

## COMPARACION DE METODOS DE MUESTREO Y DESARROLLO DE UN MUESTREO SECUENCIAL PARA CRISOMELIDOS Y SALTAMONAS EN FRIJOL

Juan Guillermo Velásquez M.\*

César Cardona Mejía\*\*

### RESUMEN

Contra un método absoluto de muestreo, se compararon en cultivos de frijol, los métodos de observación directa, tela, D-Vac y Jama, en cuanto a su eficiencia para estimar las poblaciones de los cucarroncitos del follaje **Diabrotica balteata** Leconte y **Cerotoma facialis** Erickson (Coleoptera: Chrysomelidae) y del saltamónas **Empoasca kraemeri** Ross and Moore (Homoptera: Cicadellidae). Con los métodos que resultaron mejores se estudió la distribución espacial de los insectos, para los cuales en trabajos anteriores, ya se les había establecido el nivel económico de daño. Se desarrolló también un plan de muestreo secuencial. La observación directa y el D-Vac fueron eficientes para los tres insectos. La tela sólo lo fue para **D. balteata** y el complejo de crisomélidos. La jama sólo fue eficiente para estimar los adultos de **E. kraemeri**. El único método eficiente para estimar las ninfas de **E. kraemeri** fue la observación directa.

Aunque hubo diferencias entre cultivos, la distribución espacial fue, por lo general de contagio para los crisomélidos y las ninfas de **E. kraemeri**. Para estas especies, los modelos de distribución que mejor se ajustaron fueron el binomial negativo y el Neyman tipo A. Los cálculos de las regresiones entre las medias de agrupamiento y las medias de población permitieron a su vez calcular las líneas de decisión necesarias para desarrollar un plan de muestreo secuencial para saltamónas y crisomélidos en frijol.

### SUMMARY

Direct observation, cloth, D-Vac and Sweepnet methods of capture were compared against an absolute method of

sampling, in order to find out their efficiency in estimating populations of **Diabrotica balteata** LeConte, **Cerotoma facialis** Erickson (Coleoptera: Chrysomelidae) and the leafhopper **Empoasca kraemeri** Ross and Moore (Homoptera: Cicadellidae) on beans.

The spatial distribution of these insects, which economic damage levels have already been established, was studied with the best sampling methods. A sequential sampling model was also developed.

Direct observation and D-Vac were efficient for all of the insects. The cloth method was efficient for **D. balteata** and chrysomelid complex. The sweep net was efficient for estimating **E. kraemeri** adults, and the only method available for estimating **E. kraemeri** nymphs, was the direct observation.

Though there were differences between crops, the spatial distribution was generally contagious for chrysomelids and nymphs of the leafhoppers. For these species, the models which fit the best, were the binomial negative and the Neyman type A. The regression calculation between aggregation means and population means, permitted calculate the necessary decision lines for developing a sequential plan for leafhopper and chrysomelids on beans.

### INTRODUCCION

Como plagas del frijol en el Valle del Cauca se han reconocido los insectos **Diabrotica balteata** LeConte, **Cerotoma facialis** Erickson (Coleoptera: Chrysomelidae) y **Empoasca kraemeri** Ross and Moore (Homoptera: Cicadellidae), para los cuales se ha estudiado la biología (González y Cardona, 1981; Wilde et al, 1976). El nivel de daño económico que se estableció para los crisomélidos, como

consumidores de follaje fue de dos a cuatro adultos por planta durante dos épocas: 8 a 15 días y 36 a 43 días después de siembra (Cardona, et al, 1982), y para **E. kraemeri** en el estado de ninfa, fue de dos o tres ninfas por trifolio de la parte media de la planta durante todo el cultivo; este nivel es variable según el material sembrado, que puede ir desde susceptible como la variedad Diacol-Calima hasta resistente como el EMP 81, frijol mejorado para contrarrestar el ataque del **E. kraemeri** (CIAT, 1980).

Luego de haber estudiado la biología y el nivel de daño de estos insectos era necesario buscar un método que resultara fácil, barato, rápido y eficiente para que el asistente técnico o el campesino dedicado a la siembra del frijol, estimara si las poblaciones de los insectos estaban o no en un nivel de daño económico. Este fue el objetivo del trabajo, que a la postre podría llevar a un manejo más racional de los métodos de control de las plagas del frijol.

