de varios genotipos las cuales pueden ser mejoradas por la selección masal o de líneas puras

- 2 Selección de líneas puras— una línea pura es la descendencia de una sola planta homocigota y autógama y la variedad desarrollada por este sistema es absolutamente uniforme Teóricamente todas las plantas en una variedad de línea pura son exactamente iguales asumiendo que la planta originalmente seleccionada sea homocigota para todos los pares de genes Muñoz y Cárdenas (1950) mostraron un aumento hasta 64% de líneas seleccionadas sobre la variedad Mexicana original

B POBLACIONES HIBRIDAS de plantas autógamas recién han recibido mucha atención en cuanto a metodologías modificando las prácticas antiguas de Pedigree y Bulk

- 1 Pedigree es el método mas conocido en el mejoramiento de los cultivos autógamos Se seleccionan plantas F2 combinando las características deseadas y se siga cada generación por plantas individuales hasta lograr la pureza genética deseada El método sirve para caracteres de alta heredabilidad pero ya hay mucha evidencia (Brim 1975 Rios 1976; Hanson et al 1962) en soya y frijol que el uso del pedigree en el F2 no ayuda en seleccionar para rendimiento

2 Pedigree modificado se refiere a un grupo grande de metodologías (Andrus 1963) combinando aspectos del pedigree con selecciones masales en ciertas generaciones y con cruzamiento entre hermanos de generaciones tempranas. La razón para la cual se ha escogido el pedigree modificado se debe a que aparentemente las poblaciones naturales mas adaptadas y estables no son básicamente homogéneas en estructura sino que son sistemas balanceados de individuos parcialmente heterocigotos en un estado de equilibrio. Por lo tanto los sistemas de mejoramiento deben tender hacia la producción de variedades mas bien homogéneas pero que tengan sistemas de genes balanceados en lugar de sistemas uniformemente homocigotos. Estas variedades tendrán mejor adaptación debido a su mejorado sistema genético.

De aquí se desprende que el mejorador debe escoger el sistema de mejoramiento que mejor le permita obtener el máximo de uniformidad de las características deseables bajo unas condiciones ambientales que nunca son estables. Se ha clarificado últimamente que para muchas características importantes como rendimiento que dependen de muchos genes, la uniformidad no está basada primeramente en la homocigosis sino en la habilidad de un complejo de genes para responder variadamente a diferentes condiciones con el mismo patrón fenotípico. Como resultado de este análisis se han combinado los mejores procedimientos del sistema de

Pedigree con variaciones a fin de obtener un procedimiento más efectivo para la obtención de ese balance genético que se persigue

- 3 Descendencia simple (single seed descent) es el método desarrollado por C A Brim del USDA. Consiste básicamente en avanzar una población utilizando solamente una semilla de cada planta en cada generación segregante. En esta forma, cada planta F5 procede de una planta F2 distinta maximizando así la variabilidad genética indispensable para efectuar las selecciones en generaciones avanzadas. En la práctica las plantas que posean factores indeseables y altamente heredables se eliminan oportunamente durante el proceso de endogamia. El método es también muy eficiente respecto a tierra y el tiempo del fitomejorador.
- 4 Bulk— en este método la selección se realiza en generaciones avanzadas como son la F5 o F6 en las cuales la segregación prácticamente ha terminado. Se seleccionan plantas y se siembran espaciadas y se practica un tamizado para resistencia u otro carácter que se está buscando. El siguiente ciclo se siembra las selecciones separadamente. Se puede volver a practicar una selección y llevarlas a ensayos de rendimiento en este ó el próximo ciclo.

El método del Bulk es simple comúnmente barato y se requiere menos trabajo durante las generaciones tempranas pero luego es necesario sembrar

miles de plantas seleccionadas para buscar los materiales recombinantes que se desean. Éxito en obtener el rendimiento máximo de selecciones provenientes del método asume que la planta (hábito/arquitectura) más agresiva y competitiva (que llega a dominar en la población por su frecuencia), es la más rendidora. Es una relación que varía entre cultivos y (dentro de un cultivo) según los mismos padres de la cruce.

- 5 Bulk modificado combina el bulk con la selección de los genotipos superiores. Existen varias modificaciones según el espaciamiento y las condiciones deseadas para mostrar la variabilidad y seleccionar para ella. Jennings y Aquino (1968) utilizaron el bulk modificado para reducir el efecto de la competencia intraespecífica en seleccionar para rendimiento en arroz.
- 6 Selección masal es otro procedimiento que el mejorador usa en la búsqueda de recombinantes superiores, se basa en la eliminación de individuos indeseables y continúa en forma masal con aquellos superiores obtenidos luego de la eliminación de los indeseables. El sistema de selección masal progresiva" ocupa una sección de esta presentación.
- 7 Retrocruza - este método resulta en la transferencia de un carácter altamente heredable del padre donante al padre recurrente, sin modificar

sustancialmente la integridad del último que debe ser realmente bueno para las demás características. Las características o genes para transferir se denominan genes bajo transferencia. Una vez realizada la cruce simple las progenies portadoras de los genes bajo transferencia en F1 o generaciones más avanzadas son retrocruzadas con el padre recurrente. Este proceso se repite de nuevo con los productos del retrocruce generalmente se hacen 5 ó 6 retrocruces pero en casos especiales pueden ser más.

