

EVALUACION ECONOMICA DE LA TOLERANCIA DE VARIETADES DE FRIJOL AL LORITO VERDE, *Empoasca kraemeri* ROSS & MOORE (HOMOPTERA: CICADELLIDAE)

César Cardona¹

María Luisa Cortés¹

RESUMEN

Para medir la tolerancia de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mejoradas por resistencia al lorito verde, *Empoasca kraemeri* Ross & Moore, se realizaron entre 1986 y 1990 nueve experimentos de campo en lotes experimentales del CIAT, en Palmira (Valle del Cauca) con temperatura de 24°C y 80% de humedad relativa. Se dispusieron ocho líneas mejoradas codificadas EMP, un testigo tolerante (Pijao), un testigo susceptible (BAT 41) y uno de los padres utilizados en el mejoramiento (BAT 1366), en un diseño de franjas divididas con tres replicaciones. Cada una de las variedades se sometió a dosis crecientes del insecticida monocrotopos (0; 0,07; 0,15; 0,30 y 0,54 kg i.a./ha), lo cual a su vez permitió establecer un diferencial o gradiente de infestación. Una vez logrado el gradiente se procedió a establecer, por medio de regresiones, la relación entre los diferentes niveles de población del insecto y los rendimientos. Esto permitió calcular para cada variedad el potencial de rendimiento en ausencia del insecto, la función de pérdida y el umbral de daño económico (U.D.E.). Se encontró que con las variedades tolerantes fue posible reducir la función de pérdida de 10 a 5 kg-ninfa y aumentar el U.D.E. de 3 ninfas/hoja en la variedad más susceptible (BAT 41) a 6 ninfas/hoja en la variedad más tolerante (EMP 187). Los análisis económicos confirmaron la ventaja de utilizar variedades tolerantes.

SUMMARY

A series of nine field experiments were conducted at CIAT (Palmira, Valle del Cauca, Colombia, 24°C, 80% H.R.) in order to measure the tolerance of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties to the leafhopper, *Empoasca kraemeri* Ross & Moore. Eight bean lines improved for tolerance to the insect (coded EMP), a tolerant check (Pijao), a susceptible check (BAT 41) and one of the parents used in the breeding process (BAT 1366) were laid out in a strip-plot design with three replications. Each of the varieties was exposed to different dosages of

the insecticide monocrotophos in order to obtain a gradient infestation. Once the gradient of infestation was obtained, regressions were performed between levels of infestation and yields. Yield potential, loss function and economic threshold were calculated for each variety. It was found that it was possible to reduce loss functions from 10 to 5 kg-nymph and to increase economic thresholds from 3 nymphs/leaf in EMP 187, the most tolerant variety. Economic analyses demonstrated the advantages of using leafhopper-tolerant varieties.

INTRODUCCION

El lorito verde, *Empoasca kraemeri*, Ross y Moore (Homoptera: Cicadellidae), es el insecto más importante del frijol en América Latina por la magnitud de las pérdidas que causa. Esta especie reduce el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina y el peso de las semillas. Aumenta también el número de vainas vacías o vaneamiento. Su efecto en los diferentes componentes de rendimiento se traduce en pérdidas sustanciales que son mayores cuando el ataque ocurre en épocas secas y coincide con la floración y la formación de vainas (Shoonhoven et al. 1978).

Los métodos de control natural y cultural de esta plaga ofrecen soluciones parciales y el control químico es una medida temporal que no está al alcance de todos los agricultores. Por esta razón se ha dado énfasis a la obtención de variedades resistentes al insecto, ya que esta medida es más confiable y segura y no representa costos adicionales para los productores (García et al. 1981). El mejoramiento del frijol por resistencia al lorito verde es difícil porque se han detectado pocas fuentes de resistencia y porque la recombinación de la resistencia en frijoles de características comerciales presenta dificultades de orden genético (Cardona 1989).

El mecanismo de resistencia al lorito verde fue inicialmente descrito como tolerancia,

es decir la capacidad de la planta para rendir adecuadamente aún cuando el nivel de infestación sea alto (Wilde y Schoonhoven 1976; Kornegay et al. 1986). Posteriormente, Kornegay et al (1989) encontraron que en algunas variedades el mecanismo de antixenosis, manifestado en no preferencia por oviposición, también estaba contribuyendo a la resistencia y recomendaron cruces entre líneas tolerantes y antixenóticas con el fin de incrementar los niveles de resistencia al insecto.