### MATERIALES Y METODOS

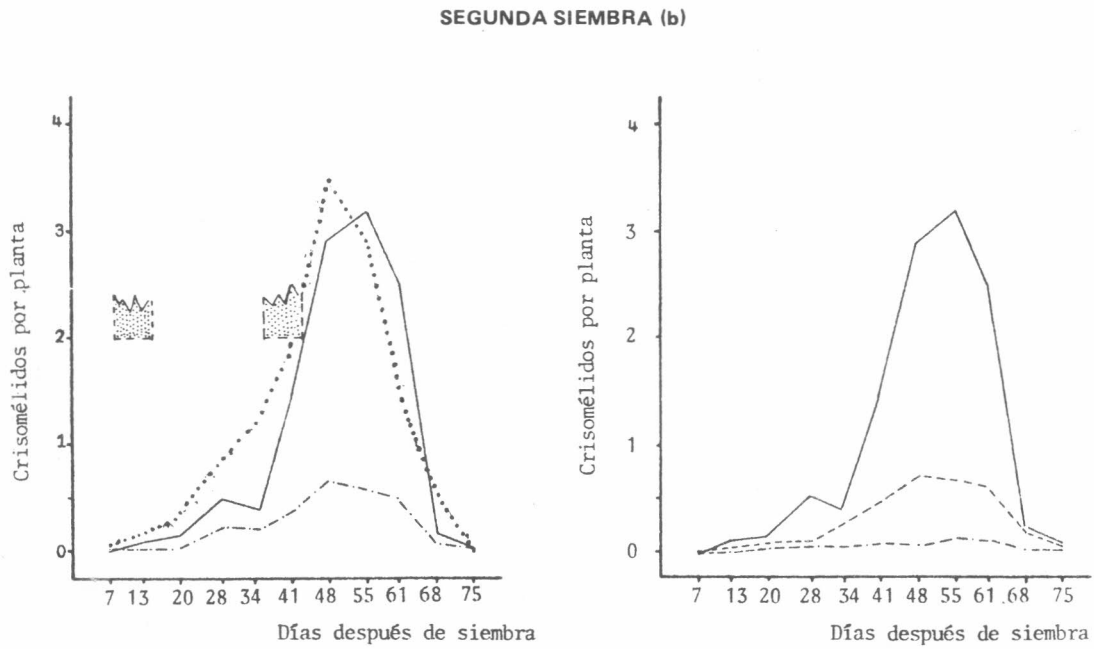
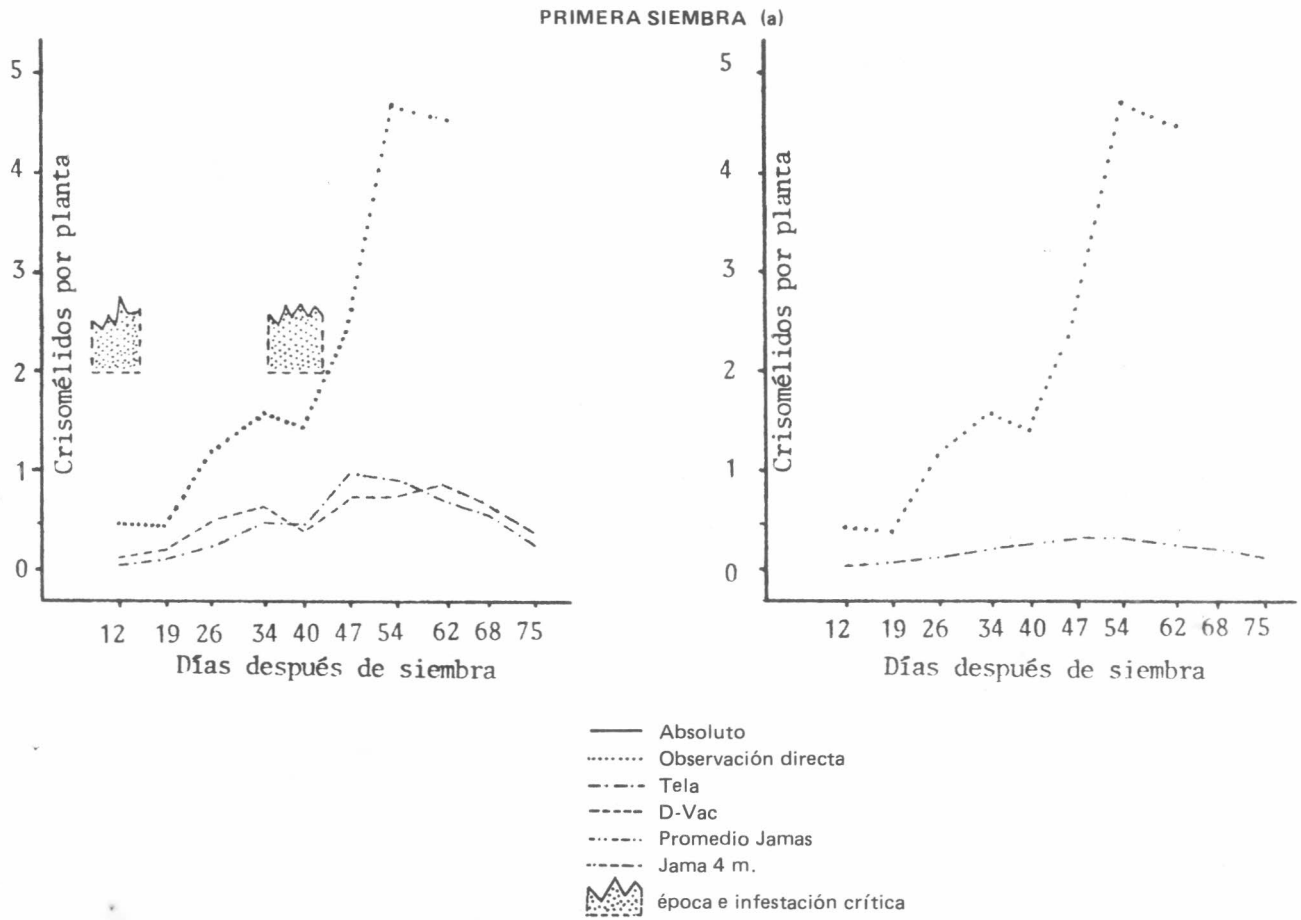
Con el fin de buscar un método de muestreo eficiente de tres plagas de frijol, se estudió inicialmente la distribución espacial de los insectos en un campo de frijol. Para tal efecto, en el CIAT-Palmira (T 24°C y H.R. 80%) en un área de 1800 m<sup>2</sup>, sembrada con frijol de la variedad G 02146 en camas de 1,2 m. y a 0,10 m entre plantas, se ensayaron los siguientes métodos de muestreo:

