

**PLAN DE MUESTREO SECUENCIAL PARA EL CONTROL DE  
ARAÑITAS *Panonychus ulmi* (Koch) Y *Tetranychus urticae* Koch, EN  
NECTARINES VAR. ARMKING<sup>1</sup>**

**Sequential sampling plan for the control of the mites *Panonychus ulmi*  
(Koch) and *Tetranychus urticae* Koch, on nectarines var. Armking**

**René Vargas M.<sup>2</sup> y Fernando Rodríguez A.<sup>2</sup>**

**SUMMARY**

An enumerative sequential sampling was developed for the European red mite (*P. ulmi*) and two-spotted mite (*T. urticae*), in nectarines var. Armking in the Aconcagua Valley.

The species distribution pattern was expressed in terms of Taylor's power law. Limit mite densities levels had to be determined before a proper interval between treatment and non-treatment thresholds could be decided.

The sequential sampling was validated with data from a conventional sampling of mites, with a fixed sample size. This sequential sampling provided a saving in time of up to 65%, compared with the conventional sampling, with comparable levels of precision and reliance.

**INTRODUCCION**

El control químico de los ácaros fitófagos en durazneros y nectarines, es ineficiente cuando se realiza en base a calendario, fenología de la planta o una estimación subjetiva de la abundancia de la plaga; sin embargo, son las formas más usadas para decidir el control. Por ello, se requiere de criterios más objetivos, que permitan tomar una decisión equilibrada y oportuna.

Para la integración eficiente de los pesticidas con otras medidas de control de plagas, se necesita un conocimiento adecuado del nivel poblacional de la plaga y de sus enemigos naturales; tal estimación se logra con un muestreo apropiado. Un error o falta de precisión en el muestreo, puede originar una sobre-estimación o una subestimación de la población. Si es una sobre-estimación, se puede recomendar una aplicación innecesaria de pesticidas, con las consecuencias que ello involucra, como son el aumento en los costos de producción, eliminación de enemigos naturales, induc-

ción de resistencia y polución ambiental. Por otra parte, si la población es subestimada, se puede originar graves pérdidas económicas por no controlarla.

En el sistema de manejo integrado de plagas, se considera fundamental llevar a cabo un programa de muestreo que genere información rápida, económica y con un nivel de precisión conocido (Croft, 1978). El muestreo secuencial es una técnica que satisface los requerimientos señalados. Fue desarrollada en la década del 40, pero sólo 10 años más tarde fue utilizada como herramienta en el manejo de pestes. En la actualidad, son numerosos los programas de muestreo secuencial de plagas de la agricultura (Harcourt, 1966a y b; Allen, González y Gokhale, 1972; Pieters y Sterling, 1974; Harcourt y Guppy, 1976; Shepard, 1980; Wilson y otros, 1983; Régniere, Boulet y Turgeon, 1988).

La característica principal del muestreo secuencial, es un tamaño de muestra flexible. Cuando el muestreo tiene como objetivo decidir la necesidad de un control, esta flexibilidad se traduce en una economía importante. Especialmente cuando existen densidades extremas de población, basta un pequeño número de muestras para tomar la decisión.

<sup>1</sup> Recepción de originales: 1º de diciembre de 1988.

<sup>2</sup> Subestación Experimental Control Biológico La Cruz (INIA), Casilla 3, La Cruz, Chile.

Básicamente, este método consiste en una extracción correlativa de muestras, asociada a una decisión en base a la información que entrega cada muestra. Si no es posible tomar una decisión, se extrae otra muestra, que se suma a la anterior hasta lograr una decisión.

En vista de las graves infestaciones de ácaros fitófagos en durazneros y nectarines en el valle del Aconcagua (V Región), el objetivo de este trabajo es desarrollar un plan de muestreo secuencial, que proporcione un método racional para decidir las medidas de control pertinentes, considerando límites poblacionales arbitrarios, basados fundamentalmente en la fenología de la plaga.

### MATERIALES Y METODOS

Para desarrollar el plan de muestreo secuencial de los ácaros, se utilizó los datos generados por siete muestreos realizados semanalmente, en los meses de noviembre y diciembre de 1987, en un huerto de nectarines var. Armking, ubicado en Los Andes (V Región).

En cada uno de los muestreos, se consideró 40 hojas por árbol y un total de 40 árboles. El recuento de ácaros fitófagos y sus depredadores se realizó *in situ*, con lupa manual de 10x.