Por varios años el CIAT ha adelantado un programa de selección recurrente por resistencia al lorito verde, y en un programa de esta naturaleza es indispensable medir el progreso alcanzado al cabo de varios ciclos de selección. Como el principal mecanismo de resistencia al insecto es la tolerancia, cualquier medición de progreso implica la necesidad de medir la respuesta de variedades a diferentes niveles de población. Para lograr diferenciales de población en el campo se tuvo en cuenta que el lorito verde es un insecto chupador que podría mostrar respuesta proporcional a dosis crecientes de un insecticida sistémico. Se adelantaron entonces estudios preliminares que indicaron que esto era posible mediante aplicaciones del insecticida monocrotopos. Una vez refinado el sistema, se adelantó el presente trabajo, el cual tuvo como objetivos principales medir la respuesta de variedades mejoradas a niveles crecientes de población de *E. kraemeri*, calcular los umbrales de daño económico en variedades tolerantes y susceptibles y medir la ventaja económica de usar variedades tolerantes.

MATERIALES Y METODOS

Los trabajos se adelantaron en campos experimentales del CIAT, en Palmira (Valle del Cauca) a 965 m.s.n.m., temperatura promedio de 24°C, 80% de humedad relativa y precipitación anual de 1200 mm. En total se hicieron nueve

¹ Programa de Entomología de Frijol, CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

experimentos entre 1986 y 1990.

El diseño experimental utilizado fue el de franjas divididas con tres repeticiones. En este diseño (Gomez y Gomez 1984), las variedades se randomizan y disponen en hileras y los tratamientos se randomizan y disponen en columnas, de tal manera que todas las variedades son sometidas a todos los tratamientos minimizando los efectos de interferencia de parcela e incrementando la precisión para medir la interacción variedad-tratamiento. Las variedades fueron ocho líneas mejoradas de diversos hábitos de crecimiento codificadas EMP, un testigo tolerante (Pijao), un testigo susceptible (BAT 41) y uno de los padres utilizados en el programa de mejoramiento (BAT 1366), sembradas en parcelas de 3 surcos de 5 m de longitud, con separación entre surcos de 0,60 m y 0,10 m entre plantas. Las parcelas estaban separadas por calles de 2 m en sentido vertical y horizontal. Los tratamientos fueron las siguientes dosis de monocrotofos: 0; 0,07; 0,15; 0,30 y 0,54 kg i.a./ha. Las parcelas que no recibieron monocrotofos fueron aplicadas con agua.

Las aplicaciones de monocrotofos se iniciaron a los diez días de edad del cultivo para el control inicial de adultos. El efecto sobre adultos se midió contando los insectos presentes en muestras tomadas antes y después de las aplicaciones con una aspiradora de tipo D-Vac, dirigida al surco central de cada parcela. A los 19 días después de la siembra se inició el recuento de ninfas presentes en cinco trifolios tomados al azar en cada parcela. Estos recuentos continuaron cada tres días hasta los 60 días de edad del cultivo, cuando las plantas estaban próximas a madurez fisiológica. Cuando se encontraba un promedio de una ninfa por trifolio en las parcelas que recibían la dosis más alta de monocrotofos (0,54 kg i.a./ha), se procedía a aplicar ésta y las demás dosis del producto en las respectivas parcelas. De esta manera se llegó a suministrar cada dosis en un total de tres aplicaciones a los 14, 28 y 39 días después de la siembra (promedio de los nueve ensayos).

A los 30, 40 y 50 días después de la siembra se calificó el daño causado por el insecto en cada parcela mediante una escala visual de 1 a 9 (1= no hay daño evidente; 9= daño severo: amarillamiento de los bordes de las hojas, encrespamiento del follaje, achaparramiento de la

planta, reducción severa de la producción). A la madurez se hizo calificación visual de la adaptación reproductiva (estimación visual de rendimiento) en una escala de 1 a 9, en la cual 1 representa un alto rendimiento y 9 representa pérdida casi total del mismo. Al cosecharse determinó el rendimiento en kg/ha corregido al 14% de humedad.