#### Observación Directa:

Con este método se tomaron un total de 100 muestras al azar semanales desde los primeros 8 hasta los 68 días después de la siembra. Este muestreo consistió en el conteo en una planta de los insectos que escapaban. Los crisomélidos fueron con-

\* Estudiante en Tesis - CIAT, Apartado Aéreo 6713 Cali.

\*\* ICARDA, P. O. Box 5466. Aleppo, Siria.



**Figura 1.** Fluctuación de las poblaciones de crísomélidos por varios métodos en dos siembras.

tados por una persona y los saltahojas por otra.

Tela:

Método con el cual se tomaron semanalmente 60 muestras al azar hasta la madurez del cultivo (75 días después de siembra) y consistió en extender una tela de un metro de largo entre los surcos, golpear hacia ella las plantas comprendidas y contar los insectos que caían, repartiendo el trabajo como en el anterior método entre las dos personas.

D-Vac o Jama de Vacío:

Este método consistió en aspirar 5 m de surco en 35 sitios del campo al azar cada semana, colocar en frascos lo recogido y llevarlos al laboratorio para ser contado, luego de haberlo tratado en frío.

Jama de Mano:

Se barrieron 30 sitios al azar en el campo sobre una extensión de 4 metros de surco y lo recogido fue llevado al laboratorio para su posterior conteo.

Para todos los métodos ensayados se llevó un registro del tiempo empleado tanto en la toma de muestra como en su conteo.

Se quiso saber luego qué tan buen índice de la población daban los métodos ya ensayados, y con este fin en una nueva siembra sobre un área aproximada de 2900 m<sup>2</sup>, sembrada con la misma variedad en surco a 0,60 m y una distancia entre plantas de 0,10 m, se probaron de nuevo los mismos métodos con un número de muestras tal que se permitiera sólo un 30% de coeficiente de variación contra un método absoluto de muestreo que consistió en encerrar en una bolsa plástica una planta la cual había sido tomada al azar y separada con un día de anticipación. Para lograr que el muestreo fuese absoluto, se hizo acercándose sigilosamente a las plantas, embolsándolas rápidamente, anudándolas y posteriormente llevándolas al laboratorio para contar los insectos contenidos, y el número de trifolios de la planta. Con este método se tomaron 40 muestras al azar cada semana.

