

Medición de la tolerancia en líneas de frijol mejoradas por resistencia al lorito verde, *Empoasca kraemeri* Ross & Moore (Homoptera: Cicadellidae)

Measurement of the tolerance in improved bean lines bred for resistance to the bean leafhopper *Empoasca kraemeri* Ross & Moore (Homoptera: Cicadellidae)

Maria Luisa Cortés¹
César Cardona
Miryam Cristina Duque

Resumen

Con el fin de medir la validez de la tolerancia a *Empoasca kraemeri* Ross & Moore en líneas de frijol mejoradas por resistencia a este insecto, en varios semestres se sembraron los materiales tolerantes EMP 414 y EMP 419 en comparación con un testigo susceptible, BAT 41. Estos materiales se sometieron a diversos regímenes de control químico del insecto. Mediante las regresiones población de ninfas-rendimiento y número de aplicaciones-rendimiento se determinaron los índices con respecto al testigo sin aplicar, se calcularon los potenciales de rendimiento en ausencia del insecto, las respectivas funciones de pérdida y las pérdidas causadas por el lorito verde del frijol en términos de porcentaje y de kg/ha. También se hizo un análisis económico de los datos. En forma consistente, a través de semestres, el testigo BAT 41 mostró niveles altos de susceptibilidad en comparación con las líneas tolerantes mejoradas por resistencia al lorito verde del frijol, dado que mostró pérdidas mayores en todos los tratamientos y efectos muy importantes en su capacidad de rendir bajo presión del insecto. Se halló que la única forma en que el material susceptible (BAT 41) puede competir en rendimiento con las líneas tolerantes es mediante la protección química total durante el cultivo. El análisis económico mostró que el testigo susceptible BAT 41 compite en términos económicos con las líneas tolerantes a empoasca cuando recibe cinco aplicaciones de insecticida (tratamiento denominado agricultor) y en menor

grado, pero aún aceptable, cuando recibe tres aplicaciones (control al nivel de 2 ninfas/hoja), porque al ser liberado el material del daño causado por el insecto logra expresar su buen potencial de rendimiento. Al hacer control al nivel de 4 ninfas/hoja (dos aplicaciones), la ventaja de las líneas tolerantes empieza a hacerse evidente y llega a su máxima expresión cuando no se ejerce ningún control químico. Las relaciones beneficio/costo (B/C) para las líneas mejoradas EMP 419 y EMP 414 fueron, en promedio, 1,4 y 2,5 veces mayores que la de BAT 41, respectivamente.

Palabras claves: *Empoasca*, Frijol, Resistencia a las plagas, Tolerancia, Control de plagas.

Summary

In order to measure the efficiency of improved bean lines bred for tolerance to the bean leafhopper *Empoasca kraemeri* Ross & Moore, the tolerant bean lines EMP 414 and EMP 419 were compared with a susceptible check, BAT 41. These materials were subjected to varying levels of chemical protection. Regressions of nymphal populations on yield and number of insecticide applications on yield were used to calculate yield functions, and yield losses at different population levels. Economic analysis of the data was also performed. Consistently, the susceptible check BAT 41 showed high levels of susceptibility compared with tolerant lines bred for resistance, resulting in high losses at all levels of insect population pressure. The only way in which BAT 41 can compete with the tolerant lines is by means of total chemical protection. The economic analysis showed that the susceptible variety BAT 41 competes in economic terms with lines tolerant to the insect when it re-

ceives five applications of insecticide (the treatment called 'farmer'); and in a low but still acceptable level, when it receives three applications (at level 2 nymphs/leaf). The material achieves its greatest yield potential when free from insect damage. The advantage of the tolerant lines becomes evident when controlled at a level of 4 nymphs/leaf (two applications), and reaches its maximum expression when no chemical control is used. The benefit/cost ratios (B/C) for the breeding lines EMP 419 and EMP 414 were 1.4 and 2.5 times higher than that of BAT 41, respectively.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se considera un cultivo de gran importancia económica por ser fuente de alimento con un contenido de proteína del 20 al 25 %, aproximadamente. La producción del cultivo se reduce por varias plagas que lo atacan, siendo el lorito verde del frijol, *Empoasca kraemeri* Ross & Moore (Homoptera: Cicadellidae), la de mayor importancia económica por las pérdidas que causa (Schoonhoven et al. 1985). Este insecto se caracteriza por ser una plaga con un nivel de daño económico muy bajo, es decir que con una población relativamente baja se afecta el rendimiento en forma drástica (CIAT 1989). Las poblaciones del insecto se pueden manejar con control cultural, biológico o químico, pero los dos primeros métodos ofrecen soluciones parciales y la protección con insecticidas es una medida temporal. Una alternativa más confiable, segura y económica, sin costos adicionales al agricultor, es la resistencia varietal (García et al. 1981).

El tipo de resistencia a los insectos que se emplea en un sistema de Manejo Integrado de Plagas (MIP) influye directamente en la estabilidad y el éxito final de un cultivar resistente a éstos (Smith 1989). En los sistemas MIP, el empleo de cultivares tolerantes ofrece algunas ventajas, como por ejemplo que los niveles de las poblaciones de insectos no se reducen cuando se exponen a plantas tolerantes, permaneciendo los acervos de genes diluidos porque la presión de selección ejercida sobre ellos por altos niveles de antibiosis se halla aquí reducida o ausente. Por ello, el potencial para de-

¹ Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Apartado Aéreo 6713. Cali, Colombia.

sarrollar biotipos del insecto que rompan la resistencia se reduce altamente cuando se usan materiales tolerantes (Teetes 1980). Además, estos materiales no exponen los insectos benéficos al efecto adverso de los factores aleloquímicos o morfológicos de las plantas en los cultivos que manifiestan antibiosis o antixenosis (Smith 1989).

