

DESARROLLO DE ESTRATEGIAS APROPIADAS DE MEJORAMIENTO POR
RESISTENCIA A Empoasca kraemeri EN FRUJOL COMUN

Julia Komegay y César Cardona*

Introducción

El saltahojas Empoasca kraemeri (Homoptera: Cicadellidae), es generalmente considerado como la plaga de insectos más importante del frijol común en muchas zonas de América Latina y las Islas del Caribe, con pérdidas de rendimiento hasta del 96% (Bonnefil, 1965; Gutiérrez et al., 1975; Eskafi y Schoonhoven, 1981).

El daño causado por la alimentación de E. kraemeri es más grave durante las condiciones climáticas calientes y secas, especialmente si éstas ocurren durante los periodos de floración y llenado de vainas (Schoonhoven et al., 1978). Los síntomas del daño por alimentación de saltahojas son amarillamiento y curvamiento de las hojas hacia abajo, seguido por necrosis de las puntas y de los márgenes de la hoja. Se retarda el crecimiento de las plantas, y se reducen el número de vainas y el peso de la semilla. En infestaciones intensas, las variedades susceptibles pueden morir.

Evaluaciones de Germoplasma por Fuentes de Resistencia

En CIAT, se han realizado tamizados de germoplasma de frijol por resistencia a E. kraemeri desde 1974. Se han evaluado más de 18,000 materiales de frijol del Banco de Germoplasma mundial de P. vulgaris.

* Fitomejorador y Entomólogo, respectivamente, CIAT, A.A. 6713, Cali, Colombia.

El germoplasma se califica con base en una calificación de daño visual de 1-9, donde 1= ningún daño y 9=daño grave (hojas encocadas y amarillas, a menudo mostrando necrosis del tejido de la hoja, y retardo del crecimiento de las plantas) (Komegay y Cardona, 1988). Aquellos materiales que muestran el menor daño por alimentación se reevalúan en viveros replicados; en este caso se usan los puntajes de daño por alimentación y una estimación visual del número de vainas como los criterios de selección.

Los resultados del tamizado de germoplasma han indicado que no existe un nivel alto de resistencia a E. kraemeri en estos materiales. Sólo se han identificado niveles de resistencia de bajos a moderados (CIAT, 1983) siendo las líneas de frijol arbustivo de semilla pequeña, de color negro o crema, de hábito de crecimiento indeterminado y madurez tardía las que muestran los niveles más altos de resistencia.

Mecanismos de Resistencia

La tolerancia al daño por alimentación de saltahojas es el más predominante y, hasta la fecha, el más importante mecanismo de resistencia en el frijol. Las líneas tolerantes de frijol pueden resistir niveles de población moderada del insecto sin una pérdida correspondiente de los rendimientos, en comparación con un testigo susceptible. Sin embargo, cuando las poblaciones de saltahojas son altas, aún los materiales más resistentes pueden sufrir una considerable pérdida de rendimientos (Komegay y Temple, 1986).

También se ha identificado no preferencia (antixenosis) a la oviposición del saltahojas en unas pocas líneas de frijol resistente en estudios realizados en condiciones de invernadero y de campo (Komegay et al., 1986; Komegay et al., 1988). En general, sin embargo, las líneas de frijol con resistencia por antixenosis a la oviposición tienen un menor contenido de biomasa de la planta y rendimientos inferiores a las líneas de frijol tolerantes a la alimentación por saltahojas (Komegay et al., 1988).

Herencia de la Resistencia

En estudios que involucraban cruzamientos simples y dobles entre 14 líneas tolerantes de frijol se mostró que la resistencia al saltahoras se hereda cuantitativamente (CIAT, 1978). Algunos estudios adicionales indicaron que la heredabilidad del mecanismo de resistencia por tolerancia era baja y que la progenie^{F₃} de plantas superiores F^{\wedge} segregaba ampliamente, con pocas plantas que mostraban un nivel de tolerancia alto y uniforme al ataque del saltahojas (Galwey y Evans, 1982). Se concluyó que los bajos estimativos de heredabilidad estaban afectados por la limitada variación genética por resistencia y por las dificultades de calificar adecuadamente la reacción de resistencia de las plantas.