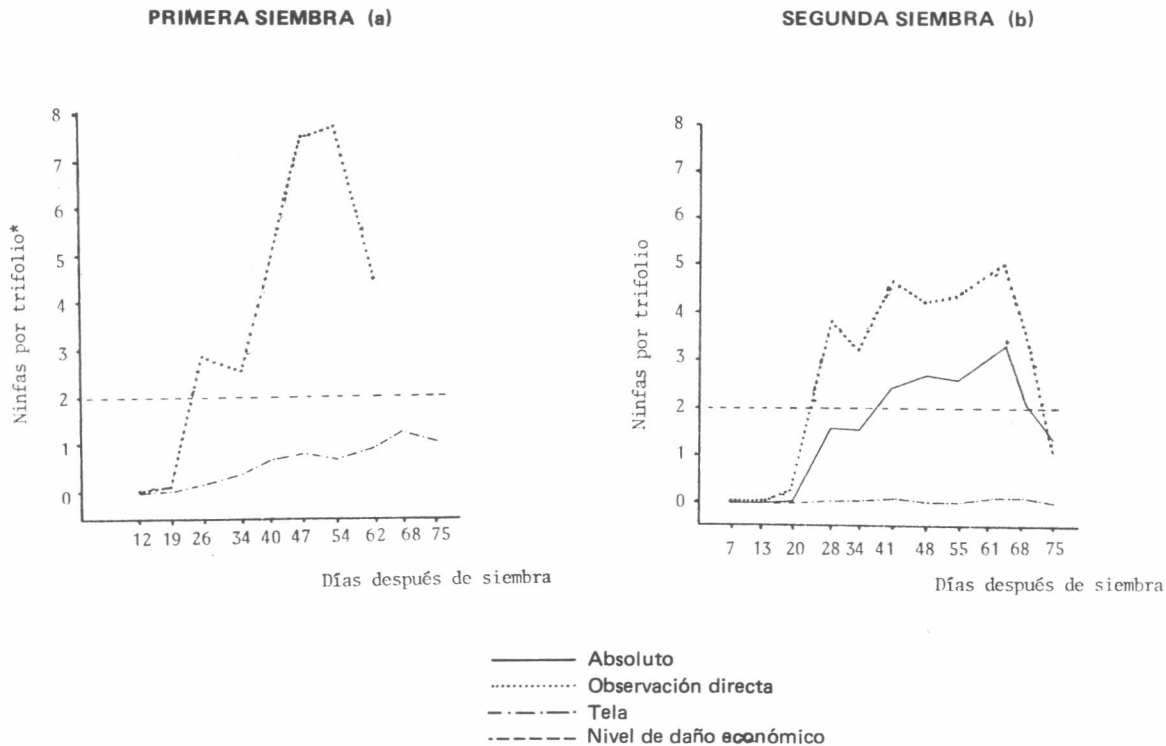
RESULTADOS Y DISCUSION

Fluctuación de las poblaciones

Para los crisomélidos *D. balteata* y *C. facialis* fue claro que en ambas siembras no se presentaron poblaciones que llegaran al nivel de plaga durante las dos épocas críticas de las plantas, sus niveles sólo subieron después de estas épocas, para por último decaer las poblaciones con la madurez del cultivo (Figura 1). Este hecho hace aparecer como injustificadas las aplicaciones de control para este grupo de insectos en los campos de fríjol.

Las ninfas de *E. kraemeri* si alcanzaron el nivel crítico en las primeras etapas del cultivo, pudiendo este insecto llegar a ser limitante en la producción del fríjol. El nivel crítico (2 a 3 ninfas por trifolio de la parte media) fue alcanzado entre los 19 y 26 días después de la siembra (Figura 2).

Aunque no se estableció un nivel de daño para los adultos de *E. kraemeri*, es de resaltar el alto nivel de la población de este insecto que aumentó desde los 19 días para luego decaer con la madurez del cultivo (Figura 3).

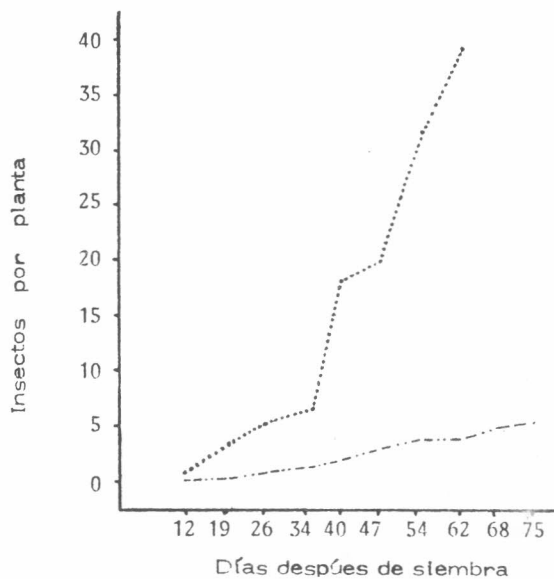
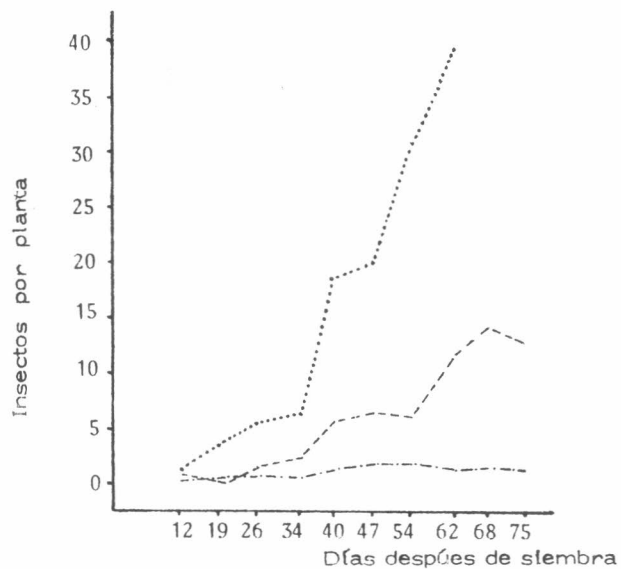