Las variedades resistentes se deben utilizar en combinación con otros métodos de control de plagas. Si se conocen adecuadamente la plaga, su huésped y los factores ambientales que influyen sobre ambos, es factible controlar una plaga sin perturbar seriamente el resto del ecosistema (Teetes 1980).

Los resultados de estudios adelantados por el CIAT demuestran el avance logrado en la obtención de líneas de frijol tolerantes al lorito verde del frijol y permiten establecer las bases para realizar este estudio con el manejo integrado del insecto, basado en la combinación de la tolerancia con la aplicación racional de insecticidas cuando las poblaciones del insecto lleguen a umbrales de daño económico (U.D.E.) previamente establecidos.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Medir la efectividad del mecanismo de tolerancia presente en líneas de frijol mejoradas por su resistencia al insecto *E. kraemeri*.
- Cuantificar la ganancia en rendimiento obtenida mediante la integración de líneas mejoradas por tolerancia al lorito verde del frijol en comparación con los rendimientos y pérdidas causadas por el insecto en una variedad susceptible.
- Medir, en términos económicos, el valor de la tolerancia presente en las líneas mejoradas.

Materiales y Métodos

Los experimentos se hicieron en condiciones de campo en el CIAT, en Palmira (Valle del Cauca) a 965 msnm, 24°C, 1.200 mm de precipitación y 78% H.R.

Se utilizaron las líneas tolerantes al insecto EMP 414 (negro) y EMP 419 (blanco) y un testigo susceptible, BAT 41(rojo).

El diseño de parcelas divididas permitió acomodar como parcela principal los regímenes de protección y como subparcelas las tres líneas mencionadas. Dada la importancia de las condiciones ambientales sobre el comportamiento del insecto en términos de densidad de población y debido a que el clima y otras características del ambiente afectan el potencial de rendimiento de los materiales, este estudio se realizó en tres semestres (92B, 93A y B).

Los tratamientos (parcelas principales) se refieren a los regímenes de control químico de ninfas así:

T1: Tratamiento con protección total que semeja el control que realiza el agricultor (aplicación cada 10 días).

T2: Mantener una población máxima al nivel preestablecido de 2 ninfas/hoja (cuando se presentaba este nivel se aplicaba el insecticida).

T3: Mantener una población máxima al nivel preestablecido de 4 ninfas/hoja (cuando se presentaba este nivel se aplicaba el insecticida).

T4: Testigo absoluto (sin aplicación de insecticida).

Los materiales de frijol se asignaron al azar, y en estado de plántula se procedió a hacer un conteo general de adultos del lorito verde del frijol. Cuando el promedio fue de un adulto por planta en los tratamientos T1, T2 y T3 se hizo una aplicación del insecticida monocrotofos en dosis de 0,5 kg i.a./ha, y en el T4 (testigo absoluto) se aplicó sólo agua. Se consideró importante hacer en esta época la aplicación dirigida a los adultos, por ser el estado de plántula una época crítica para el ataque del insecto (Cardona y Cortés 1991).

La evaluación de ninfas se realizó a partir de los 19 días después de la siembra (D.D.S.), repitiéndose tres veces por semana hasta los 60 D.D.S. En cada subparcela se tomaron 10 trifolios al azar para así llevar un registro de población y poder ejercer el control químico (mono-

crotofos a razón de 1 kg/ha de producto comercial) a los niveles de población preestablecidos.

El daño se evaluó a los 30 D.D.S., utilizando una escala visual, donde 1 representa ausencia de daño y 9 daño muy severo. La adaptación reproductiva se consideró como otra variable importante de medir, y se utilizó también una escala, donde 1 es una alta producción de vainas y 9 expresa un muy bajo número de vainas o ausencia de éstas. El rendimiento (kg/ha) se determinó en una parcela neta de 33,6 m².

Para efectos del análisis económico se incluyeron datos de los costos originados en cada tratamiento para los siguientes rubros: insecticida, mano de obra para la aplicación, cosecha y transporte. El U.D.E. para el lorito verde del frijol fue establecido por Cardona y Schoonhoven en 1978 y 1979; la obtención de líneas mejoradas de frijol por resistencia al insecto se demoró 10 años en su desarrollo y la metodología inicial para establecer diferencias de población del insecto en líneas mejoradas y testigos susceptibles se desarrolló en el CIAT en el período comprendido entre 1987 y 1991 (Cardona y Cortés 1991).