El muestreo secuencial, requiere conocer previamente la disposición espacial de la población en condiciones naturales. Para tal efecto, se utilizó la hoja como unidad experimental y se calculó las variables variancia ( $S^2$ ) y media ( $\bar{X}$ ); para luego determinar: índices de agregación  $S^2/\bar{X}$  (Southwood, 1971); coeficiente  $B$  de la Potencia de Taylor (Ruesink, 1980); y el  $k$  común ( $k_c$ ), calculado según el método de "máxima verosimilitud" (Bliss y Owen, 1958), a partir del  $k$  de cada uno de los muestreos.

Otra información necesaria para el desarrollo de un plan secuencial de muestreo, es el umbral de daño u otra manera de establecer límites para decidir el control. Al no existir antecedentes sobre umbral de daño en nectarines en la zona, se usó la información de un estudio de poblaciones realizado en forma paralela por el primer autor (no publicado). En dicho trabajo, se observa un incremento rápido de la población cuando la densidad alcanza aproximadamente cuatro ácaros por hoja (Figura 1). Con estos antecedentes, el muestreo fue diseñado con dos categorías: (m1) dos o menos ácaros por hoja (no requiere control); y (m2) cuatro o más ácaros por hoja (necesita control).

Además, se debe fijar de antemano el riesgo de cometer un error en la recomendación. En este caso, pueden existir dos tipos de errores: (1) recomendar un control innecesario ( $\alpha$ ); y (2) no recomendar un control cuando es necesario hacerlo ( $\beta$ ). Se fijó  $\alpha = \beta = 0,10$ .

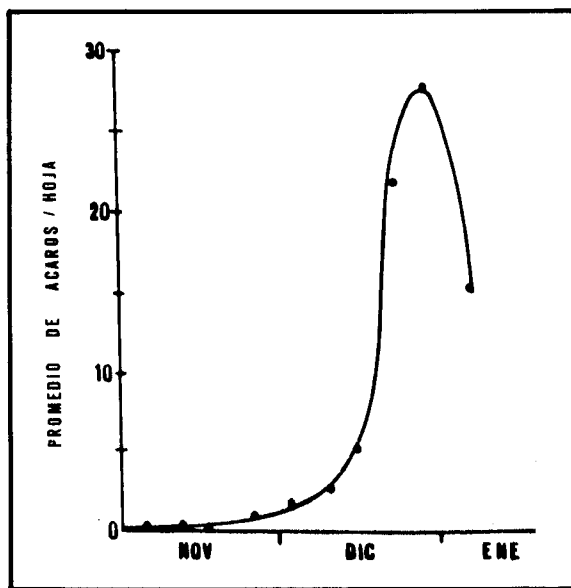


FIGURA 1. Fluctuación poblacional de *Panonychus ulmi* (Koch) y *Tetranychus urticae* Koch, en nectarines var. Armking. Los Andes, 1987-1988.

FIGURE 1. Seasonal population densities of *Panonychus ulmi* (Koch) and *Tetranychus urticae* Koch, in nectarine trees. Los Andes, 1987-1988.

Las ecuaciones para las líneas de decisión son las utilizadas por Waters (1955) y corresponden a la distribución binomial negativa:

$$D1 = bn + h1 \text{ (línea inferior)}$$

$$D2 = bn + h2 \text{ (línea superior)}$$

donde:  $D$  es el número acumulado de individuos;  $n$  es el número de unidades muestrales examinadas;  $b$  es la pendiente de las rectas; y  $h1$  y  $h2$ , son los interceptos. La pendiente y los interceptos se calculan según Waters (1955), del modo siguiente:

$$b = k \frac{\log \frac{q2}{q1}}{\log \frac{p2q1}{p1q2}}$$

$$h1 = \frac{\log \frac{\beta}{1-\alpha}}{\log \frac{p2q1}{p1q2}}$$

$$h2 = \frac{\log \frac{1-\beta}{\alpha}}{\log \frac{p2q1}{p1q2}}$$

donde:

$$p1 = \frac{m1}{k} \quad \text{y} \quad q1 = 1 + p1;$$

$$p2 = \frac{m2}{k} \quad \text{y} \quad q2 = 1 + p2$$

Como información adicional a las líneas de decisión (que son en la práctica el criterio que se usa para la clasificación de la infestación), se realizan las llamadas curva característica de operación (CO) y curva promedio de muestras (PM), las que ayudan en la visualización del plan de muestreo. La curva CO da la probabilidad  $L(M)$  de lograr una decisión correcta en un rango de densidades poblacionales, se obtiene graficando la probabilidad  $L(M)$  de decidir correctamente y el promedio de individuos por unidad muestral ( $M$ ). Los valores de  $L(M)$  y  $M$  se obtienen según Waters (1955), como sigue:

$$L(M) = \frac{A^x - 1}{A^x - B^x}$$

donde:

$$A = \frac{1 - \beta}{\alpha} \quad B = \frac{\beta}{1 - \alpha}$$

$$M = kp$$

donde:

$k$  es el parámetro de agregación de la distribución binomial negativa y

$$p = \frac{1 - \left(\frac{q1}{q2}\right)^x}{\left(\frac{p2q1}{p1q2}\right)^x - 1}$$

La curva PM es un indicador de la cantidad que se requiere muestrear a diferentes niveles de población. Se obtiene graficando el número promedio de unidades muestrales que se deben examinar [ $E(N)$ ] y el promedio de individuos por unidad muestral ( $M$ ). Los valores se calculan de acuerdo a:

$$E(N) = \frac{h2 + (h1 - h2) L(M)}{M - b}$$

El número de hojas a muestrear de cada árbol fue el determinado por Vargas (1987) y el número de árboles a muestrear, se calculó según la fórmula de Wilson y Room (1983).

$$n = \frac{(Z \frac{\alpha}{d})^2}{2} a\bar{X} (B-2)$$

donde:

$$Z \frac{\alpha}{2} = 1,96;$$

$$d = 0,1;$$

$a$  y  $B$  los valores de la Potencia de Taylor.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La mayor parte de los valores de la variancia fueron bastante mayores que los de sus respectivas medias, relación que sugiere la disposición agregada de la población (Southwood, 1971): El valor  $B = 1,158$  de la Potencia de Taylor, es estadísticamente mayor que 1 (Zar, 1974), lo que confirma la agregación (Ruesink, 1980) y, por último, se obtuvo el índice de agregación  $kc = 0,0915$ . Con estos resultados preliminares, se desarrolló el plan de muestreo secuencial.

Se ha de tener en cuenta, que los datos utilizados corresponden a una temporada, una localidad y sólo una variedad frutal; por lo tanto, no se pueden generalizar los resultados obtenidos, a menos que se repita el estudio durante algunas temporadas y en distintos lugares, para poder construir modelos de agregación, que sean representativos de la mayoría de las situaciones. Además se debe hacer notar que, en la temporada 1987/88, se observó marcadas diferencias poblacionales de ácaros fitófagos, entre distintos predios de la misma zona. El huerto utilizado en este estudio, fue escogido por presentar gran cantidad de huevos invernales.

Con los valores de la pendiente ( $b$ ) y de los interceptos de las ecuaciones de decisión ( $h1$  y  $h2$ ), se obtiene que:

si  $D \geq 2,776 N + 99,35$  los ácaros necesitan control;

si  $D \leq 2,776 N - 99,35$  ellos no necesitan control

Al valorar la incógnita ( $N$ ) de las ecuaciones, se obtiene las líneas de decisión (Figura 2) que, en definitiva, son los criterios para clasificar la infestación.

En la práctica, existen dos maneras de tomar la decisión. La primera, es examinar las muestras en secuencia y en el gráfico de las líneas de decisión, marcar el número de individuos acumulados versus número de unidades muestrales examinadas. Cuando algún punto alcanza o cruza sobre la línea superior, el control es necesario; si un punto toca o queda bajo la línea inferior, no se necesita control. Si el punto queda entre las líneas, el muestreo debe continuar hasta tomar una decisión.

Otra forma más sencilla y muy utilizada, es la construcción de una tabla que considera los valores que toma D (ácaros acumulados) en relación a N (hojas muestreadas), de acuerdo a las ecuaciones de decisión (Cuadro 1). Los datos obtenidos en el campo, se comparan con la tabla para efectuar la decisión.

Aunque las curvas CO y PM no son imprescindibles en el método, conviene elaborarlas por la ayuda visual que ellas prestan en la realización del plan. La curva CO (Figura 3) muestra, por ejemplo, que con la densi-

dad de dos ácaros/hoja, la probabilidad de decidir correctamente no realizar control, es 0,9; en cambio, la probabilidad de tomar la decisión contraria, es 0,1. Esta curva nos entrega todas las probabilidades de tomar una decisión correcta, en el rango de 0 a 5 ácaros por hoja.