Se hizo la regresión entre las dosis de monocrotofos y las poblaciones de adultos y ninfas. Cuando se comprobó la ocurrencia de un gradiente de población, resultante de las aplicaciones con diferentes dosis, se procedió entonces a hacer la regresión lineal entre población y rendimiento para cada variedad por el método de Schwartz y Klassen (1981). Esta regresión que se ajusta al modelo $y = a + bx$, se base en cálculos de índices con respecto al testigo sin aplicar y permite calcular el potencial de rendimiento en ausencia del insecto, la función de pérdida y las pérdidas en términos de porcentajes y de kg/ha. Una vez calculadas las funciones de pérdida se procedió a hacer el análisis económico de los datos por el sistema de presupuesto parcial y a calcular los Umbrales de Daño Económico (U.D.E.) para cada variedad por los métodos sugeridos por Reichelderfer et al. (1983), es decir: a) por la comparación de los beneficios netos obtenidos con y sin control del insecto y b) por la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{U.D.E.} = \frac{C}{D \times P \times R}$$

Donde C = costo de aplicación

D = función de pérdida

P = precio del frijol

R = porcentaje de control

Es decir, el U.D.E. es el nivel de población en el cual el beneficio marginal de control es igual al costo marginal de control.

RESULTADOS Y DISCUSION

Tal como había sido reportado por Schoonhoven et al. (1978) y por Kornegay et al. (1986), los recuentos de adultos con aspiradora D-Vac antes y después de las respectivas aplicaciones fueron muy variables y por consiguiente las regresiones entre dosis de monocrotofos y poblaciones de adultos no fueron

significativas. Por el contrario, los recuentos de ninfas, que son más fáciles de hacer en el campo, fueron menos variables y correlacionaron muy bien con las dosis de monocrotofos ($R > 0,90$). Tanto en variedades de hábito indeterminado como en variedades de hábito determinado, las regresiones dosis-poblaciones de ninfas fueron de tipo logarítmico (Fig. 1) y evidenciaron que mediante aplicaciones de dosis crecientes del producto fue posible establecer un gradiente de población, lo cual es esencial para medir tolerancia y para calcular niveles de daño económico.

La Figura 2 muestra un ejemplo de la relación lineal calculada por regresión entre poblaciones de ninfas y rendimientos. Los valores de regresión así obtenidos para cada una de las variedades en estudio fueron utilizados para estimar los respectivos potenciales de rendimiento, es decir, la capacidad de producción en ausencia del insecto y las respectivas funciones de pérdida, o sea la cantidad de frijol perdido como consecuencia de ocurrir una población promedio de una ninfa/hoja a través del período vegetativo. Los valores obtenidos (Tabla 1) indican que, dentro de su respectivo hábito de crecimiento, las variedades mostraron un potencial de rendimiento virtualmente igual pero respondieron de manera diferencial al ataque del lorito verde. Así, la línea indeterminada más tolerante, EMP 187, tuvo una función de pérdida que fue la mitad de la del testigo susceptible, BAT 41. Todas las líneas indeterminadas fueron mejores que el testigo tolerante Pijao, pero algunas, tales como EMP 189 y EMP 200 podrían ser descartadas por tener funciones de pérdida semejantes a Pijao. En variedades determinadas se encontró que las líneas EMP 186 y EMP 184 fueron tolerantes y que EMP 185 tuvo una función de pérdida mayor que el padre tolerante, BAT 1366, razón por la cual debería ser descartada.

Los cálculos de pérdidas en términos de porcentaje y de kg de frijol/ha permitieron discriminar bien entre variedades. Un ejemplo aparece en la Figura 3. A todos los niveles de población, la línea EMP 188 mostró pérdidas sustancialmente menores que el testigo tolerante Pijao y que el testigo susceptible BAT 41. Esto sugiere que el proceso de mejoramiento para resistencia a *E. kraemerii* ha sido exitoso y ha permitido seleccionar materiales de frijol superiores.