Komegay y Temple (1986) realizaron estudios de la herencia y de la habilidad combinatoria en líneas de frijol que contenían mecanismos de resistencia por tolerancia y antixenosis. Se realizó un análisis de medias de generación usando líneas progenitoras, F_1 , F^{\wedge} y generaciones de retrocruzamiento, con EMP 81 (una línea de frijol tolerante) y EMP 89 y EMP 94 (no preferidas para la oviposición) cruzadas con un cultivar susceptible, BAT 41. Los resultados indicaron que el modelo genético de dominancia aditiva era suficiente para explicar la herencia de la resistencia por tolerancia y no preferencia (Cuadro 1). Estos resultados señalaron que los efectos epistáticos ejercieron un efecto mínimo sobre la expresión de los caracteres estudiados. Tanto los efectos genéticos aditivos (d) como los de dominancia (h) fueron significativos para las calificaciones de daño visual y el rendimiento no protegido, aunque los efectos de la dominancia fueron más importantes en la herencia de rendimiento. Para los recuentos de ninfas (una medida indirecta de no preferencia a la oviposición) sólo los efectos genéticos aditivos fueron significativos para la progenie de EMP 89 y EMP 94. La variación genética no significativa para el recuento de ninfas en el cruzamiento tolerante por susceptible (EMP 81 x BAT 41) sugirió que EMP 81 y BAT 41 fueron similares en todos o en la mayoría de los loci que afectan su capacidad para la

oviposición por E. kraemeri.

Para determinar si los niveles generales de resistencia se podían aumentar por la combinación de diferentes mecanismos de resistencia, se realizó un estudio dialélico usando la progenie F_1 y F_2 de cruzamientos entre cinco líneas de frijol resistente: EMP 81 y EMP 82, tolerantes al daño por alimentación del saltahoja, y tres líneas (EMP 89, EMP 94 y EMP 97) no preferidas para la oviposición (Komegay y Temple, 1986).

La habilidad combinatoria general (HCG) que refleja el comportamiento promedio de un genotipo en una combinación híbrida y es principalmente una medida de la varianza digénica y/o aditiva, fue significativa para los recuentos de ninfas y las calificaciones de daño en las generaciones F^1 y F_2 , y para el rendimiento protegido de F^1 (Cuadro 2).

La habilidad combinatoria específica (HCE), que se detecta cuando las combinaciones específicas híbridas funcionan mejor o peor de lo esperado, con base en el comportamiento promedio de las líneas progenitoras y que es un resultado de la dominancia y de otra acción genética no aditiva, fue significativa para las calificaciones de daño en F^1 y F^1 y para el rendimiento no protegido, el rendimiento protegido de F^1 , y los recuentos de ninfas de F_2 (Cuadro 2).

Para los recuentos de ninfas, los puntajes de daño, y el rendimiento protegido de F^1 , los cuadrados medios de HCG fueron mayores que HCE (Cuadro 2). Para el rendimiento no protegido, los mayores cuadrados medios de HCE señalaron que la dominancia y otros efectos genéticos no aditivos eran más importantes en la herencia de este carácter.

Las estimaciones sobre los efectos de HCG mostraron que la progenie de los cruzamientos que involucran las líneas tolerantes EMP 81 y EMP 82 tienden a presentar mayores poblaciones ninfales, mientras que la progenie de las líneas resistentes a la oviposición del saltahoja, EMP 89 y EMP 94

presentan menores poblaciones ninfales (Cuadro 3).

Las estimaciones de los efectos de HCE para el rendimiento no protegido indicaron que ciertas combinaciones de cruzamiento funcionaron mejor (o peor) que lo que se había esperado con base en el comportamiento de los progenitores (Cuadro 4). En la generación F_2 un cruzamiento que combinaba líneas tolerantes y no preferidas (EMP 81 x EMP 94) tuvo significativos efectos positivos de HCE mientras que otro cruzamiento de tolerancia por antixenosis (EMP 82 x EMP 97) tuvo significativos efectos negativos de HCE. El cruzamiento de mayor rendimiento en condiciones no protegidas fue entre dos líneas no preferidas (EMP 94 x EMP 97). Estos resultados señalan que se puede obtener segregación transgresiva por mayores niveles de resistencia al saltahoja en la progenie de los cruzamientos de líneas resistentes.