8 Selección recurrente, se ha propuesto este método para superar las limitaciones que surgen como consecuencia de la autofecundación y estrechamiento genético en el mejoramiento de las autógamas. Como es de esperarse la selección recurrente se ha aplicado en alógamas o en aquellas autógamas relativamente fáciles de cruzar (especialmente aprovechando esterilidad). Existen muchas variaciones del método y depende en el número y clase de caracteres para mejorar y las dificultades de ligamiento.

El proceso incluye cruces fraternales en generaciones tempranas y selección, procesos que se repiten varios ciclos hasta conseguir el incremento de las características que se persiguen. En algunos casos es necesario también meter la retrocruza al sistema a fin de obtener poblaciones

heterogéneas y seleccionar las líneas segregantes superiores que han de usarse como progenitores. La selección recurrente empleada por Brim (1975) en el mejoramiento de soya incluye un gran número de cruces retrocruces cruces fraternales y selección por varios ciclos, que dieron origen a incrementos apreciables en las características bajo estudio. El procedimiento es complicado y complejo pero puede simplificarse usando la característica de esterilidad masculina recientemente observada por el mismo Brim y que se hereda como un carácter simple recesivo.

Resumen de Métodos. de todo lo anterior podemos concluir que existen tantos métodos de mejoramiento como fitomejoradores pero todos ellos basados en los métodos convencionales tradicionalmente conocidos, y modificaciones de ellos en donde las distinciones antiguas no nos sirven. Lo importante, por supuesto es que el método produzca el fin deseado, no que sea factible clasificarlo.

Avance genético por medio de la selección es el objetivo primordial en el mejoramiento de plantas y animales. El avance de una generación a la próxima y la forma de medirlo varían con el carácter pero la selección y el avance genético exigen

- 1) Variación genética para el carácter, y
- 2) Una heredabilidad suficientemente alta para que la selección sea efectiva También se mide avance por ciclo en sistemas (como de la selección recurrente) de mejoramiento que tengan en exceso de una generación por ciclo

MEJORAMIENTO DEL FRIJOL EN AMERICA LATINA Y EL CIAT

Como las demás disciplinas, el objetivo primordial de fitomejoramiento es de aumentar la producción del cultivo. Pero el fitomejorador debe reconocer también las realidades de los factores limitantes

- 1) Que el uso de productos agroquímicos no va a reducir la necesidad de incorporar resistencia genética para insectos y enfermedades. La resistencia varietal ayuda al agricultor grande en reducir sus costos de producción, y ayuda al agricultor pequeño en aumentar sus cosechas
- 2) Que existen diferencias marcadas en cuanto al potencial y estabilidad de rendimiento entre variedades negras y no-negras sembradas en América Latina

Existen varios programas nacionales, regionales e internacionales. Cada uno tiene sus objetivos, escogidos en base a los gustos de la gente que el programa debe servir, y las deficiencias conocidas del cultivo para su área de influencia. Ya les han elaborado algunas necesidades del cultivo en cuanto a su arquitectura, parámetros de adaptación y su reacción al complejo de plagas que limitan la producción

Entonces el fitomejorador trabaja para unir las distintas características deseables en materiales que tendrán buena aceptación por los agricultores y el pueblo, midiendo y dando peso a cada característica

Valdría la pena revisar las características genéticas, las cuales pueden ser metidas a un programa de mejoramiento genético (Cuadros 1 y 2). A seguir elaborando los criterios para caracteres patológicos:

- 1 La distribución del patógeno en el área de interés (o sea su 'frecuencia')
- 2 La intensidad del daño en el rendimiento
- 3 Su modo de sobrevivencia y transmisión
- 4 La disponibilidad de materiales que puedan ser verdaderamente llamados "fuentes" o "donantes" de resistencia a la plaga
- 5 La herencia de esta resistencia
- 6 Los requisitos para conducir tamizados en poblaciones segregantes o sus familias
- 7 Si es factible conducir el tamizado en pre-floración, para ganar eficiencia y tiempo en el cruzamiento ?
- 8 La disponibilidad y costo de métodos alternativos de control
- 9 Si existen las complicaciones de cepas, razas, o especies con daños parecidos y síntomas difíciles en separar (por ejemplo los virus y el complejo de pudriciones radiculares)

Hay caracteres no-patológicos muy importantes en los cuales tienen sus criterios para considerar, tales como puntos 1, 2, 5 y 6 arriba mencionados. Además, para algunos caracteres estamos apenas conociendo la expresión del caractere en el trópico y los requisitos para trabajar y mejorarlos. Es obvio que para pesar bien los caracteres patológicos y no-patológicos, el fitomejorador debe ser sobre todo un buen agrónomo.

Con toda la información anterior en mano, y conociendo agronómicamente las debilidades de los materiales locales, el fitomejorador toma en cuenta sus recursos

(mano de obra, tiempo, dinero, tierra, programas hermanos colaborativos), y establece las prioridades para su programa. En cuanto a la selección de una metodología que le serviría mejor, el técnico debe considerar

- 1) El número de características para las cuales los padres del cruzamiento varían
- 2) El número de genes controlando la herencia de los caracteres, y su acción, penetrancia, expresividad, ligamiento (respecto a tamaño de la población)
- 3) La balanza (ajuste) entre el número de cruzas para trabajar y la intensidad del trabajo para cada cruce
- 4) El papel de amplia adaptación en la zona frijolera, y las necesidades y facilidades de probar progenies en diversas localidades

Hay varios ejemplos apuntados en la bibliografía de programas nacionales, regionales, e internacionales los cuales han salido de este procedimiento. Por supuesto, el resultado es distinto para cada cual.