Se realizaron análisis de varianza para las diferentes variables, y cuando la prueba de F fue significativa, se hizo la separación de medias con la prueba de Ryan-Elliot-Gabriel-Welsch, con niveles de confiabilidad de 1 y 5%. Para la variable ninfas/hoja también se hizo el análisis de área acumulada bajo la curva (Johnson y Wilcoxson 1979), que consiste en tener una función no decreciente de la población en el tiempo, usando el área de los trapecios. Se determinaron los coeficientes de regresión, intercepto y pendiente, para BAT 41 y EMP 414 en los semestres 92B y 93A y B. En el caso de EMP 419, estos parámetros se calcularon en los semestres 92B y 93A, únicos en los cuales se evaluó este material. El primer modelo lineal hace referencia al rendimiento (kg/ha) como función del número de ninfas/hoja y el segundo modelo lineal al rendimiento (kg/ha) como función del número de aplicaciones del insecticida monocrotofos. Con estas regresiones,

que se ajustan al modelo $y = a + bx$, se determinaron los índices con respecto al testigo absoluto (T4), los potenciales de rendimiento en ausencia del insecto (T1), la función de pérdida y las pérdidas en términos de porcentaje y de kg/ha.

El análisis económico se hizo mediante el sistema de presupuesto parcial y por comparación de beneficios netos y relaciones beneficio/costo (B/C) obtenidos con los diferentes regímenes de control del insecto.

Resultados y Discusión

Análisis Estadísticos y Separación de Medias

La población de ninfas evaluada en cada material y en cada semestre se consideró definitiva para encontrar diferencias en tolerancia entre materiales mejorados por este carácter (datos obtenidos en los conteos hechos en el tratamiento testigo absoluto). En general, la población fue alta (más de 4 ninfas/hoja en diferentes fechas de muestreo) y fluctuó durante los semestres de estudio con niveles de infestación que fueron más bajos en 93A, intermedios en 92B y más altos en 93B. El BAT 41, el testigo susceptible, presentó, en general, los más altos niveles de infestación.

Antes que todo se debió garantizar una población adecuada del insecto y una vez obtenida ésta, fue preciso mantenerla a los diferentes niveles preestablecidos; por tal motivo, cuando fue necesario, se hicieron aplicaciones del insecticida monocrotofos, obteniéndose al final de cada ciclo del cultivo un número total de aplicaciones dependiente de la infestación del insecto y del nivel preestablecido. En los tratamientos de 2 y 4 ninfas/hoja, el número total de aplicaciones de insecticida durante los semestres estudiados fue de tres y dos, respectivamente. El tratamiento denominado "agricultor", dado su carácter de aplicación por calendario, conservó un número de cinco aplicaciones por semestre.

En el primer semestre de evaluación (92B) se encontraron diferencias significativas para la variable daño, mostrando la mayor susceptibilidad el BAT 41. En

cuanto a la adaptación reproductiva, se originaron diferencias significativas al presentar el menor valor de la escala la línea EMP 414, seguida de la EMP 419. Se comprobó la susceptibilidad de BAT 41, el cual presentó el mayor valor (al daño y la adaptación reproductiva se evaluaron en el tratamiento sin protección).

Al realizar el análisis de área bajo la curva para la variable ninfas/hoja se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, pero no entre los materiales, confirmando así conocimientos previos sobre la no existencia de mecanismos de antibiosis que afecten directamente la población residente en materiales con diversos niveles de tolerancia al lorito verde (Kornegay et al. 1986). Tampoco se presentaron diferencias significativas en la interacción material x tratamiento. El testigo absoluto (sin aplicación del insecticida) presentó el mayor valor, seguido del tratamiento correspondiente al nivel de 4 ninfas/hoja. La menor área le correspondió a los tratamientos denominados 2 ninfas/hoja y "agricultor", consecuencia lógica del nivel de control químico ejercido sobre el insecto.

Cuando se evaluó el rendimiento en kg/ha no se halló interacción significativa entre tratamientos y materiales, ni diferencias entre los materiales para el semestre 92B, considerado de infestación media. A nivel de tratamientos sí se detectaron diferencias, presentando el mayor rendimiento el tratamiento llamado "agricultor", seguido (no diferente significativamente) de los tratamientos 2 y 4 ninfas/hoja. El testigo absoluto, dada su característica de no protección, fue el que menos rindió, alcanzando un promedio de apenas 812 kg/ha.

En el segundo semestre de evaluación (93A), las diferencias de promedios para las variables daño y adaptación reproductiva presentaron diferencias significativas para las dos variables y nuevamente se comprobó la susceptibilidad de BAT 41 y la tolerancia de las líneas mejoradas. En este semestre se detectó una interacción significativa entre tratamientos y materiales para las variables área bajo la curva de población de ninfas y rendimiento (kg/ha). El material con mayor suscep-

tibilidad al insecto fue el BAT 41 en el tratamiento de 2 ninfas/hoja y en el testigo absoluto. En el tratamiento de 4 ninfas/hoja no hubo diferencias entre los materiales, ni en el tratamiento denominado "agricultor", debido al control ejercido sobre el insecto.

En términos de rendimiento, la línea EMP 414 mostró los mayores valores, seguida de la EMP 419. Nuevamente, el BAT 41 tuvo pérdidas sustanciales en comparación con las líneas mejoradas, aún a niveles relativamente altos de protección (tratamientos a 2 y 4 ninfas/hoja).

En el semestre 93B, de alta infestación, el BAT 41 mostró niveles de daño significativamente mayores que la línea EMP 414. Para la adaptación reproductiva se repitió la misma situación. Cuando se analizó la población de ninfas (área bajo la curva), la interacción entre tratamientos x material no fue significativa y se detectaron diferencias entre materiales y entre tratamientos. La línea EMP 414 exhibió la menor población y el BAT 41 la mayor. Al comparar entre tratamientos, el denominado "agricultor" y el de 2 ninfas/hoja fueron los de más baja infestación. Las mayores poblaciones se hallaron cuando se hizo control al nivel 4 ninfas/hoja, seguido por el testigo sin aplicación, reflejando así los diferentes niveles de protección a que fue sometido el insecto.