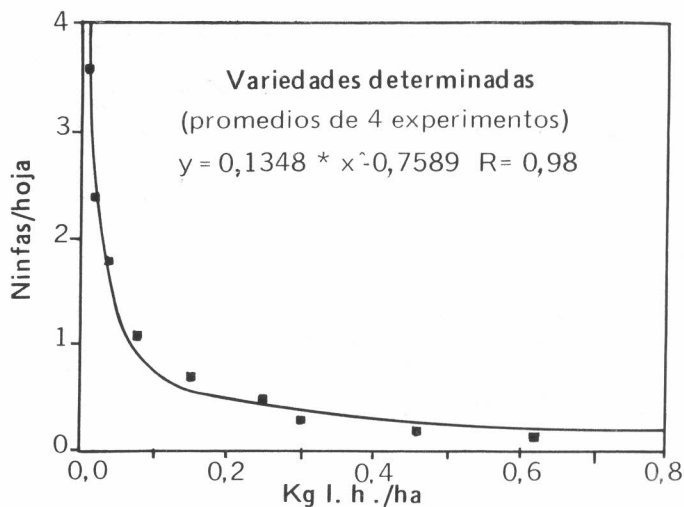
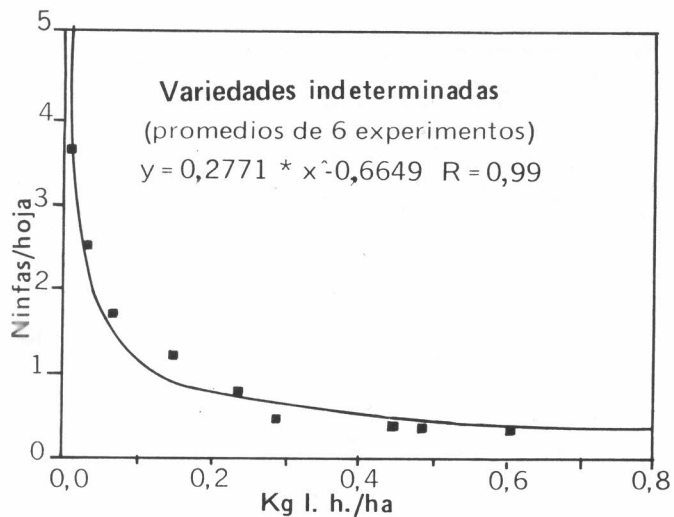


Figura 1. Gradiente de población de *Empoasca kraemeri* obtenidos en variedades de frijol con dosis crecientes del insecticida monocrotofós.

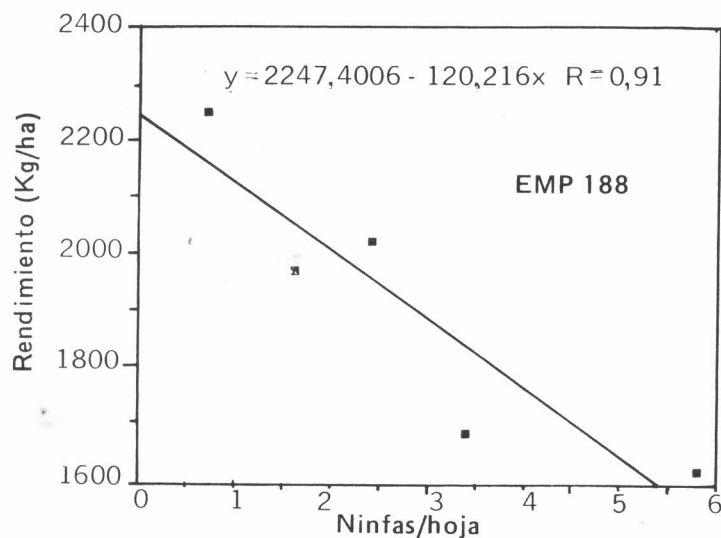


Figura 2. Relación entre niveles de población de *Empoasca kraemeri* y rendimientos de una variedad de frijol tolerante al insecto.

Tabla 1. Potenciales de rendimiento y funciones de pérdida por *Empoasca kraemeri* en variedades y líneas de frijol de diversos hábitos de crecimiento.

Línea o variedad	Potencial de rendimiento (kg/ha)	Función de pérdida (kg/ninfa)
Indeterminadas		
EMP 187	2043	5,0
EMP 188	2251	6,9
EMP 198	2048	7,3
EMP 189	2102	8,0
EMP 200	2075	8,4
Pijao ^a	2333	8,9
BAT 41 ^b	1936	10,4
Determinadas		
EMP 186	1737	4,7
EMP 184	1875	5,8
EMP 185	2139	8,0
BAT 1366 ^c	1636	6,4

^a Variedad testigo tolerante
^b Variedad testigo susceptible
^c Padre tolerante determinado

Otra forma de medir el progreso de un programa de mejoramiento es calcular el Umbral de Daño Económico, el cual debe ser mayor a medida que se aumentan los niveles de tolerancia. La Figura 4 ilustra la forma como se calculó el U.D.E. (también llamado Umbral de Acción por algunos autores) por el método de presupuestos parciales y beneficios netos. De acuerdo con Reichelderfer et al. (1983), el U.D.E. es el nivel máximo de población que se puede tolerar antes de tomar una acción de control con el fin de maximizar los beneficios netos, lo cual ocurre cuando el beneficio de controlar es igual al beneficio de no controlar. En nuestro ejemplo, la variedad susceptible BAT 41 deber se aplicada con insecticidas cuando el nivel de población es de 3 ninfas/hoja, mientras que la variedad tolerante EMP 188 requiere control cuando la población llega al nivel de 4,7 ninfas/hoja, una ganancia de 57%.