El programa de Fitomejoramiento del CIAT considerando los potenciales en distintos programas nacionales y regionales, ha tratado de identificar un papel del programa que sea una parte de la red multinacional y escoger las necesidades prioritarias y universales en América Latina.

Es conveniente dividir los materiales genéticos en cuatro grupos (Cuadro 3). En el corto plazo el programa tratará de estabilizar los rendimientos potenciales (y buenos) de la clase Negro Arbustivo' por medio de resistencias claves. En

el caso de los 'Arbustivos no negros' deseamos obtener mayores rendimientos y de una vez estabilizarlos por las resistencias. Para los frijoles volubles esperamos identificar y estabilizar un rendimiento de 2.5 toneladas de frijol en asociación con una cosecha mayor de 4 toneladas de maíz. Aunque no estamos probando progenies del Hábito IV (voluble) son varios donantes claves de este hábito los que siempre segregan volubles en sus progenies. Finalmente el programa está cruzando variedades comerciales de América Latina que no tienen resistencias claves para mostrar mayor grado de estabilidad por donantes que sí las tienen. Las resistencias y los donantes varían con la variedad de interés.

Se nota inmediatamente que el programa está trabajando con fuerza para solamente 6 de los 20 factores patológicos y no patológicos dentro del programa central del CIAT. Faltan conocimientos claves de las demás características que faciliten hacer tamizados o faltan fuentes adecuadas para meter en el programa de hibridación o tienen aspectos locales que pertenecen mejor a los programas nacionales.

Aprovechamos de una alta capacidad para hacer cruzas controladas, emasculando y polinizando dentro de una serie de invernaderos. Recién se ha dado mucho énfasis al escoger padres con alta frecuencia de genes resistentes para las ca-

racterísticas claves, incluir potencial de rendimiento (CIAT Informe Anual 1976)
Hasta el momento cruza dobles, múltiples y complejas han recibido poca prioridad debido al número de polinizaciones requeridos cuando se presenta segregación gamética. Además, vemos como excelente la probabilidad de obtener recombinantes con las resistencias múltiples y otros caracteres deseables en poblaciones provenientes de cruza simples y triples. Sin embargo, ya estamos entrando en una fase en donde estaremos haciendo cruza complejas utilizando selecciones avanzadas y segregantes escogidos como padres.

El sistema básico del programa es de Selección Masal Progresiva, en donde desde la generación F2 los materiales progresan paso por paso de los viveros inoculados con mosaico común, roya, antracnosis, y Empoasca, sencillamente o en combinaciones (Figura 1). Sembramos viveros de las generaciones tempranas con un espaciamiento suficiente para que cada genotipo muestre su arquitectura, aprovechando que el fisiólogo del programa evalúa el potencial y la variabilidad de la población. El tamaño mínimo de cada población es de 200 plantas en F2 ó F3.

Dentro del grupo de poblaciones asignamos prioridades para la frecuencia de resistencias claves, la frecuencia de plantas con buena arquitectura en la población y siempre dando mayor opción a las cruza que segregan genotipos nuevos que puedan (según las calificaciones de sus padres) recombinar resisten

cias multiples Así el énfasis está dirigido hacia caracteres de alta heredabilidad en las primeras generaciones Seleccionamos muy pocas cruzas (3% en 1976B) como prioridad 1 las cuales merecen cosechar y sembrar planta a surco en la siguiente generación

Otro 20% merecen ir al próximo paso (vivero), pero no en la forma de familias sino como compuestos balanceados El intento para estas cruzas no sería encontrar pronto familias homocigotas para resistencias multiples - no podemos exigir tanto de una vez Por el contrario, queremos mover/empujar la población en la dirección de resistencias múltiples, buena arquitectura y madurez variable, y (en muchos casos) a favor de colores no-negros Es un trabajo que necesitará mas paciencia (tiempo), mayor tamaño de población y el intercruzamiento de progenies buenos pero incompletos (faltando caracteres claves) La razón para este ultimo es que no existen materiales no negros arbustivos que combinan resistencias múltiples y buena adaptación al trópico

El compuesto balanceado (cosechando una o dos vainas por planta de las plantas deseables) nos sirve para asegurar que la representación de las cosechas sea igualada en la próxima siembra

La mayoría de las cruzas están paradas en el F3 ó F4, guardando solamente la semilla Masal F3 Varias de ellas pueden ser interesantes en viveros especiales para mosaico dorado empoasca mustia, etc pero las dejamos a considerar

en el camino central del programa Siempre buscamos la planta rara dentro de todas las poblaciones, pero el numero de selecciones individuales en poblaciones de prioridad 2 o 3 es bajísimo