\* Lo capturado por el método de la tela durante la primera siembra está expresado en esta ninfas por planta.

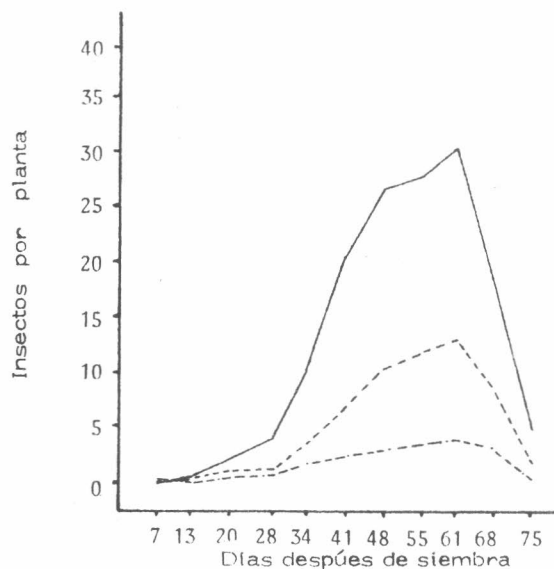
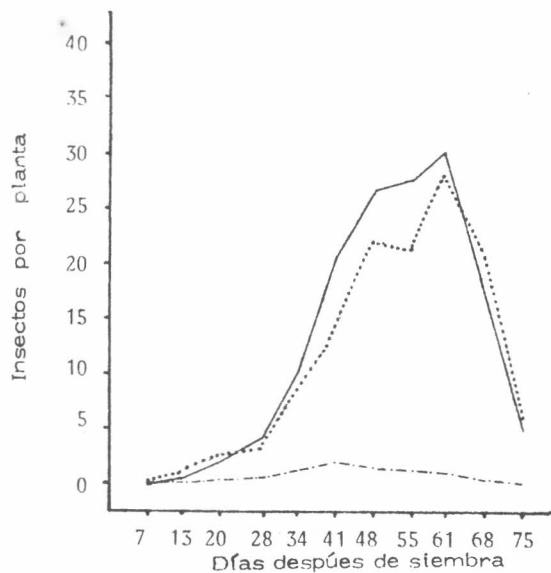
Figura 2. Fluctuación de población de ninfas de *E. kraemeri* por tres métodos de muestreo en dos siembras.

Figura 3. Fluctuación de población de adultos de *E. kraemeri* por varios métodos durante dos siembras.

PRIMERA SIEMBRA



SEGUNDA SIEMBRA



- Absoluto
- ..... Observación directa
- - - - Tela
- · - · D-Vac
- · - · Promedios jamas
- · - · Jama 4 metros

Comparación de los Métodos de Muestreo

Los métodos de muestreo se compararon empleando análisis de correlación y regresión entre ellos y el método absoluto de muestreo. Los resultados para estimación de los crisomélidos muestran altas correlaciones para todos (Tabla 1). Por intermedio de las regresiones se pudo establecer un orden de confiabilidad dado el valor R<sup>2</sup> que sería 1 si la

regresión fuese perfecta como sigue: D-Vac, Tela, Observación Directa, y por último la jama, que no presentó un R<sup>2</sup> tan alto como el resto, lo cual muestra que no es un buen método para estimar las poblaciones de los crisomélidos.

Para las ninfas de *E. kraemeri* la correlación con el absoluto fue alta para la observación directa y baja para la tela. También los R<sub>2</sub> reflejaron este resultado indicando que la observación directa si

fue un buen método de muestreo de las ninfas mientras que la tela no lo fue (Tabla 2).

Los adultos de *E. kraemeri* muestreados por todos los métodos mostraron altas correlaciones. Las regresiones indican el siguiente orden de confiabilidad: D-Vac, observación directa, jama, la cual para estimar las poblaciones de adultos de *E. kraemeri* si funcionó, y por último la tela que no parece tan eficiente (Tabla 3).