Desarrollo de una Estrategia de Selección Apropriada para Obtener Resistencia al Saltahoja

En 1976, se inició en CIAT un programa de mejoramiento para aumentar la resistencia al saltahoja en frijol. Los progenitores originales eran materiales de germoplasma que contenían niveles de resistencia de bajos a moderados. Se usaron procedimientos de selección por pedigrí en las generaciones avanzadas siendo el principal criterio de selección el bajo puntaje de daño visual. Las pruebas de rendimiento se realizaron en generaciones F_5 y posteriores con las líneas superiores posteriormente codificadas como líneas EMP. Estas líneas y otro germoplasma promisorio entonces se inter cruzaron para formar el segundo ciclo de un programa de selección recurrente.

Después de cinco ciclos, se habían logrado progresos en la diversificación de los mecanismos de resistencia (Komegay et al., 1986) aunque el progreso general medido por los mayores rendimientos no protegidos en comparación con los testigos superiores, no era significativo

(Pino y Komegay, 1985). Existían varias razones para la falta de progreso general:

1. Bajos niveles de resistencia en el germoplasma de P. vulgaris
2. Resistencia asociada con tipos específicos de frijol
3. Efectos genéticos de dominancia más importantes en la herencia de resistencia
 1. Significativa interacción genotipo x ambiente lo cual hace más variables los resultados de la selección y de la evaluación
5. Sólo hay una moderada correlación entre el puntaje de daño por alimentación (el principal criterio de selección) y el rendimiento no protegido
5. No hay ninguna correlación entre los recuentos de insectos y el rendimiento no protegido

En 1985, la estrategia de mejoramiento por resistencia a Empoasca cambió. Los cambios reflejaron una mejor comprensión de los problemas enumerados arriba y ofrecieron una solución alternativa para superar las limitaciones genéticas de la resistencia al saltahoja.

El primer objetivo del nuevo programa de mejoramiento fue iniciar un programa de mejoramiento de poblaciones para desarrollar una población base de líneas diferentes de frijol, con altos niveles de resistencia al saltahoja, de las cuales se podrían desarrollar variedades resistentes.

La estrategia utiliza un programa modificado de selección recurrente y de inter cruzamiento donde el rendimiento no protegido es el principal criterio de selección para resistencia (cuadro 4). Las pruebas de rendimiento se realizan en las generaciones F^1 , F_5 y F_9 , bajo infestaciones naturales del saltahoja, durante la estación seca. Las generaciones F_2 y F_9 se dejan avanzar como descendencia de semillas únicas (en realidad una vaina/planta) haciendo algo de selección entre las poblaciones, para eliminar los cruzamientos inferiores en comparación con los testigos. Los

mejores materiales (alto rendimiento no protegido y baja reducción porcentual del rendimiento) de la prueba de rendimiento F_9 , se cruzan entre si y también se cruzan con otras fuentes de resistencia al saltahojas, comenzando, por lo tanto, el siguiente ciclo del programa de selección recurrente. Para el primer objetivo, se asigna poca importancia al color de los granos, al tipo de planta o a la resistencia a otras enfermedades o plagas.

El segundo objetivo del programa de mejoramiento es desarrollar variedades de frijol resistentes al saltahojas en una amplia variedad de tipos de granos y con caracteres agronómicos aceptables. Las líneas seleccionadas provenientes del programa de selección recurrente que tienen colores de semilla y hábitos de crecimiento comercialmente aceptables se pueden incrementar de inmediato para las pruebas varietales, o se pueden cruzar con otras variedades agronómicamente aceptables que representen una amplia variedad de tipos de frijol. Estos cruzamientos se pueden manejar de varias maneras. Una manera es incorporar los cruzamientos a un programa de mejoramiento central donde las progenies se evalúan por su valor agronómico general, incluyendo la resistencia a varias enfermedades u otros factores limitantes y la aceptabilidad de los tipos de granos. En general, se presenta una dilución de la resistencia al saltahojas en este tipo de programa, pero las variedades con niveles inferiores de resistencia múltiple a varios factores limitantes importantes pueden ser adecuadas para zonas donde se presentan varias limitaciones al mismo tiempo. Una segunda manera es introducir los cruzamientos en el vivero de mejoramiento de saltahojas y seleccionar por altos niveles de resistencia en tipos comerciales. Pueden ser necesarias grandes poblaciones para hallar el genotipo deseado, y nuevamente, se recomiendan las prácticas másales o de descendencia de semillas únicas para avanzar generaciones. Es necesario realizar pruebas de rendimiento durante varias estaciones para detectar una posible interacción genotipo x ambiente.