El sistema de Selección Masal Progresiva nos ofrece mucha flexibilidad util en planear el manejo de cada cruza Según nuestro conocimiento de los padres y objetivos de una cruza, podemos o mandarla al vivero de inoculación manual con mosaico comun, o al vivero de infestación con roya, ó al vivero que contiene ambos factores Aprovechamos de la oportunidad para aumentar o reducir el tamaño de cada población según su mérito y la frecuencia de segregantes esperados (conociendo la reacción de sus padres para los 15 caracteres Además existe la posibilidad de mover la población al nivel de prioridad uno en cualquier generación

Debemos siempre mantener variabilidad genética para rendimiento, madurez arquitectura de planta y color del grano hasta las generaciones avanzadas esperando que los investigadores en programas nacionales trabajen para identificar y purificar las poblaciones segun sus gustos Además son otros factores que exigen el desarrollo de viveros internacionales

- 1) La existencia de cepas/razas para algunas enfermedades, así como la segregación para genes modificadores en el frijol
- 2) Variabilidad local en cuanto a las necesidades agronómicas para que sea buena variedad
- 3) Oportunidad de seleccionar para componente local de adaptación dando potencial de rendimiento
- 4) La necesidad básica que los programas nacionales y el equipo del CIAT trabajen juntos para obtener utilidad máxima de los materiales genéticos

Hay planes para iniciar, a mediados de 1977 dos sistemas de ensayos en localidades múltiples

1) Ensayo de rendimiento y adaptación para progenies F5 sacando de Selección Masal Progresiva en 3 localidades que varían en temperaturas y radiación solar

2) Ensayo internacional de progenies elites que se destacaron en el ensayo (1), conducido por Agronomía. Dada la variabilidad en las condiciones ambientales para la producción del cultivo, y los gustos de distintas zonas en el consumo, la respuesta e intercambio de ideas relacionado con el vivo internacional de progenies es de alta prioridad

Cuando iniciemos cruzas entre selecciones ya resistentes a combinaciones claves de plagas y con buen rendimiento, dentro de un año será posible y deseable avanzar poblaciones en generaciones F3/F4 a los viveros internacionales

Empleamos en el trabajo del campo y la revisión final de los materiales que van al campo en el próximo ciclo la capacidad del Sistema de Información de Fitomejoramiento de Frijol (SIFPRI), un soporte de apoyo combinando los técnicos y recursos de Biometría y Fitomejoramiento de Frijol en el servicio de todo el equipo de Frijol. La operación del SIFPRI ha sido elaborada en un documento por Hurtado y Porras (1976). Las capacidades claves del SIFPRI son

- 1) Hay integración completa en base al material genético desde el banco de germoplasma hasta promisorios, progenitores sus cruzas y progenies
- 2) El SIFPRI nos proporciona etiquetas con el pedigree y la reacción de los padres a unos 15 caracteres claves (son del grupo en cuadros 1 y 2). La información nos sugiere el camino más lógico para el material en el sistema de la Selección Masal Progresiva
- 3) Las etiquetas van al campo pegadas a las tarjetas de información. La tarjeta es un libro de campo y la historia para los progenies provenientes de cada cruza. Información en la tarjeta es progresiva tras generaciones como la semilla que representa

Son tres las tarjetas de información. Una lleva los datos desde el cruzamiento hasta la cosecha del tarro de semilla Bulk F3 que nos sirve como recurso genético de la cruza. La segunda tarjeta tiene los datos morfofisiológicos del

progenie y la tercera tarjeta tiene los datos e historia de su manejo en la Selección Masal Progresiva

Aparte del objetivo central del programa trabajamos en un grupo de proyectos, los cuales están elaborados en el cuadro 4. Tratamos de aprovechar la asistencia técnica de candidatos post-graduados y la oportunidad de tener viveros colaborativos internacionales para lograr avances en estos proyectos. Como se puede ver utilizamos libremente modificaciones de selección recurrente, metodología escogida para mejorar cultivos *alógamos*, pero últimamente aplicado con resultados favorables al mejoramiento de los *autógamos*. Aunque los detalles varían según el objetivo la figura 2 nos sirve como ejemplo del método aplicado hacia el aumento en niveles de resistencia a Empoasca.

VII RENDIMIENTO DEL FRIJOL Y SU SELECCION EN LAS GENERACIONES TEMPRANAS

No hemos tratado todavía la selección para rendimiento, sino que hemos dicho que sería deseable dejarla hasta generaciones avanzadas. Valdría la pena presentar un resumen breve de las experiencias con frijol y otros cultivos sobre este aspecto.

Brim (1965) desarrolló un método de pedigree modificado llamado 'decendencia simple' en el cual cosechó una vaina de cada planta tras generaciones con

un objetivo de llegar al F6 con una cantidad de familias igual al numero de plantas F2 (deja crecer solamente una planta de cada vaina) Lo importante del método es que permitió una comparación del avance de varias metodologías con el de al azar

Selección para rendimiento en el F2 no ha sido efectiva en trigo (Mc Ginnis y Shebeski, 1968 Knott 1972 De Pauw y Shebeski 1973 Knott y Kumar , 1975)

En soya, Leudders Duclas y Matson (1973), no encontraron diferencias significativas entre rendimientos de poblaciones seleccionadas por pedigree prueba F4/F5 de selecciones, y dos modificaciones del método bulk Voigt y Weber (1960) encontraron que selecciones en el F4 de soya superaron materiales del pedigree y del bulk, pero F4 ya no es realmente una generación temprana No diferencia significativa apareció entre los tres métodos del bulk comparado por Empig y Fehr (1971) con descendencia simple

