

## DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN PLAN DE MUESTREO PARA *OLIGONYCHUS PUNICAE* Y *O. PERSEAE* (ACARI: TETRANYCHIDAE) EN AGUACATE CV. HASS

O. Morales-Galvan<sup>1</sup>, H. Bravo-Mojica<sup>1</sup>, J. López-Collado<sup>2</sup>, H. González-Hernández<sup>1</sup> Y A. Villegas-Monter<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> **Colegio de Postgraduados. Carr. México-Texcoco, km 35.5, Montecillo, Estado de México. 56230. [osgalvan@colpos.mx](mailto:osgalvan@colpos.mx), [bravoh@colpos.mx](mailto:bravoh@colpos.mx), [hgzzhdz@colpos.mx](mailto:hgzzhdz@colpos.mx)**

<sup>2</sup> **Campus Veracruz. Colegio de Postgraduados. [lopezco@colpos.mx](mailto:lopezco@colpos.mx)**

### RESUMEN

Se propone un plan de muestreo por etapas considerando como unidades primarias a los árboles y secundarias a las hojas. La relación entre la varianza y la media se obtuvo mediante la ley de la potencia de Taylor, obteniéndose que ambas especies de ácaros plaga presentan un arreglo en agregados dentro y entre árboles. Por otra parte se observó una varianza más alta dentro de los árboles que entre éstos. Mediante la metodología empleada se determinó que para estimar la media de *O. punicae*, con una confiabilidad de 80% y una precisión relativa de 0.25, se requiere examinar 120 hojas en 12 árboles; mientras que para *O. perseae* se requieren 170 hojas de 17 árboles. Mediante la validación de dicho plan de muestreo se obtuvo una precisión cercana y dentro del nivel establecido ( $D=0.25$ ) lo cual según diversos autores se considera suficiente para la mayoría de los programas de muestreo.

**Palabras Clave:** binomial negativa, ley de la potencia de Taylor, muestreo, disposición espacial

### INTRODUCCIÓN

*O. punicae* es una plaga importante del aguacate en México, ya que en densidades de alrededor de 300 ácaros por hoja ocasionan un bronceado de hojas y defoliación parcial, mientras que en densidades menores ocasionan sólo puntuaciones ligeras. Sin embargo, la defoliación puede ocurrir a densidades menores, cuando se presentan 70 hembras adultas por hoja durante periodos cortos o cuando se tienen por varias semanas 50 hembras adultas por hoja (Sances et al., 1982).

Por su parte, *O. perseae* al alimentarse del envés de las hojas consume el contenido de las células y un pequeño remanente del mismo se coagula formando una masa necrótica amarillenta; inicialmente son afectadas solamente las células del parénquima esponjoso, después el daño avanza hacia las células del mesófilo y en menor grado al parénquima empalizado. Cuando se presentan densidades entre 100 y 500 ácaros de esta especie por hoja, el árbol puede sufrir una defoliación parcial (Aponte y McMurtry, 1997).

Debido a la importancia de ambas plagas es importante disponer de un método de muestreo adecuado, en términos de precisión y costo, para monitorear ambas poblaciones de ácaros cuando sea requerido. Sabelis (1985) menciona que el muestreo estratificado aleatorio puede ser una poderosa herramienta para reducir el tamaño de muestra sin disminuir la precisión del mismo.

El conteo absoluto es un método común que se ha utilizado ampliamente en investigación, éste consiste en el conteo total de los individuos por unidad de muestra. El diseño del muestreo depende de la disposición espacial que presentan los organismos, por lo cual se hace uso de modelos probabilísticos para representar el arreglo espacial de las poblaciones. En el caso de ácaros se observa generalmente una disposición espacial en agregados, lo cual origina variaciones mayores (Cochran, 1963; Sabelis, 1985). Este tipo de disposición de contagio puede ser representada por alguna distribución derivada de la ley de Poisson, de las cuales destaca la distribución binomial negativa por adaptarse a una gran cantidad de fenómenos biológicos (Rojas, 1964). Cuando no se conoce la distribución matemática de la misma, se puede utilizar la Ley de la potencia de Taylor, la cual establece una relación entre la media de la población y la varianza con la siguiente expresión  $S^2 = am^b$  (Ruiz y Uribe, 2000; Taylor 1961). Donde el coeficiente  $a$  es un factor de escala relacionado al tamaño de muestra, mientras que  $b$  es el índice de agregación característico de cada especie. Cuando  $b = 1$  la disposición es aleatoria,  $b > 1$  agregado,  $b < 1$  el arreglo es uniforme (Davis, 1994; Southwood, 1978).