**Tabla 1.** Coeficientes de correlación y valores de regresión para estimar poblaciones "reales" de crisomélidos a partir de los métodos relativos.

METODO	COEFICIENTE DE CORRELACION CON EL ABSOLUTO	VALOR DE REGRESION INSECTO/PLANTA	R <sup>2</sup>
Observación directa	0,9317**	0,9318**X	0,8681
Tela	0,9471**	4,6227**X	0,8971
D-Vac	0,9766**	4,6757*X <sup>2</sup>	0,9806
Jama 4 m.	0,8346**	20,1831**X	0,6966

\*\* El valor es cero con una probabilidad de 0,0001  
 \* El valor es cero con una probabilidad de 0,0900

**Tabla 2.** Coeficiente de correlación y valores de regresión para estimar población "real" de ninfas de *Empoasca kraemeri* a partir de los métodos relativos.

METODO	COEFICIENTE DE CORRELACION CON EL ABSOLUTO	VALOR DE REGRESION NINFAS/TRIFOLIO	R <sup>2</sup>
Observación directa	0,9510**	0,5926**X	0,9045
Tela	0,7163*	27,9936**X	0,5131

\*\* El valor es cero con una probabilidad de 0,0001  
 \* El valor es cero con una probabilidad de 0,0900

**Tabla 3.** Coeficiente de correlación y valores de regresión para estimar la población "real de adultos de *Empoasca kraemeri* a partir de los métodos relativos.

METODO	COEFICIENTE DE CORRELACION CON EL ABSOLUTO	VALOR DE REGRESION INSECTO/PLANTA	R <sup>2</sup>
Observación directa	0,9668**	1,1408**X	0,9346
Tela	0,7953**	33,2703**X-9,8277**X <sup>2</sup>	0,7579
D-Vac	0,9856**	2,3694**X	0,9715
Jama 4 m.	0,9629**	7,0196**X	0,9271

\*\* El valor es cero con una probabilidad de 0,0001  
 \* El valor es cero con una probabilidad de 0,0900