Coyne (1968) no encontró ningún avance por seleccionar el mejor 5 por ciento del F2 para rendimiento total, ni para componentes de rendimiento En estudios conducidos en el CIAT Rios (1976) analizó en detalle selecciones de 14 cruzas, y reportó

1) Familias de selecciones individuales F2 llamadas superiores no se comportaron como superiores al ser comparados con familias seleccionadas al azar igual al bulk 2) No hubo ganancia de las selecciones individuales F2 sobre el rendimiento de los padres

La conclusión general ha sido que selección para rendimiento en generaciones tempranas por variaciones del método pedigree no ha dado resultados

Existe diferencia de la opinión respecto al valor del Bulk en mejorar frijol para rendimiento Cardoso y Vieira (1971) informaron que en 4 combinaciones de 2 3 variedades cada una la variedad más rendidora dominó después de 3 ó 4 ciclos Empig y Fehr creen que en soya la selección natural en el Bulk no sirve para seleccionar las variedades con mayor potencial de rendimiento Es cierto que la influencia de la competencia diferencial debido a arquitectura es clave y por esto que la selección de los padres que figuran en las poblaciones estudiadas determinara en gran parte la conclusión El programa está actualmente estudiando los efectos de competencia en poblaciones sintéticas e híbridas entre varias combinaciones de hábito y agresividad Esta información es básica para ser aplicada hacia la metodología en las primeras generaciones para seleccionar materiales que responden a altas densidades y para aplicar a la formación potencial de multilíneas para necesidades como la roya Mientras tanto trabajamos en las generaciones tempranas con caracteres de mayor heredabilidad

CUADRO 1 Consideraciones en asignar prioridades para la inoculación de resistencia a enfermedades

<u>Patógenos</u>	<u>Distribución</u>	<u>Transmisión</u>	<u>Fuentes</u> ¹	<u>Herencia</u>	<u>Tamizado</u>	<u>Alter</u> ² <u>nativas</u>	<u>Limi-3</u> <u>tando</u>	<u>Observacio</u> <u>nes</u>
Mosaico Comun	General	Semilla/Afidos	Varias	Simple	Factible	No	1	Cepas
Mosaico Rugoso	C A COL, BRZ	Crisomélidos	Varios	Simple	Familias	Si	3	Síntomas? Cepas
Moteado clorótico	General	Bemisia	Varios	Simple	Familias	Si	3	-
Mosaico dorado	Tropico Bajo	Bemisia	No	--	Se puede	Si	1	-
Mosaico amarillo	Cono sur	Afidos	Varios	Simple	Familias	Si	2	Cepas
Mancha angular	Templado	Tiempo ⁴ /sem	Varios	Simple	Familias	Si	2	--
Bacteriosis comun	Trópico calido	Sem /agua	Tolerante	---	Familias	Culturales	2	Cepas
Mustia hilachoza	Trópico bajo húmedo	Tiempo/sem	Tolerante	---	Familias	Algunos	1	---
Mildeo polvoso	Limitado	Tiempo	Varios	Simple	Familias	Si	3	Razas
Pudr Radicul	Varias	Suelo/sem	Específicas	Varias	Familias	Algunos	2	4 Patógenos
Roya	General	Tiempo	Varios	Simple/ complejo	Factible	Algunos	1	Razas
Antracnosis	General	Sem /tiempo	Varios	Simple	Factible	Algunas	1	Razas
Nemátodos	Varias	Suelo	Tolerante	- -	Se puede	Culturales	2	Especies

¹ Fuentes para genes de resistencia

² Si existen medidas alternativas para su control

³ Problema serio = 1 Problema no serio = 3

⁴ Factores ambientales como lluvia viento etc

CUADRO 2 Consideraciones en asignar prioridades para la incorporación de factores no patológicos en el mejoramiento genético del frijol

<u>Caracter</u>	<u>Impor-1 tancia</u>	<u>Conocimiento2</u>	<u>Herencia</u>	<u>Tamizado</u>
Empoasca	1	Adecuado	Compleja	Difícil (familias)
Apion	2	Adecuado	--	Factible
Fotoperiodismo	2	Bueno	} Compleja	Familias
Madurez	1	En desarrollo		Familias
Estabilidad de hábito	2	En desarrollo		Multilocalidad
Caracteres del grano	1	Adecuado	Compleja	Factible
Rizobium	2	En desarrollo	-	Familias

¹Importancia 1 = muy importante 2 = menos importante

²Conocimiento necesario para planear cruzamiento y tamizado para caracter

Cuadro 3 Caracteres claves para mejoramiento a corto plazo de cuatro grupos importantes de Phaseolus vulgaris

GRUPO	Rendimiento (tons)		CARACTER CLAVE BAJO SELECCION
	Actual	Deseado	
Negro arbustivo	2 5 - 3 0	3 0 (estable)	CBMV, Roya Empoasca madurez variable Antracnosis
Arbustivo colores	1 5 - 2 3	3,0 (estable)	CBMV Roya Empoasca Indeterminada con madurez variable, Antracnosis
Trepador (color/negro)	2 0 (1)	2 5 (estable)	CBMV Antracnosis Roya Insensibilidad a fotoperiodo
Variedades comerciales	Variable	3 0 (estable)	Caracteres especificamente solicitados por programas nacionales