La misma situación de significancia se presentó en este semestre para la variable rendimiento. Así, mientras la línea EMP 414 rindió un promedio de 823 kg/ha, el BAT 41 apenas alcanzó 492 kg/ha. Como en otros semestres, el tratamiento "agricultor", protección máxima de tipo calendario, tuvo el mayor rendimiento, seguido del tratamiento al nivel de 2 ninfas/hoja. Los menores rendimientos se obtuvieron cuando se hizo control del lorito verde a los niveles de 4 ninfas/hoja o cuando no se ejerció control (testigo sin aplicación).

Los porcentajes de pérdida calculados para cada semestre aparecen en la Tabla 1. Esta parte del trabajo puede resumirse diciendo que, en forma consistente durante los semestres, el testigo BAT 41 mostró niveles altos de susceptibilidad en

comparación con las líneas tolerantes mejoradas por resistencia al lorito verde, dado que mostró pérdidas mayores en todos los tratamientos.

Cuando se hizo el análisis de los tres semestres, al comparar entre la línea EMP 414 y el BAT 41 (Fig. 1) se halló que la ventaja de EMP 414 es de tal magnitud, que la única forma en que BAT 41 puede competir en rendimiento con el material tolerante es mediante la protección total durante todo el ciclo del cultivo (tratamiento "agricultor") o repetidas aplicaciones al nivel de 2 ninfas/hoja. En los otros tratamientos, la línea EMP 414 le aventaja significativamente aún sin protección. En términos de pérdidas, la línea EMP 414 mostró estabilidad, mientras que el BAT 41 mostró alta susceptibilidad, aun cuando se sometió a protección química total.

Análisis de Regresión

Modelo ninfas-rendimiento para la línea EMP 419

La Figura 2 se refiere a la regresión del modelo lineal: rendimiento (kg/ha) como función del número de ninfas por hoja para la línea EMP 419. Con un coeficiente de determinación de 0,85, el modelo permite mostrar que para el semestre 93A el potencial de rendimiento del material fue de 2.004 kg/ha y para el semestre 92B se redujo en 668 kg/ha, es decir, que sólo alcanzó 1.336 kg/ha. El efecto ambiental se traduce en las diferencias en el potencial de rendimiento para la misma línea, y se podría concluir que la distancia que muestra la Figura 2 en términos de este parámetro podría cuantificarse como un índice ambiental.

La pérdida de rendimiento debida al daño del insecto, expresada por la pendiente, no fue significativa estadísticamente. La tendencia que muestra el modelo para este caso, es que al aumentar el número de ninfas/hoja, el rendimiento se reduce, obviamente, hasta un límite agronómico determinado por los niveles de infestación (0 - 5 ninfas/hoja), dado por la tolerancia misma del material. Lo anterior permite apreciar que existe una estabilidad del material en términos de las pérdi-

das causadas por el lorito verde (estadísticamente iguales en los dos semestres), propia de un material mejorado por tolerancia al insecto.

Modelo aplicaciones-rendimiento para la línea EMP 419

Como se muestra en la Figura 3, el modelo lineal de rendimiento como función

del número de aplicaciones del insecticida, considerado menos confiable que el anterior por no tener tan estrecha relación biológica con la planta como sí la tiene con la población de insectos, permitió detectar algunas diferencias entre semestres. Con un coeficiente de determinación de 0,83, se encontró que el material EMP 419, en el semestre 92B, redujo su pro-

Tabla 1. Promedios de tres semestres de la variable rendimiento y porcentajes de pérdida para cada material por tratamiento.

Tratamiento	EMP 414		EMP 419		BAT 41	
	kg/ha	% ¹	kg/ha	%	kg/ha	%
2 ninfas/hoja	1.328	16,2	1.482	6,3	1.121	20,2
4 ninfas/hoja	1.319	16,8	1.503	5,0	869	38,1
Agricultor	1.586	-	1.582	-	1.406	-
Testigo absoluto	1.207	23,8	1.268	19,8	628	55,3

¹Porcentaje de pérdida con respecto al tratamiento agricultor (máxima protección).