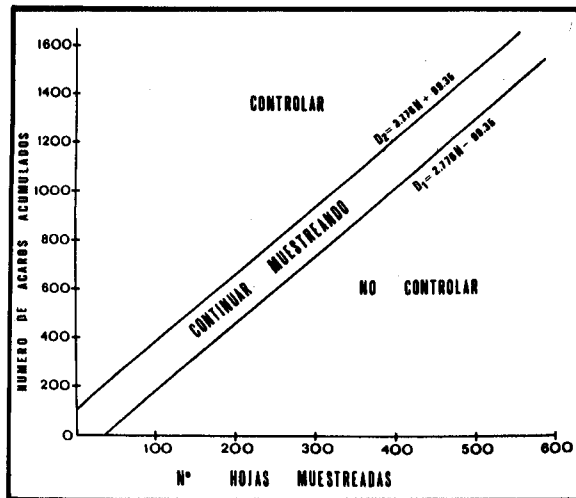


FIGURA 2. Gráfico secuencial para el muestreo de ácaros fitófagos, en nectarines var. Armking.  
 FIGURE 2. Sequential graph for sampling mites, in nectarine trees.

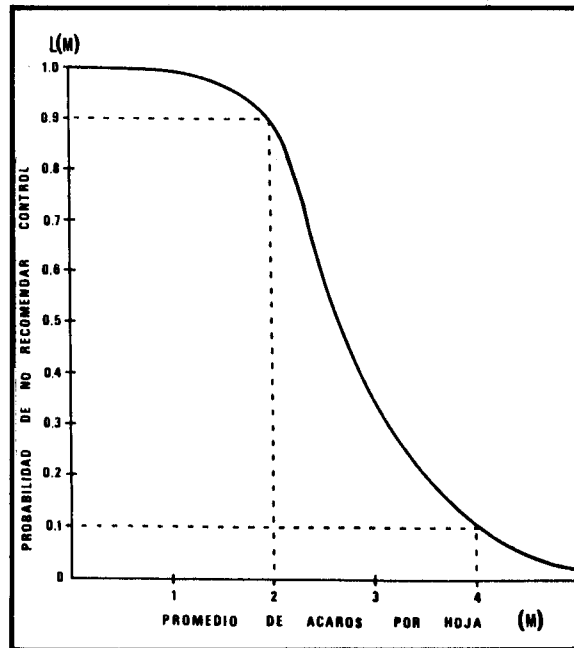


FIGURA 3. Curva características de operación (CO) para el plan secuencial de muestreo de ácaros fitófagos, en nectarines var. Armking.  
 FIGURE 3. The operating characteristic curve for the sequential sampling of mites, in nectarine trees.

CUADRO 1. Tabla de muestreo secuencial usada en el campo para el control de ácaros fitófagos en nectarines, var. Armking

TABLE 1. Sequential sampling table for field use in classifying infestations of mites in nectarine trees, var. Armking

Nº árboles examinados	hojas muestreadas	Número de arañas acumuladas	
		límite inferior (d1)	límite superior (d2)
1	40	12	210
2	80	123	321
3	120	234	432
4	160	345	544
5	200	456	655
6	240	567	766
7	280	678	877
8	320	789	988
9	360	900	1.099
10	400	1.011	1.210
11	440	1.122	1.321
12	480	1.233	1.432
13	520	1.344	1.543
14	560	1.455	1.654
15	600	1.566	1.765

La curva PM (Figura 4) nos indica la cantidad de muestras aproximadas para decidir de acuerdo a los diferentes niveles de infestación. Se observa que el máximo requerimiento de muestras se alcanza cuando la densidad está entre dos a cuatro ácaros por hoja; sin embargo, al considerar la metodología propuesta por Wilson y Room (1983) y los datos proporcionados por el muestreo convencional, se obtiene un tamaño de muestras de 576 hojas, equivalente a muestrear 14 árboles, número mínimo que debemos muestrear para tener la seguridad de tomar la decisión correcta, de acuerdo a los límites fijados.

Con este muestreo secuencial, se ahorró un 65% de tiempo comparado con el método convencional de muestra fija, en condiciones similares de precisión y confiabilidad.