(1) Asociado con 40 000 plantas/ha de maíz que rinde 4 + ton/ha

CUADRO 4 Proyectos especiales colaborativos de fitomejoramiento frijol (Marzo 1977)

PROYECTO	OBJETIVOS	METODOLOGIA	DISCIPLINA COLABORADORA	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
Materiales precoces	Rendimiento Precocidad Herencia	Pedigree	Fisiología	Oscar Leiva	Mayormente negros
Empoasca	Aumentar resistencia Herencia	Selección recurrente	Entomología	Nick Galwey	
Bacteriosis	Aumentar resistencia Herencia	Pedigree modificado	Patología	David Webster	Faltan metodologías
Pudriciones radiculares	Resistencia (s) general/(específicas)	Falta información	Patología	Stephen Beebe	Problema complejo
Mosaico dorado	Aumentar resistencia	Selección recurrente	Patología		Siembras en Guatemala Brasil Salvador
Mustia hilachoza	Aumentar resistencia	Selección recurrente	Patología		-----
Rhizobium	Aumentar eficiencia Herencia	Falta información	Microbiología		- -
Estudios de competencia	Entender la relación entre competencia y rendimiento en poblaciones provenientes de cruas con un rango de combinaciones parentales		Fisiología	Richard Swindell	

W
3

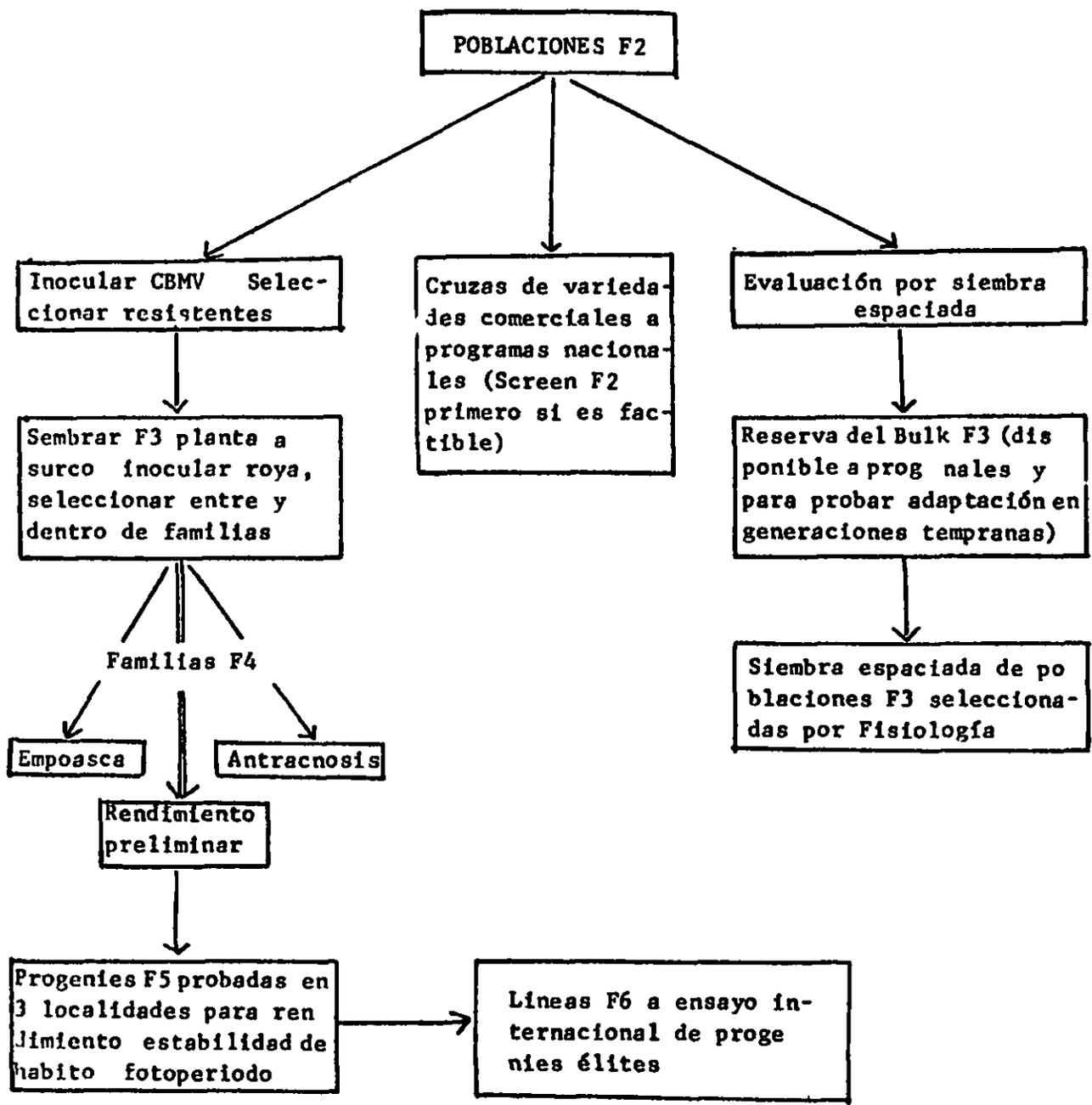
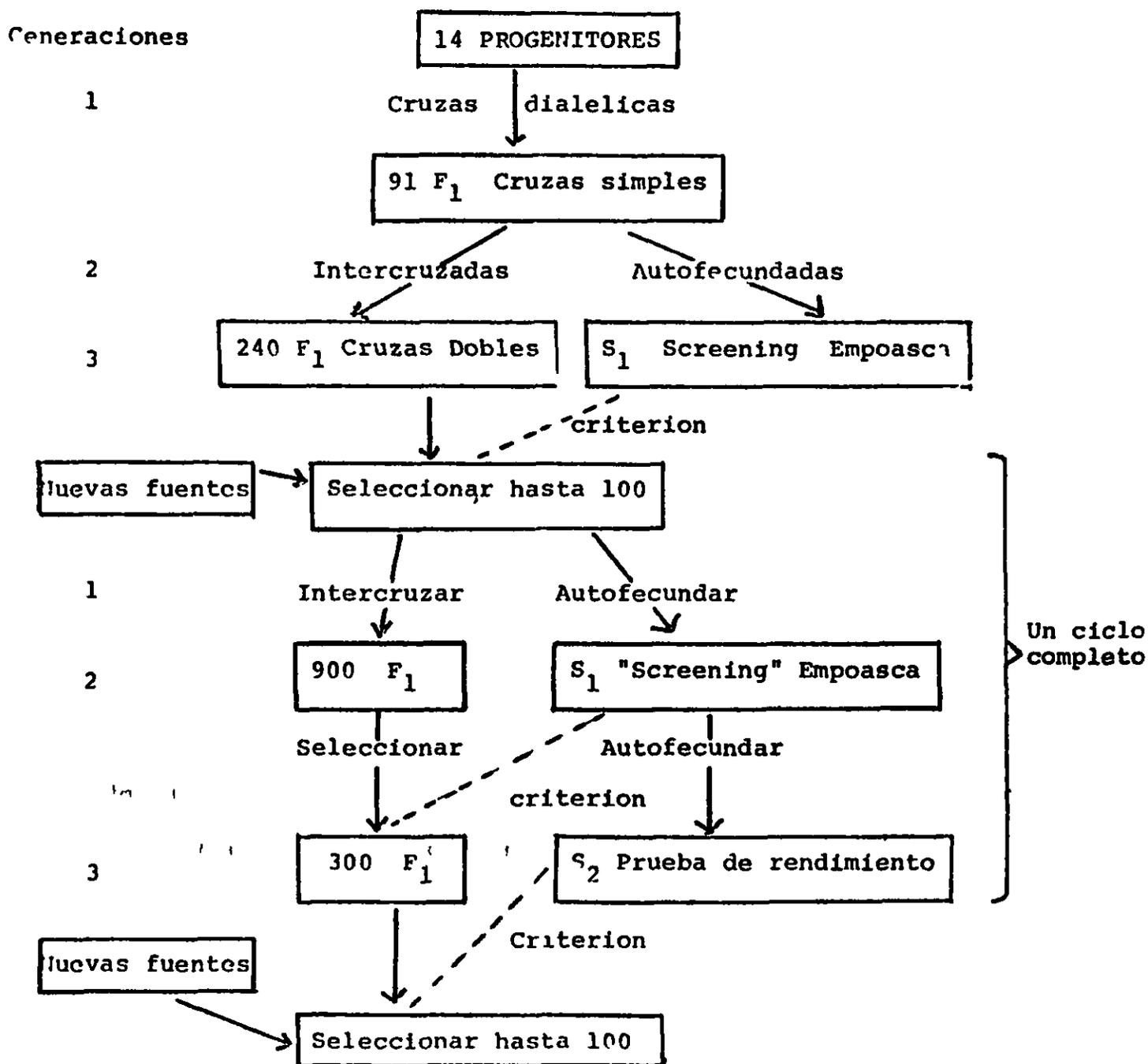


FIGURA 1 Sistema de Selección Masal Progresiva que el CIAT utiliza en la vía central de mejoramiento de Frijol

Figura 2 Plan de recombinar niveles más altos de resistencia a Empoasca con alta productividad