A resultados iguales se llega cuando el U.D.E. se calcula por medio de la aplicación de la fórmula (ver Materiales y Métodos) que iguala el ingreso marginal de control con el costo marginal de control. La Figura 5 resume los resultados obtenidos con variedades indeterminadas y determinadas. Con excepción de EMP 185, las líneas estudiadas pueden soportar poblaciones mayores que los testigos, lo cual indica que mediante el programa de mejoramiento por tolerancia a lorito verde ha sido posible elevar el U.D.E. por encima del nivel de 3 ninfas/hoja previamente establecido (CIAT 1976) para variedades susceptibles. En el caso de las líneas EMP 187 y EMP 186, el U.D.E. se ha duplicado, o sea que un agricultor que use estas variedades puede abstenerse de

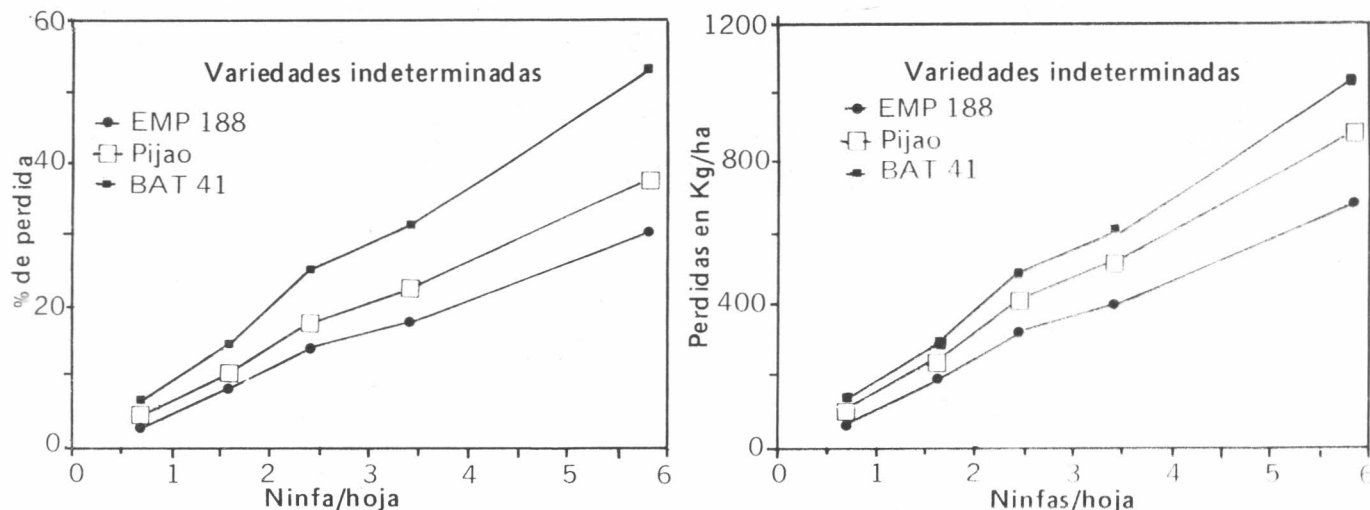


Figura 3. Pérdidas causadas por *Empoasca kraemer* en una variedad susceptible (BAT 41), una variedad comercial tolerante (Pijao) y una línea tolerante (EMP 188).