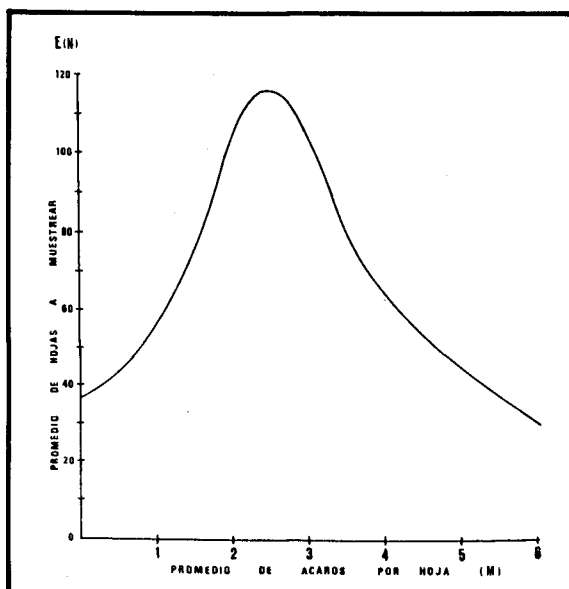


FIGURA 4. Curva Promedio de Muestras (PM) del plan secuencial de muestreo de *P. ulmi* y *T. urticae*, en nectarines var. Armking.

FIGURE 4. The Average Sample Number curve (ASN) for the sequential sampling of *P. ulmi* and *T. urticae*, in nectarine trees.

## RESUMEN

Se desarrolló un plan de muestreo secuencial enumerativo de la araña roja europea (*P. ulmi*) y araña bimaclada (*T. urticae*), en nectarines var. Armking, en el valle de Aconcagua.

Usando el muestreo secuencial, se extrae un número de muestras flexible, que depende de la densidad poblacional de la plaga. Por esta característica, se necesitan pocas muestras cuando la población está sobre o bajo los niveles de densidad previamente definidos. La

técnica de muestreo exige el conocimiento de la disposición espacial de la población y la determinación previa de los límites de densidad, para tomar la decisión de control.

El muestreo secuencial fue validado con los datos que generó un muestreo convencional de arañas. Con el plan secuencial, se consiguió un ahorro del 65% en tiempo, al compararlo con el muestreo convencional de tamaño de muestra fijo, en condiciones similares de precisión y confiabilidad.

## LITERATURA CITADA

- ALLEN, J.; GONZALEZ, D. and GOKHALE, D. 1972. Sequential sampling plans for the bollworm, *Heliothis zea*. Environ. Entomol. 1: 772-780.
- BLISS, C.I. and OWEN, A.R.G. 1958. Negative binomial distribution with a common K. Biometrika 45: 37-58.
- CROFT, B.A. 1978. Potentials for research and implementation of integrated pest management on deciduous tree-fruits. Pest Control Strategies. Papers presented at a symposium held at Cornell University (June 1977).
- HARCOURT, D.G. 1966a. Sequential sampling for the imported cabbageworm, *Pieris rapae* (L.). Can. Entomol. 98: 741-746.
- HARCOURT, D.G. 1966b. Sequential sampling for use in control of the Cabbage Looper on Cauliflower. J. Econ. Entomol. 59 (5): 1190-1192.
- HARCOURT, D.G. and GUPPY, J.C. 1976. Sequential decision plan for management of the alfalfa weevil, *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae). Can. Entomol. 108: 551-555.

- PIETERS, E.P. and STERLING, W.L. 1974. A sequential sampling plan for the cotton fleahopper, *Pseudatomoscelis seriatus*. Environ. Entomol. 3: 102–106.
- REGNIERE, J.; BOULET, B. and TURGEON, J.J. 1988. Sequential sampling plan with two critical levels for spruce bud moth (Lepidoptera: Tortricidae). J. Econ. Entomol. 81: 220–224.
- RUESINK, W.G. 1980. Introduction to sampling theory. In: M. Kogan and D.C. Herzog (Ed.). Sampling methods in soybean entomology. Springer–Verlag, New York. p.: 61–78.
- SHEPARD, M. 1980. Sequential sampling plans for soybean arthropods. In: M. Kogan and D.C. Herzog (Ed.). Sampling methods in soybean entomology. Springer–Verlag, New York. p.: 79–93.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1971. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. Chapman and Hall Ltd. 391 p.
- VARGAS M., RENE. 1987. Muestreo presencia—ausencia de la araña roja, *Panonychus ulmi* (Koch), en duraznero. 38 Congreso Anual de la SACH, Linares. Resúmenes 197, Siemiente 57 (3): 123.
- WATERS, W.E. 1955. Sequential sampling in forest insect surveys. For. Sci. 1: 68–79.
- WILSON, L.T., ZALOM, F.G., SMITH, R., and HOFFMAN, M.P. 1983. Monitoring for fruit damage in processing tomatoes: Use of a dynamic sequential sampling plan. Environ. Entomol. 12: 835–839.
- WILSON, L.T. and ROOM, P.M. 1983. Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton, with implications for binomial sampling. Environ. Entomol. 12: 50–54.
- ZAR, J.H. 1974. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. 620 p.