BIBLIOGRAFIA

- 1 ADAMS, M W 1973 Plant architecture and physiological efficiency in the field bean In Potentials of field beans and other food legumes in Latin America CIAT Series Seminar No 2E 266-278
- 2 ALAN J J 1962 Programa de mejoramiento de frijol en Costa Rica Reporte anual de PCCMCA 27 30
- 3 - ALLARD R W 1954 Natural hybridization in lima beans in California Proc Amer Soc Hort Sci 64 410-416
- 4 - ALLARD R W 1960 Principles of plant breeding John Wiley & Sons New York
- 5 - ANDRUS, C F 1963 Plant breeding systems Euphytica 12 205-228
- 6 Anónimo 1972 Improved beans developed at IICA- CATIE Actividades en Turrialba
- 7 - BOERMA, H R and R L COOPER 1973 Comparison of three selection methods for yield in soybeans Crop Sci 15 313-315
- 8 - BREWBAKER J L 1964 Agricultural genetics Prentice Hall Inc Englewood Cliffs, New Jersey
- 9 - BRIGGS F N and P F KNOWLES 1967 Introduction to plant breeding Reinhold Pub Corp New York
- 10 - BRIM C A 1975 Recientes avances en la metodologia del mejoramiento de la soya y otras especies autóгамas Trabajo presentado en la reunión de trabajo sobre mejoramiento genético del frijol común, Phaseolus vulgaris y recursos de germoplasma CIAT Palmira
- 11 BRIM C A 1965 A modified pedigree method of selection in soybeans Crop Science 6 220
- 12 BURNS G W 1972 The sciences of genetics McMillan Co New York