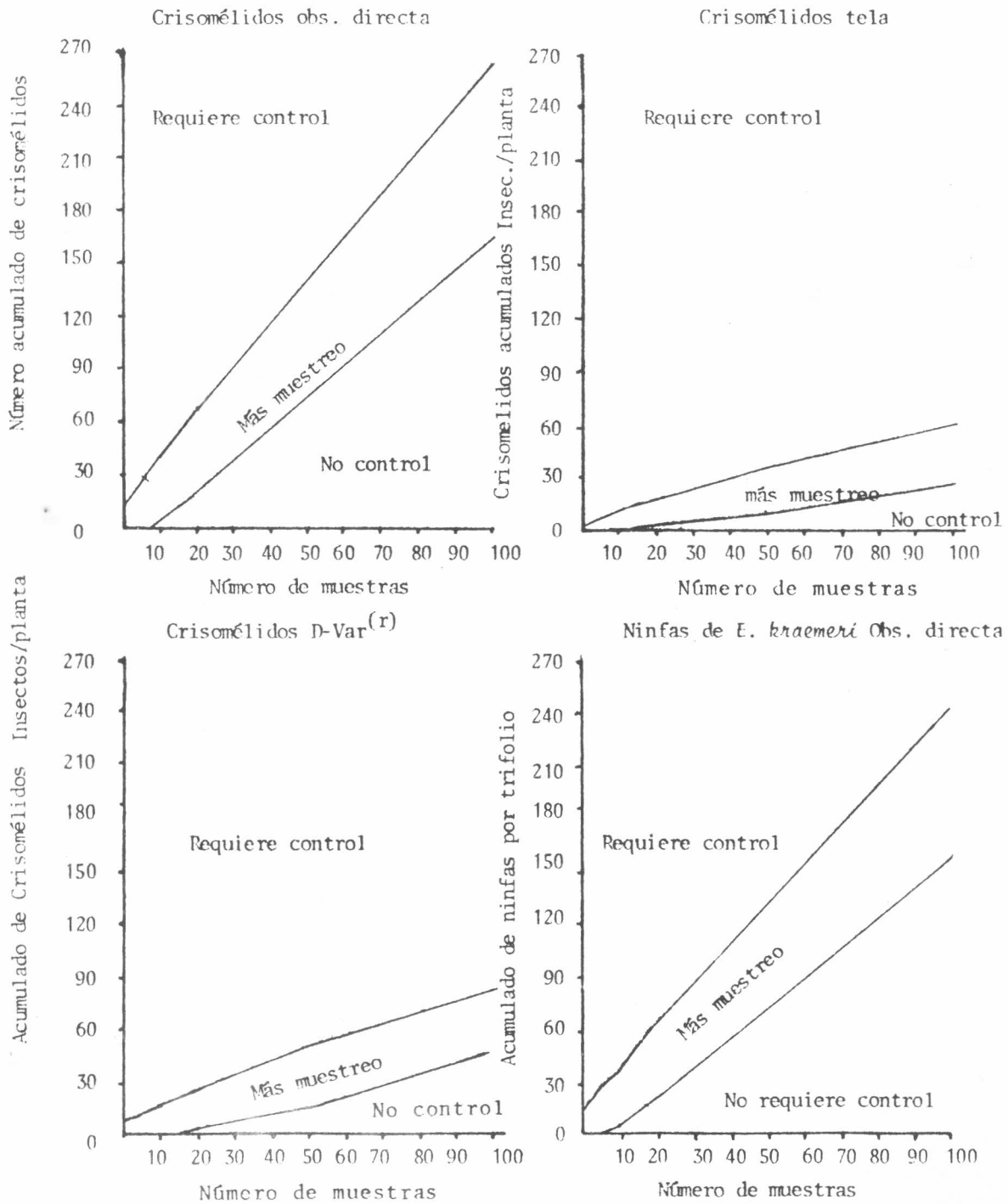
Muestreo Secuencial

Al sustituir los valores a y B de la regresión para cada insecto por cada método de muestreo y, usar el número de insectos

del nivel crítico de la población (deducido de las Tablas 1 y 2) se hallaron las líneas para trazar el plan de muestreo secuencial (Figura 4) para los métodos y las poblaciones de insectos que resulta-

ron de contagio. Los planes de muestreo secuencial están determinados por las líneas de decisión, las cuales dividen el plano carteciano en tres regiones a saber:

Fig. 4. Líneas de decisión para el plan de muestreo secuencial de crisomélidos (*D. balteata* y *C. facialis*) y saltahojas *E. kraemerii* por varios métodos.



**Región de baja infestación**, en la cual no se requiere hacer ningún control si la población capturada en la suma de todas las muestras tomadas (5, 6, 7, 10 ó más) no alcanza este nivel. Si la suma de todo lo capturado en las muestras tomadas cae en la **Región de indecisión** en la cual no se tiene certeza de la intensidad de infestación, se debe seguir muestreando y una **Región de alta infestación** en la que con certeza se sabe que la población puede causar daño económico al cultivo. Es en ese nivel donde el asistente técnico o el campesino deben decidir si se hace aplicación de un método de control.

Las líneas de muestreo secuencial fueron halladas por intermedio de las siguientes fórmulas:

$$d_1 = nX_c + t \sqrt{n[(a+1)X_c + (B-1)X_c^2]}$$

$$d_2 = nX_c - t \sqrt{n[(a+1)X_c + (B-1)X_c^2]}$$

donde  $n$  es el número de muestras,  $a$  y  $B$  son los parámetros de la regresión,  $X_c$  es el nivel crítico de población y  $t$  se toma de las tablas estadísticas para el nivel aceptable de error el cual puede tomarse según el costo del muestreo y el riesgo que se quiera correr (en este caso 0,05 de probabilidad para ambas líneas).

Este resultado no fue constante y todas las poblaciones de insectos mostraron cambio en el tipo de disposición espacial con el cambio en la densidad de las poblaciones. Por tanto se usó otro método, la regresión de Iwaos (1968), en la que se dice que la media poblacional ( $\bar{X}$ ) está relacionada con la media de agrupamiento ( $\bar{X}^*$ ) por intermedio de la ecuación lineal:

$$m = a + Bm$$

siendo "a" un índice básico de contagio y  $B$  un índice de densidad de contagio que indica como cambia la distribución

de los insectos con el cambio de la densidad de la población. Los resultados de la regresión de la media de agrupamiento contra la media de la población, para los diferentes métodos de muestreo de las poblaciones de crisomélidos y ninfas de *E. kraemeri* (Tabla 4), indican que los "a" tienden a ser cero o sea no es seguro que exista un índice básico de contagio para ningún insecto visto a través de cualquiera de los métodos de muestreo. En cuanto al  $B$  este valor fue significativamente diferente de cero y de uno para los crisomélidos por los métodos de la observación directa y la tela, mientras que para la D-Vac no. Esto indica que la disposición de los crisomélidos vista a través de los métodos de la observación directa y la tela fueron de contagio pero no lo fue así para ellos por el método del D-Vac, en el que parecen ser al azar.