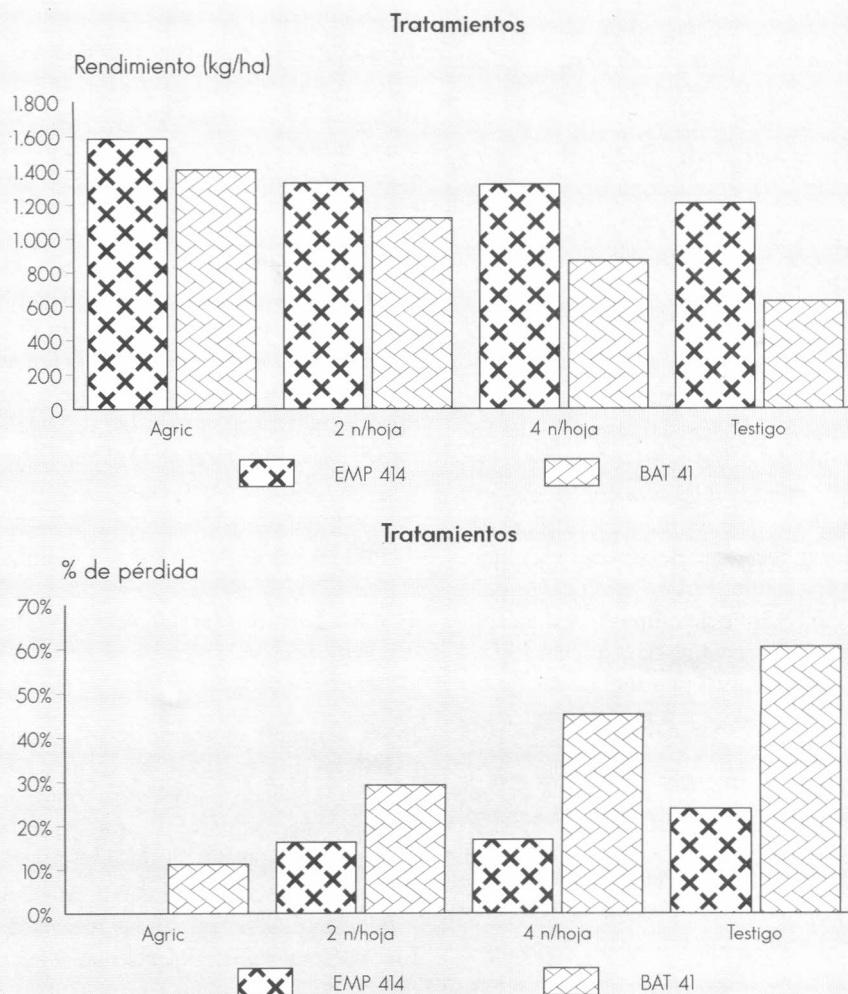
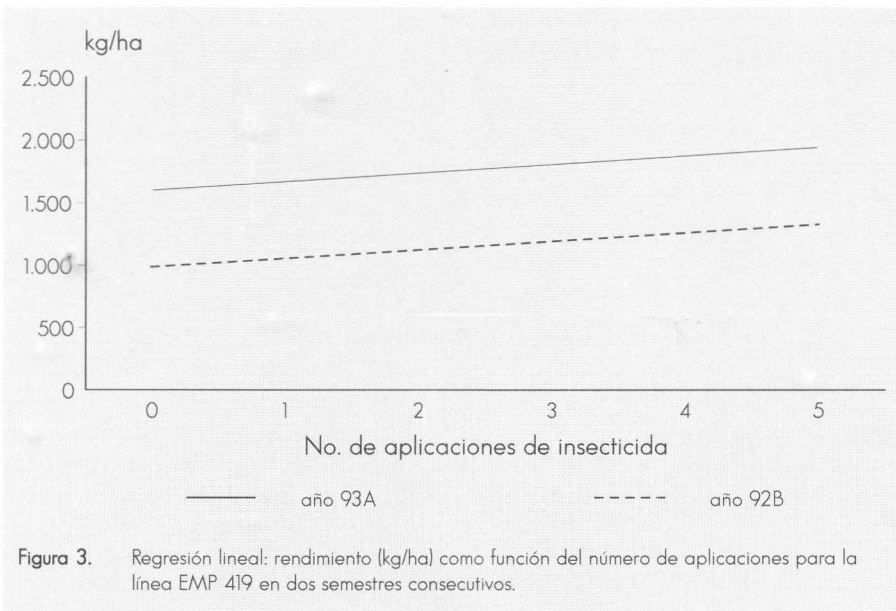
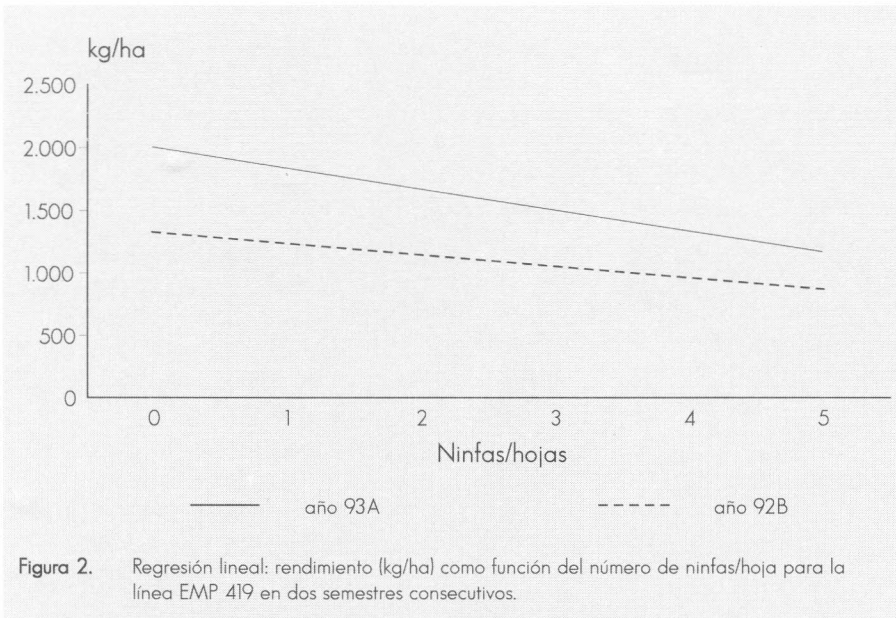