Resultados preliminares de una nueva estrategia de mejoramiento

Los primeros materiales F_6 que se originaron de la nueva estrategia de mejoramiento mostraron que se había logrado un positivo progreso en el aumento de los niveles generales de resistencia al saltahoja. Por primera vez, las selecciones resistentes tenían un mayor rendimiento no protegido y una menor reducción porcentual de los rendimientos que el control resistente ICA PIJAO (Cuadro 6). También se obtuvo progreso en la transferencia de resistencia al frijol tipo arbustivo determinado de tamaño de grano medio (Cuadro 7), y las poblaciones F_3 de los materiales de semilla blanca presentaron mayores rendimientos no protegidos que el mejor control de semilla blanca, EMP 175 (Cuadro 8).

Los tres conjuntos de materiales señalan que el nuevo programa de mejoramiento está cumpliendo sus objetivos: primero, aumentando la resistencia general y superando el nivel de resistencia del mejor control, y segundo, por la transferencia de resistencia a tipos determinados y de semilla blanca - dos grupos donde se había obtenido poco progreso en anteriores esfuerzos de mejoramiento.

Conclusión

El programa modificado de selección recurrente iniciado en 1985, utiliza las mediciones de rendimiento como criterio para la selección de progenies resistentes y se han obtenido líneas mejoradas con niveles superiores de resistencia en varios tipos de granos de frijol. Las ventajas de esta estrategia de mejoramiento son: 1) que la selección por efectos genéticos aditivos que condicionan la resistencia dentro de las familias se mejora si se espera hasta las generaciones F^{\wedge} y F_{i_3} (cuando los genotipos son relativamente fijos) para hacer la mayoría de las selecciones dentro de las familias; 2) la selección se hace contra cruzamientos inferiores en las generaciones F_2 y F^{\wedge} , avanzando sólo aquellas poblaciones con habilidad combinatoria específica superior; 3) las prácticas de

descendencia de semillas únicas se usan para avanzar tantos genotipos diferentes y potencialmente favorables, como sea posible, hasta un estado más homocigoto en un espacio mínimo. Esta práctica aumenta la oportunidad de hallar mayores niveles de recombinantes resistentes, especialmente con caracteres cuantitativamente heredados; 4) las interacciones genotipo x ambiente son reducidas al mínimo mediante la selección y prueba de rendimientos repetidos de las poblaciones a través del tiempo, bajo infestaciones naturales de saltahojas.

Aunque el mejoramiento por resistencia a *E. kraemeri* es un proceso largo de intercrucamiento y selección, se puede obtener un progreso aceptable cuando los mejoradores y los entomólogos trabajan juntos para comprender la interacción del insecto con la planta hospedante. Se necesita un conocimiento minucioso de la genética de la resistencia para diseñar una apropiada estrategia de mejoramiento por resistencia. Las infestaciones controladas de los campos son esenciales para identificar pequeñas diferencias en los niveles de resistencia. El producto final es el desarrollo de líneas de frijol resistentes al saltahojas. La resistencia de la planta hospedante se considera el enfoque más razonable para el control de esta plaga por aquellos agricultores que no pueden obtener o pagar los plaguicidas.