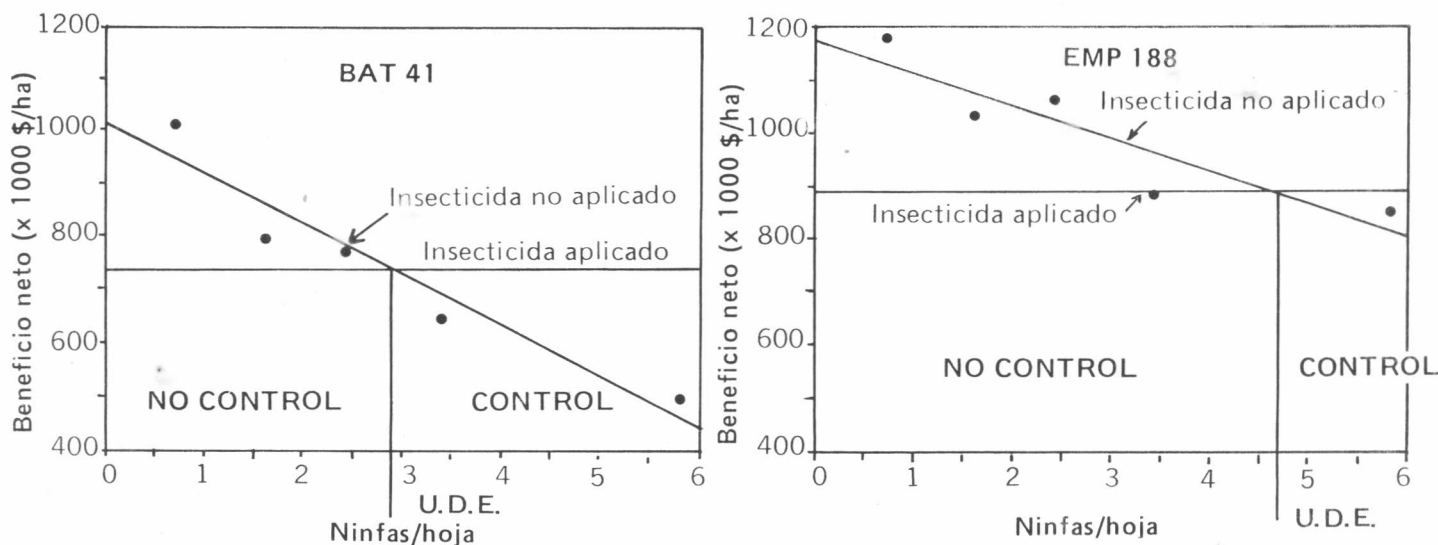


Figura 4. Umbrales del daño económico (U.D.E.) para *Empoasca kraemer* con una variedad susceptible (BAT 41) y una línea mejorada tolerante (EMP 188).

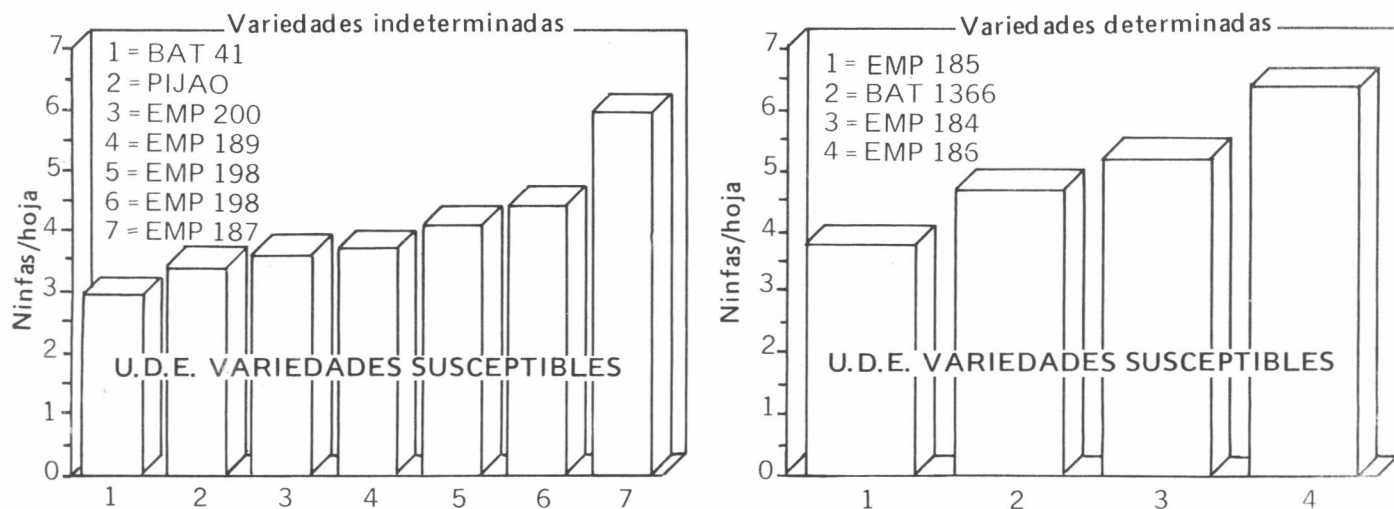


Figura 5. Umbrales de daño económico (U.D.E.) para *Empoasca kraemer* en variedades de frijol de diferentes hábitos de crecimiento.

aplicar hasta cuando las poblaciones lleguen a muy alto nivel de 6 ninfas/hoja.