Figura 1. Rendimientos y porcentajes de pérdida en los materiales EMP 414 y BAT 41 a través de tres semestres de evaluación.



ducción en 627 kg/ha, es decir, que de un potencial de rendimiento en 93A de 1.619 kg/ha pasó a 992. Con esto se muestra el efecto ambiental en el ensayo. En general, la tendencia del modelo se refiere a que el incremento en aplicaciones aumenta el rendimiento. No hubo significancia en la pendiente (ganancia por aplicaciones), lo cual significa que los niveles de tolerancia de la línea EMP 419, si bien de alto valor, como se demostró por su reacción a la población de ninfas (Fig. 2), no son absolutos. Es decir, el nivel de tolerancia que se ha logrado por mejoramiento puede todavía ser complementa-

do mediante la aplicación racional de un insecticida a un nivel de infestación determinado por el nivel de daño económico. O sea, la integración de la resistencia varietal con el uso racional de un plaguicida efectivo.

Modelo ninfas-rendimiento para comparar entre EMP 414 y BAT 41

Para desarrollar el modelo de regresión lineal: rendimiento (kg/ha) como función del número de ninfas/hoja, y hacer comparaciones entre EMP 414 y BAT 41 durante los tres semestres de evaluación,

primero se determinaron los coeficientes de regresión (intercepto y pendiente), calculados a los niveles de significancia del 1 y 5%. El coeficiente de variación de 17,7 y el de determinación de 0,89 dan la certeza de una alta confiabilidad del modelo.

Para hacer los cálculos se escogió como línea base el BAT 41 por ser el testigo susceptible y el semestre 93B por ser el de mayor infestación. Al tomar los valores base del intercepto y de la pendiente del semestre 93B y de BAT 41 fue posible calcular las diferencias en potencial de rendimiento y las pérdidas totales para cada material por semestre. A continuación se muestra el modelo de regresión lineal, donde:

- a: intercepto (892 kg/ha), y se refiere al potencial de rendimiento al tomar como base el semestre 93B y el material BAT 41.
- b1: es la pendiente referida a pérdida (144 kg/ha/ninfa) por la presencia del insecto, en 93B.
- b2: intercepto, es la diferencia en el potencial de rendimiento (389 kg/ha) si el año es 92B, para los dos materiales.
- b3: intercepto, es la diferencia en el potencial de rendimiento (1.374 kg/ha) si el año es 93A, para los dos materiales.
- b4: es la pérdida adicional en términos de pendiente con un valor de -222 kg/ha/ninfa por la presencia del insecto si el año es igual a 93A, para los dos materiales.
- b5: el valor de la tolerancia (diferencial por material en pendiente).

El diferencial por material en pendiente es el responsable de expresar el valor de la tolerancia, es decir, lo que aporta la línea mejorada en términos de lo que deja de perder ante la presencia del insecto, por poseer los genes de tolerancia. Este valor se calculó en +102 kg/ha por ninfa y se refiere a la ganancia del material mejorado en términos de rendimiento en comparación con el material susceptible. Este valor, sumado a la pendiente del cálculo base en la línea EMP 414 (-144 kg/

ha), origina para el semestre 92B un total en pendiente (pérdida) de -42 kg/ha; en 93A de -264 kg/ha y en 93B de -42 kg/ha. Los semestres considerados de media y alta población presentaron entonces menor pérdida que el semestre de baja población. Esto último muy seguramente por la capacidad del material de ofrecer un mayor potencial de rendimiento en este semestre.

La Figura 4 muestra en forma más clara lo anterior. La no diferencia significativa en potencial de rendimiento entre BAT 41 y EMP 414 hace que los puntos de partida en el eje de la Y (potencial de rendimiento) de los dos materiales sean iguales en cada semestre. En el diferencial por semestre se está expresando el efecto debido al ambiente, el cual se traduce en un incremento del potencial de rendimiento en los semestres 92B y 93A y una reducción (-222 kg/ha) en el semestre 93A (en pendiente). Se detectan diferencias en la inclinación de las líneas, dadas por la pendiente de éstas, que en este caso se refiere a pérdidas. Por ejemplo, en el 93A se presenta la mayor inclinación por ser el semestre en que más pierden las líneas. Por su susceptibilidad, el BAT 41 fue el material que mostró mayor pendiente con una pérdida de 366 kg/ha.

El ángulo que se forma entre dos líneas se refiere al valor de la tolerancia, 102 kg/ha. Este valor lo proporciona el diferencial por material de la línea EMP 414 (línea mejorada) y no aparece para la variedad susceptible por carecer ésta de los genes que confieren esta característica.

En la Figura 4 también se puede observar que la línea mejorada siempre presenta los mayores rendimientos cuando se compara con la susceptible en presencia del insecto. Es decir, que aunque la línea mejorada pierde en términos de kg/ha, lo hace en una forma gradual y no tan drásticamente como lo hace la susceptible. Como en el análisis anterior, se puede agregar que las líneas mejoradas están lejos de ser inmunes y sufren pérdidas, pero a una tasa mucho menor que la que ocurre en un material susceptible.