Bibliografía

- Bonnefil, L. 1965. Las plagas del frijol en Centroamérica y su control. p. 95-103. In XI Reunión Anual PCGMCA, Panamá.
- CIAT. 1978. Annual Report 1977. Cali, Colombia, pp. B20-B28.
- CIAT. 1983. Annual Report 1982. Cali, Colombia, pp. 54-63.
- CIAT. 1985. Annual Report 1984. Cali, Colombia, 302 p-
- CIAT. 1986. Annual Report 1985. Cali, Colombia, 372 p-
- CIAT. 1987. Annual Report 1986. Cali, Colombia, 383 p-

- Eskafi, F.M. and A. van Schoonhoven. 1981. Interactions of leafhopper population, varietal resistance, insecticide treatment, and plant growth on bean yields in a tropical environment. *J. Econ. Entom.* 74:7-14.
- Galwey, N.W. and A.M. Evans. 1982. The inheritance of resistance to Empoasca kraemeri Ross and Moore in the common bean, Phaseolus vulgaris L. *Euphytica* 31:933-952.
- Gutiérrez, U.M., M. Infante and A. Pinchinat. 1975. Situación del cultivo de frijol en América latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Series ES-19.33 p.
- Komegay, J.L., C. Cardona and A. van Schoonhoven. 1986. The mechanisms of resistance in common beans to the leafhopper Empoasca kraemeri. *Entom. Exp. Appl.* 40:273-279.
- Komegay, J.L. and S.R. Temple. 1986. Inheritance and combining ability of leafhopper defense mechanisms in common bean. *Crop Sci.* 26:1153-1158.
- Komegay, J.L. and C. Cardona. 1988. Breeding for insect resistance in beans. CIAT publication (in press).
- Komegay, J.L., C. Cardona, J. van Esch and M. Al varado. 1988. Identification of common bean lines with ovipositional resistance to Empoasca kraemeri (Homoptera: Cicadellidae). *J. Econ. Entomol.* 82:649-654.
- Pino, A.C. and J. Komegay. 1985. Evaluación de líneas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) provenientes de cinco ciclos de fitamejoramiento por selección recurrente para obtener resistencia a Empoasca kraemeri Ross and Moore. In Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, 12o, Medellín, Colombia, SOCOLEN, 1985. Resúmenes.
- Schoonhoven, A. van, L.A. Gómez and F. Avalos. 1978. The influence of leafhopper (Empoasca kraemeri) attack during various bean (Phaseolus vulgaris) plant growth stages on seed yield. *Ent. Exp. Appl.* 23:115-120.

Cuadro 1. Estimaciones de los efectos promedios (m), aditivos (d) y de dominancia^a (h) del análisis de medias de generaciones de la resistencia al saltahoja.

Cruzamientos (x BAT 41) [m]	[d]	[h]	X ^{2k3}	P
<u>Ninfas</u>				
EMP 81	6.70**	0.72	0.72	0.90-0.75
EMP 89	5.25**	0.67**	0.16	0.99-0.97
EMP 94	7.01**	1.90*	1.43	0.75-0.50
<u>Calificaciones de daño</u>				
EMP 81	3.78**	0.53**	0.94	0.90-0.75
EMP 89	3.67**	0.65**	0.71	0.90-0.79
EMP 94	3.67**	0.65**	0.13	0.99-0.90
<u>Rendimiento/planta</u>				
EMP 81	14.25**	-5.04**	6.89	0.10-0.05
EMP 89	13.81**	-4.25**	3.88	0.50-0.25
EMP 94	13.87**	-4.55**	1.84	0.75-0.50

*,** Significativo a los niveles de P = 0.05 ó P = 0.01, respectivamente.

^a Adaptado de Komegay y Temple (1986) .

k X² denota valor de chi-cuadrado para probar la calidad de ajuste; P denota nivel de probabilidad.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis dialélico por resistencia al saltahojas en generaciones F₂ y F₃.^a

Fuente de variación	df	Cuadrados medios							
		Calificación de ninfas		Puntaje de daño		g/plant			
		F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	Rend. no protegido		Rend. protegido	
						F ₁	F ₂	F ₁	F ₂
Genot i pos	14	5.96**	28.2**	0.47**	0.72**	3.23**	32.2**	4.44**	32.9
HCG	4	14.56**	65.4**	0.77**	1.24**	2.35	14.9	5.65**	-
HCE	10	2.52	13.3**	0.35**	0.51**	3.59**	39.2**	3.95**	-
Error	28	2.23	3.8	0.06	0.15	1.21	6.27	0.89	29.5

** Cuadrados medios significativos a nivel de P = 0.01.

^a Adaptado da Kornegay y Temple, 1986.