Tabla 4. regresión de la media de ( $\bar{X}^*$ ) agrupamiento contra la media de la población de crisomélidos y ninfas de *E. kraemeri* diferentes métodos de muestreo

INSECTO	METODO	a	B	R <sup>2</sup>
crisomélidos	observación directa	$\bar{X}^* = -0,1267 \text{ NS} + 1,6022$	$1 \bar{X}$	0,9695
	Tela.	$\bar{X}^* = 0,3099 \text{ NS} + 1,1067$	$1 \bar{X}$	0,9911
	D-Vac	$\bar{X}^* = 0,7672 \text{ NS} + 1,1845$	$1 \bar{X}$	0,9556
ninfas de Empoasca	observación directa	$\bar{X}^* = 0,0238 \text{ NS} + 1,3446$	$1 \bar{X}$	0,9874

1/ significativamente diferente de cero  $P < 0,001$   
 NS = no significativo

Conveniencias por costo del muestreo

El tiempo de trabajo fue el parámetro con que se valoró el costo de cada método (Tabla 5), sin incluir el absoluto, ya que este es imposible de practicar en cultivos comerciales por lo destructivo. Los muestreos que más tiempo emplearon fueron el D-Vac y la jama. Mientras que la tela y la observación directa fueron los que requirieron menos tiempo.

Distribución Espacial

Hay tres tipos esenciales de distribución espacial entre los cuales hay intermedios: uniforme, donde la varianza es menor que la media poblacional; al azar, donde la varianza y la media son iguales y de contagio o apiñada en la cual la varianza es mayor que la media. Los tipos de distribución espacial afectan de diferente manera los estimativos que se hagan de la población (Southwood 1978; Ravinovich, 1980). Por éso, para poder desarrollar el plan de muestreo secuencial en el que se requiere, a más del nivel

de daño económico, el conocimiento de la distribución espacial de la población de la plaga, en este trabajo se intentó su estudio empleando: "bondad de ajuste" que, debido a las limitaciones propias del método no permite decir exactamente a cual pertenece y por lo tanto no es una prueba concluyente. Con este método se encontraron los mejores ajustes a los modelos binomial negativo y Neyman tipo A que son modelos de apiñamiento.

**Tabla 5.** Tiempo promedio en minutos empleados por cada método por unidad de muestra.

METODO	PRIMERA SIEMBRA	SEGUNDA SIEMBRA
Absoluto	---	15,44
Observación directa	1,35	1,36
Tela	1,23	1,44
D-Vac	8,11	14,10
Jama 4 m.	3,43	4,34

### CONCLUSIONES

- Las poblaciones de los crisomélidos no representaron bajo las condiciones del estudio un riesgo para el rendimiento de los cultivos.
- *D. balteata* fue la que presentó la más alta población entre los crisomélidos.
- El mejor método de muestreo para crisomélidos con base en el tiempo empleado, fue la observación directa, aunque por precisión fue el D-Vac.
- Para las ninfas de *E. kraemeri* sólo fue eficiente la observación directa.
- Tanto para los crisomélidos como para las ninfas de *E. kraemeri* la distribución espacial fue de contagio, aunque el contagio es leve.
- El plan de muestreo secuencial tra-

zado a través del método de la observación directa es una forma fácil, rápida y eficiente de saber si la población de *E. kraemeri* y la de los crisomélidos necesitan o no ser controladas.

### BIBLIOGRAFIA

- CARDONA, C.; GONZALEZ, R., SCHOONHOVEN, A. v. Evaluation of the damage to common beans by larvae and adults of *Diabrotica balteata* and *Cerotoma facialis*. *Journal of Economic Entomology* (Estados Unidos) v. 75 no. 2, p. 324-332. 1982.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. CALI (COLOMBIA). *Biología y Control de insectos plagas del fríjol*. En: Informe Anual 1980. Cali, CIAT, 1980. p. 66.
- GONZALEZ, R.; CARDONA, C. Morfología y biología de *Diabrotica balteata* Le Conte

y *Cerotoma facialis* Erickson (Coleoptera: Chrysomelidae) plagas del fríjol común (*Phaseolus vulgaris*). Cali, CIAT, 1981. 25 p. (Manuscrito sin publicar).

- IWAO, S. A new regression method for analyzing the aggregation patterns of the animal populations. *Research in Population Ecology* (Japón) v. 10 no. 1, p. 1-20. 1968
- RABINOVICH, L. C. Introducción a la ecología de las poblaciones animales. México, Continental, 1980. 313 p.
- SOUTHWOOD, T. R. E. *Ecological methods with particular reference to study of insect populations*. New York, John Wiley & Son, 1978. 524 p.
- WILDE, G.; SCHOONHOVEN, A. v.; GOMEZ, L. The biology of *Empoasca kraemeri* on *Phaseolus vulgaris*. *Annals of the Entomological Society of America* (Estados Unidos). v. 69 no. 3, p. 442-444. 1976.