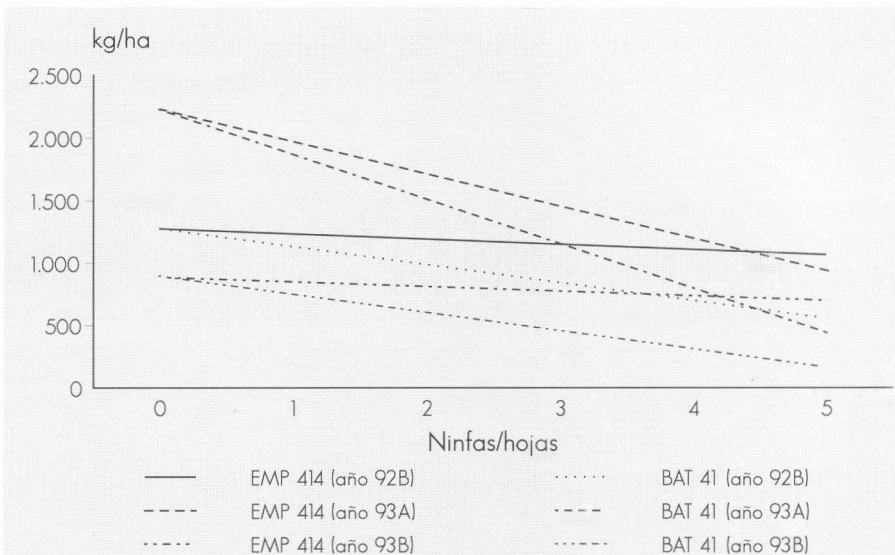


Figura 4. Regresión lineal: rendimiento (kg/ha) como función del número de ninfas/hoja.

Modelo aplicaciones-rendimiento para comparar entre EMP 414 y BAT 41

Al igual que para el modelo lineal anteriormente discutido, en el cual el rendimiento (kg/ha) se expresó como función del número de ninfas/hoja, para efectos de los cálculos se tomó como base el semestre 93B y el material susceptible BAT 41. Los coeficientes se describen a continuación:

- a: intercepto referido al potencial de rendimiento (base) en el semestre 93B.
- b1: pendiente referida a la ganancia debida a las aplicaciones en el semestre 92B (cálculo base).
- b2: se refiere al diferencial de semestre obtenido para el 92B (intercepto), que es el mismo valor (junto con a y b1) para los dos materiales por ser parte del cálculo base del cual se parte.
- b3: es el diferencial por semestre en términos de intercepto (potencial de rendimiento) para el semestre 93A y para los dos materiales.
- b4-b5: diferencia que aporta el material mejorado, en términos de intercepto (b4) y pendiente (b5), respectivamente. En otros términos, es el valor referido a la di-

ferencia en el potencial de rendimiento y a la tolerancia.

b6-b7: diferencia en el potencial de rendimiento para los semestres 92B y 93A, respectivamente, en el material EMP 414.

El coeficiente de variación de 10,4 y el coeficiente de determinación de 0,96 hacen que este modelo muestre una gran confiabilidad. El potencial de rendimiento de BAT 41 varió entre 638 kg/ha (92B), 1.012 kg/ha (93A) y 75 kg/ha (93B), este último de altísima infestación. La pendiente no cambió entre los tres semestres evaluados, indicando con esto que el material susceptible ganó 167 kg/ha por aplicación del insecticida. En la línea mejorada también se presentaron diferencias entre los potenciales de rendimiento, mostrando así los efectos originados por el ambiente. Tampoco cambió la pendiente entre semestres, es decir que en los tres semestres la línea mejorada ganó 75 kg/ha por aplicación del insecticida. O sea que la respuesta del material susceptible a la aplicación del control químico fue aproximadamente 2,2 veces mayor, lo cual es una demostración adicional del valor de la tolerancia en la línea EMP 414. Lo anterior se puede apreciar en la Figura 5, donde el BAT 41 muestra susceptibilidad a la aplicación del insecticida (semestre 93A), incrementando su pendiente (ganancia en rendimientos) por encima de la de EMP 414.

La diferencia entre pendientes ratifica cómo un material que carece de los genes de tolerancia es capaz de responder ante la presencia del insecticida, aumentando drásticamente su rendimiento. Esto sugiere que el uso de un material mejorado no sólo está ofreciendo un rendimiento mayor en comparación con una línea susceptible, sino que además la línea mejorada no responde tan favorablemente a las aplicaciones del insecticida como sí lo hace la susceptible, prueba confiable de su nivel de tolerancia.

El análisis económico (Tabla 2) mostró que el testigo susceptible BAT 41 compite bien, en términos económicos, con los materiales tolerantes al lorito verde del frijol cuando recibe cinco aplicaciones de insecticida (tratamiento "agricultor"), y en menor grado, pero aún aceptable, cuando

recibe tres aplicaciones (control al nivel de 2 ninfas/hoja), precisamente porque al ser liberada del daño causado por el insecto logra expresar su buen potencial de rendimiento. Sin embargo, cuando se intenta hacer control al nivel de 4 ninfas/hoja (dos aplicaciones), la ventaja de las líneas tolerantes empieza a hacerse evidente y llega a su máxima expresión cuando no se ejerce ningún control químico, situación esta última en la cual las relaciones Beneficio/Costo para las líneas EMP 419 y EMP 414 fueron en promedio 1,4 y 2,5 veces mayores que la de BAT 41, respectivamente.