La ventaja económica de utilizar líneas tolerantes a *E. kraemeri* se ilustra en la Tabla 2. Un agricultor que aplique insecticidas a los U.D.E. establecidos, obtendrá ganancias mucho mayores con las líneas tolerantes. Más importante aún, si el agricultor se abstiene de aplicar, sus pérdidas con las líneas tolerantes serán sustancialmente menores que con la variedad susceptible BAT 41; y si decide utilizar una variedad tolerante al lorito verde cosechará entre 739 y 879 kg de frijól más por hectárea que aquel que utilice una variedad susceptible.

Los resultados de estos estudios demuestran el avance logrado en la obtención de líneas de frijól tolerantes a lorito verde y permiten establecer las bases para adelantar un 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 previamente establecidos. Los resultados también ilustran las ventajas económicas de utilizar variedades tolerantes.

BIBLIOGRAFIA

CARDONA, C. 1989. Insects and other invertebrate bean pests in Latin America. **En:** SCHWARTZ, H.F. PASTOR CORRALES, M.A. (eds.). Bean Production Problems in the Tropics. 2nd. ed. Cali, CIAT p. 505-570.

TABLA 2 Análisis y ventaja comparativa de la resistencia varietal a *Empoasca kraemeri* en líneas de frijól tolerantes al insecto.

Línea tolerante	Beneficio neto del control (\$/ha)	Pérdida sin control (\$/ha)	Ventaja con respecto a BAT 41	
			\$/ha ^a	kg frijól/ha ^b
EMP 187	930510	269838	474848	879
EMP 188	1006460	373140	447496	829
EMP 186	841820	256878	399118	739
BAT 41 ^c	748720	562896		

^aCalculada así: diferencia en beneficio neto + diferencia en pérdidas sin control.

^bCalculada con un precio promedio de \$540 por kilogramo de frijól

^cTestigo susceptible

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1976. Bean Production Systems. **En:** Annual Report 1975. Cali, Colombia. CIAT p. C-29- C-36.

GARCIA, J.E.; CARDONA M., C.; SCHOONHOVEN, A. van. 1981. Resistencia del frijól común, *Phaseolus vulgaris* L. al *Empoasca kraemeri* Ross & Moore. Revista Colombiana de Entomología v. 7 no. 3-4, p. 15-21.

GOMEZ, K.A.; GOMEZ, A.A. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. 2nd. ed. New York, John Wiley & Sons. 680 p.

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

-----; VAN ESCH, J.; ALVARADO, M. 1989. Identification of common bean lines with ovipositional resistance to *Empoasca kraemeri* (Homoptera: Cicadellidae). Journal of Economic Entomology (Estados Unidos) v.82, p. 649-654.

REICHELDERFER, K.H.; CARLSON, G.A.; NORTON, G.A. 1983. Guidelines for considering the economic aspects of integrated pest control. FAO Task Force on Integrated Pest Control Economics. Roma, FAO. 162 p.

SCHOONHOVEN, A. van; GOMEZ, L.A.; AVALOS, F. 1978. The influence of leafhopper (*Empoasca kraemeri*) attack during various bean (*Phaseolus vulgaris*) plant growth stages on seed yield. Entomología Experimentalis et Applicata (Holanda) v. 23, p. 115-120.

SCHWARTZ, P.H.; KLASSEN, W. 1981. Estimate of losses caused by insects and mites to agricultural crops. **En:** PIMENTEL, D. (ed.). CRC Handbook of Pest Management in Agriculture, vol. 1. Boca Raton, FA, CRC Press, Inc. p. 15-77.

WILDE, G.; SCHOONHOVEN, A. van. 1976. Mechanism of resistance to *Empoasca kraemeri* in *Phaseolus vulgaris*. Environmental Entomology (Estados Unidos) v.5, p. 251-255.