- 13 - CARDOSO, A A y C VIEIRA 1971 Progresos nos estudos sobre misturas
varietais de feijao (Phaseolus vulgaris L) Revista Ceres 28 (100)
465 - 477
- 14 - COYNE, D P 1968 Correlation, heritability and selection of yield
components in field beans Phaseolus vulgaris L Proc Amer Soc
Hort Sci 93 388-396
- 15 - DE PAUW, R M and L H SHEBESKI 1973 An evaluation of an early gener-
ation yield testing procedure in Triticum aestivum Can J Plant Sci
53 465-470
- 16 - EMPIG, L T and W R FEHS 1971 Evaluation of methods for generation
advance in bulk hybrid soybean populations Crop Sci 11 51-54
- 17 - EVANS A M 1973 Plant architecture and physiological efficiency in
the field bean In Potentials of field beans and other food legumes
in Latin America CIAT Seminar series, No 28 279-286
- 18 - PASOULAS, A 1973 A new approach to breeding superior varieties Publ'n
No 3 Aristotelian Univ Thessaloniki Greece
- 19 - PASOULAS, A 1976 Principles and methods of plant breeding Publ'n
No 6 Aristotelian Univ Thessaloniki, Greece
- 20 - HANSON, W D , LEFFEL, R C and H W JOHNSON 1962 Visual discrimination
for yield among soybean phenotypes Crop Sci 2, 93-96
- 21 - HURTADO G y J A PORRAS 1976 Sistema de información de fitomejora-
miento de frijol componentes, descripción y actividades Unidad
de Biometría, CIAT Mimeografiado
- 22 - JENNINGS, P R and R C AQUINO 1968 Studies on competition in rice
III The mechanism of competition among phenotypes Evolution 22,
529-542

- 23 - KNOTT D R 1972 Effects of selection for F2 plant yield on subsequent generations in wheat Can J Plant Sci 52 721 726
- 24 KNOTT D R and J KUMAR 1975 Comparison of early generation yield testing and a single seed descent procedure in wheat breeding Crop Sci 15 295 299
- 25 LEON J 1968 Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales IICA Lima Peru
- 26 - LENDDERS V D DUCLOS L A , and A L MATSON 1973 Bulk pedigree and early generation testing breeding methods compared in soybeans Crop Sci 13 363-364
- 27 - MCGINNIS R C and L H SHEBESKI 1968 The reliability of single plant selection for yield in F2 Proc 3rd Intl Wheat Gen Symp 109 114
- 28 - MIRANDA S 1966 Mejoramiento de frijol en México SAG-INIA folleto misc No 13
- 29 - MUÑOZ J M y R F CARDENAS 1950 Variación genética de los frijoles en México En Primera sesión anual Latinoamericana de fitogenética México 67-71
- 30 - POEHLMAN J M 1959 Methods of breeding field crops Holt, Inc New York
- 31 - ROBERTS L M 1973 A note on required legume research PAG bull 3 (No 4), 11-14
- 32 RIOS R 1976 Evaluación del rendimiento en selecciones individuales de frijol Informe del Becario presentado al CIAT
- 33 - SHEBESKI, L H and L E EVANS 1974 Early generation selection for wide-range adaptability in the breeding program Proc 4th intl wheat genetics symposium Columbia, Mo 587-593

- 34 SILBERNAGEL M J and W J ZAUMEYER 1973 Beans In Breeding plants for disease resistance concepts and applications R R Nelson ed Univ Press
- 35 - SUNESON C A 1956 An evolutionary plant breeding method Agron Journal 49 188
- 36 - TEMPLE S R 1976 Resumen del programa de ensayo de progenies híbridos de frijol en el CIAT Manuscrito mimeografiado
- 37 TEMPLE S R 1976 Plan para aumentar genéticamente niveles de resistencia al Empoasca kraemerii en el frijol CIAT Manuscrito mimeografiado
- 38 - VIEIRA C 1973 Plant introduction and germplasm of Phaseolus vulgaris and other food legumes In Potentials of field beans and other food legumes in Latin America CIAT seminar series No 2E 239-252
- 39 - VOIGT R L and C R WEBER 1960 Effectiveness of selection methods for yield in soybean crosses Agron Journal 52 527 530
- 40 - VOYSEST O et al 1973 Plan de trabajo (1973-1976) del departamento de leguminosas de grano - CRIA I Ministerio de Agricultura Lima, Peru Mimeografiado
- 41 WILLIAMS, W 1965 Principios de genética y mejora de plantas Editorial Acribia Zaragoza España