En el caso específico del lorito verde del frijol, especie para la cual las prácticas culturales ofrecen opciones de control parciales no siempre viables y con pocas o muy limitadas posibilidades de desa-

rollar un plan de control biológico, se propone utilizar la resistencia varietal como base fundamental de un sistema de manejo integrado de la plaga. Este sistema combinaría la explotación máxima de la tolerancia desarrollada por medio del mejoramiento varietal con la suplementación de esa resistencia mediante la aplicación de una medida correctiva de control químico, representada por la aplicación racional de un insecticida sólo cuando las poblaciones lleguen o sobrepasen los umbrales de daño económico previamente establecidos. Se espera que con los niveles de tolerancia desarrollados hasta ahora, el nivel de intervención química requerido sea mínimo y sólo bajo condiciones de infestación muy altas.

Bibliografía

CARDONA, C.; CORTES, M.L., 1991. Evaluación económica de la tolerancia de variedades de frijol al lorito verde, *Empoasca kraemeri* Ross & Moore (Homoptera: Cicadellidae). Revista Colombiana de Entomología (Colombia) v. 17 no. 2, p. 19-23.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1989. El lorito verde (*Empoasca kraemeri* Ross y Moore) y su control. CIAT, Palmira, Colombia. 49p. (Serie 04SB-05.04).

GARCIA, J.E.; CARDONA, C.; SCHOONHOVEN, A. van. 1981. Resistencia del frijol común, *Phaseolus vulgaris* L., al *Empoasca kraemeri* Ross and Moore. Revista Colombiana de Entomología (Colombia) v. 7 no. 3, p. 15-21.

JOHNSON, D.A.; WILCOXSON, R.D., 1979. Inheritance of slow rusting of barley infected with *Puccinia hordei* and selection of latent period and number of uredia. Phytopathology (Estados Unidos) v. 69, p. 141-151.

KORNEGAY, J.L.; CARDONA, C.; SCHOONHOVEN, A. van, 1986. The mechanisms of resistance in common beans to the leafhopper *Empoasca kraemeri*. Entomologia Experimentalis et Applicata (Holanda) v. 40, p. 273-279.

SCHOONHOVEN, A. van; HALLMAN, G.J.; TEMPLE, S.R., 1985. Breeding for resistance to *Empoasca kraemeri* Ross and Moore in *Phaseolus vulgaris* L. In: L.R. Nault; J.G. Professor (Eds.). Leafhoppers and Planthoppers. John Wiley & Sons Inc., New York. p. 405-422.

SMITH, M.C. 1989. Plant Resistance to Insects. Use of Plant Resistance in Insect Pest Management Systems. John Wiley & Sons, New York. 285p.

TEETES, G.L. 1980. Breeding sorghums resistant to insects. In: F.G. Maxwell; P.R. Jennings (Eds.). Breeding Plants Resistance to Insects. John Wiley & Sons, New York. p. 457-471.

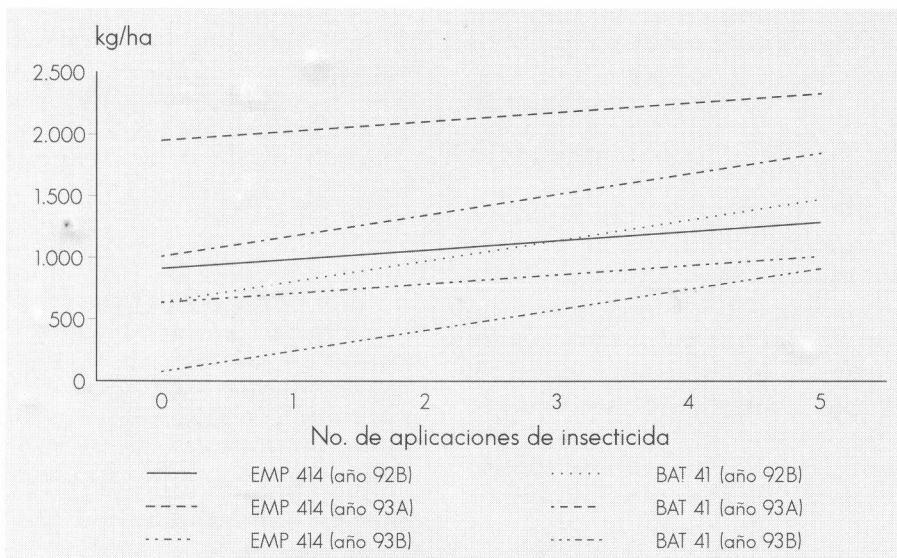


Figura 5. Regresión lineal: rendimiento (kg/ha) como función del número de aplicaciones.

Tabla 2. Relación Beneficio/Costo para cada material, por tratamiento y por semestre.

		Agricultor	2 ninfas/hoja	4 ninfas/hoja	T. absoluto
92B	EMP 414	1,80	1,59	1,89	1,40
	EMP 419	1,74	1,51	2,09	1,35
	BAT 41	1,87	1,70	1,62	1,09
93A	EMP 414	3,37	3,16	3,05	3,24
	EMP 419	2,91	2,94	2,49	2,67
	BAT 41	2,87	2,45	1,81	1,77
93B	EMP 414	1,81	1,37	1,13	1,06
	BAT 41	1,25	1,01	0,69	0,22