Cuadro 3. Promedios de progenies y valores estimados de los efectos de habilidad combinatoria general (HOG) para cada línea progenitora en análisis dialélico de F y F por resistencia al saltahojas , Empoasca kraemeri.

Progenitor	Conteo de ninfas				Calificación de daño			
	F1		F2		F1		F2	
	Promedio	HCG	Promedio	HCG	Promedio	HCG	Promedio	HCG
EMP 81	7.9b ^a	0.74	13.2cd	1.38*	2.8b	0.33**	2.8b	0.30**
EMP 82	8.1b	1.06**	14. Od	2.23**	2.4a	-0.04	2.7b	0.11
EMP 89	6.2a	-0.92*	9.4a	-1.52**	2.3a	-0.12	2.2a	-0.34**
EMP 94	5.9a	-0.97*	11.2bc	-1.74**	2.4a	-0.05	2.3a	-0.12
EMP 97	7. lab	0.04	10.7b	-0.34	2.3a	-0.12	2.6b	0.04

*,** Valores significativamente diferentes de cero a los niveles de $P = 0.05$ y $P = 0.01$, respectivamente.

a Medias dentro de una columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes (comparación múltiple de Waller-Duncan, razón $K = 100$).

b Adaptado de Komegay y Temple, 1986.

Cuadro 4. Promedios y estimaciones de los valores de los efectos de habilidad combinatoria específica (HCE) para el rendimiento no protegido (g/planta) en generaciones F y F₁ en un análisis dialélico de 5 progenitores .

Cruzamiento	F ₁		F ₂	
	Promedio	HCE	Promedio	HCE
EMP 81 X EMP 82	3.9 ab ^a	0.10	11.0 cde	0.93
EMP 81 X EMP 89	5.9 b	2.42**	13.9 def	2.40
EMP 81 X EMP 94	3.6 a	0.59	14.9 ef	3.44*
EMP 81 X EMP 97	3.0 a	-0.34	6.7 ab	-2.91
EMP 82 X EMP 89	3.1 a	-0.37	8.4 abe	-2.24
EMP 82 X EMP 94	3.3 a	0.36	10.2 bed	-0.40
EMP 82 X EMP 97	4.0 ab	0.67	4.9 a	-3.86*
EMP 89 X EMP 94	2.5 a	-0.22	13.4 def	1.37
EMP 89 X EMP 97	3.3 a	0.23	7.0 abe	-3.18
EMP 94 X EMP 97	3.3 a	0.76	15.7 f	5.56**

*,** Estimaciones de los efectos de la HCE significativamente diferentes a los niveles de P = 0.05 y P = 0.01, respectivamente.

^a Promedios dentro de una columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (comparación múltiple de Waller-Duncan, razón K = 100).

^b Adaptado de Komegay y Temple, 1986.

Cuadro 5. Programa de selección recurrente por resistencia a Empoasca en frijol⁹

Generación	Procedimientos para el mejoramiento de la población
(Ciclo 1) Líneas progen.	Dos inter cruzamientos se hacen entre materiales del Banco de Germoplasma y líneas de frijol que previamente han demostrado poseer resistencia a <u>E. kraemeri</u> .
F ₁	Los híbridos se cultivan en condiciones protegidas para obtener la máxima cantidad y calidad de semillas. Se junta masalmente la semilla F ₂ de cada cruzamiento.
F ₂	La semilla F ₂ (600-1000) de cada cruzamiento se siembra en una parcela en el campo, bajo infestación natural de saltahojas. A la cosecha, las poblaciones F que son visualmente inferiores se eliminan. Del resto de la población, se toma 1 vaina (aprox. 3 semillas) de cada planta de un cruzamiento y la semilla se cosecha masalmente (aprox. 1500 semillas/cruzamiento).
F ₃	Cada grupo masal se evalúa por rendimiento bajo estrés de saltahojas. La selección entre las poblaciones F se hace con base en los datos de rendimiento comparados con los testigos resistentes y susceptibles. La semilla F. se cosecha masalmente.
F ₄	La semilla masal se siembra espaciada en el campo, en condiciones de estrés de saltahojas. Las selecciones de plantas individuales con el mayor rendimiento visible se hacen dentro de cada población F ₄ .
F ₅	Las pruebas de progenie de las selecciones individuales se siembran en condiciones de estrés de saltahojas. Las selecciones se hacen entre líneas hermanas al momento de la cosecha, de las líneas de mayor rendimiento, y cada línea seleccionada se cosecha masalmente.

4

Cont.

Cuadro 5. Cont.

Generación	Procedimientos para el mejoramiento de la población
------------	---

F₆ Se siembra una prueba de rendimiento de las líneas seleccionadas con tratamientos de campo de no protección y de protección. El rendimiento no protegido y la reducción porcentual del rendimiento se utilizan para seleccionar las líneas con los mayores niveles de resistencia

(Ciclo 2)

Líneas progen. El segundo ciclo de intercruzamiento se hace con selecciones resistentes más otro germoplasma.

^a CIAT (1985)

Cuadro 6. Rendimiento de las mejores líneas F desarrolladas con la nueva estrategia de mejoramiento para aumentar los niveles de resistencia general a Empoasca kraemeri (CIAT, 1986)

Líneas	Color	Rendimiento(kg/ha)		% reducción del rendimiento
		No protegido	Protegido	
EMP 187	9	1711	3137	45.4
EMP 188	3	1335	2971	55.1
EMP 189	9	1276	2820	54.7
EMP 190	3	1238	2795	55.7
EMP 191	9	1233	3115	60.4
EMP 192	9	1151	3286	65.0
EMP 193	3	1109	2342	52.6
EMP 84 ^a	9	1061	3010	64.7
EMP 135 ^a	3	788	2841	72.3
ICA PIJAO ³	9	1297	3863	66.4
BAT 41	6	263	1786	85.3
CMS 5%			412.9	700.13
CV			29.9	17.10

a Testigo resistente

b Testigo susceptible

^c Adaptado de CIAT (1986)

Cuadro 7. Mejores líneas de frijol de hábito determinado desarrolladas con la nueva estrategia de mejoramiento por resistencia a Empoasca kraemeri

Líneas	Color	Peso (g) 100 semillas	Rendim. no protegido (kg/ha)		% reducción del rendimiento
			1986B	1987A	
EMP 177	6M	29	1114	385	29.8
EMP 178	6M	34	1102	596	35.5
EMP 179	7M	25	903	600	39.9
EMP 182	6M	33	807	495	39.9
EMP 184	7M	34	776	399	53.9
EMP 185	7M	30	749	488	50.4
EMP 186	6M	26	718	383	52.9
<u>Testicros:</u>					
ICA P 11	6M	35	459	89	67.1
BAT 1366	6M	32	404	203	66.8
LINEA 24	6M	39	365	114	i 75.7
A 36	6M	30	-	200	63.2
CMS 5%			254	177	-
CV			22.6	25.6	-

^a Adaptado de CIAT (1987)

Cuadro 8. Mejores poblaciones F_ desarrolladas con la nueva estrategia de mejoramiento por resistencia a Empoasca kraemeri

Población	Color	Rendimiento iMbaj		% reducción del rendimiento
		No protegido	Protegido	
ER 13815-CM(V)	1	896	984	8.9
ER 13816-CM(V)	1	866	964	10.2
ER 13817-CM(V)	1	870	1027	15.3
ER 13861-CM(V)	1	967	1024	5.6
ER 13870-CM(V)	1	1085	1296	16.3
ER 13844-CM(V)	6	931	1134	17.9
ER 13848-CM(V)	6	756	894	15.4
EMP 175 ^a	1	702	1058	33.6
BAT 41 ^a	6	675	1325	49.0
CMS 5%		287	393	-
CV		20.6	20.1	-

a Testigos

b Adaptado de CIAT (1987)