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Huerto experimental.** Las muestras se obtuvieron durante 2002 de un huerto de aguacate (*Persea americana*) cv. Hass de ocho años de edad, dentro del Campo Experimental del Centro de Investigación Científica y Tecnológica del Aguacate del Estado de México (CICTAMEX) ubicado en Coatepec Harinas, México (18°55', 99°44', 2278 msnm).

**Muestreo y colecta de datos.** Los muestreos se realizaron durante un año a intervalos de dos semanas, en cada muestreo se seleccionaron al azar 11 árboles, de cada uno se recolectaron 10 hojas (en total 110 hojas por muestreo). En el laboratorio se determinó el número de formas móviles de ambas especies de ácaros, bajo un diseño de muestreo por estratos, considerando como unidades primarias a los árboles y secundarias a las hojas.

**Análisis de datos.** Para cada fecha de muestreo se realizó un análisis de varianza (ANOVA) considerando como variable aleatoria el número de formas móviles y la independiente, los árboles. La varianza dentro del árbol  $\delta^2_w$  corresponde al cuadrado medio del error, mientras que la varianza entre árboles  $\delta^2_a$  se calculó con la fórmula  $\delta^2_a = (CMm - CMe/M)$ , donde  $CMm$  es el cuadrado medio del modelo;  $CMe$  es el Cuadrado medio del error y  $M$  es el número de unidades primarias muestreadas.

Para estimar los parámetros del modelo de Taylor, a y b, se realizó una regresión lineal simple con los datos transformados a  $\log_{10}$ , de tal forma que la ecuación es  $\log S^2 = \log(a) + b \log(\bar{Y}..)$ , donde  $\bar{Y}..$  es la media. Los valores del intercepto se transformaron al antilogaritmo, obteniéndose de esta forma los parámetros  $a_a$  y  $a_w$  del modelo de Taylor. El cálculo de los parámetros de cada muestra y las regresiones lineales se realizaron con el programa Biostat (ver 1.08, López Collado J.).

**Disposición espacial.** Mediante la Ley de la potencia de Taylor se estableció la relación entre la media y varianza, los parámetros a y b se calcularon por regresión; se utilizó el valor de b para definir el tipo de disposición espacial entre y dentro de árboles (Southwood, 1978).

**Tamaño de muestra.** El tamaño de muestra (n) se obtuvo en términos de la precisión relativa (0.25) y una confiabilidad de 90%, mediante la expresión (López, 2002):

$$n = \left( \frac{t_{\alpha/2, n-1}}{D\bar{Y}..} \right)^2 \left[ \frac{S_w^2}{m} + S_a^2 \right]$$

donde

t: valor de Student

$\bar{Y}..$  : media muestral

m: media

$S_w^2$ : varianza dentro árboles

$S_a^2$ : varianza entre árboles

D: precisión relativa.

### Validación del plan de muestreo

Adicionalmente, a los muestreos realizados para diseñar el plan de muestreo, se realizaron seis muestreos en los cuales se determinó la precisión como una fracción de la media, en cada uno se consideró el tamaño de muestra estimado para cada especie. La precisión se calculó con la siguiente fórmula (López, 2002):

Donde:

$$D = \frac{\sqrt{\frac{S_w^2}{nm} + \frac{S_a^2}{n}}}{\bar{Y}..}$$

$\bar{Y}..$ : media muestral

n: número de árboles muestreados

m: número de hojas por árbol

$S_w^2$ : varianza dentro del árbol

$S_a^2$ : varianza entre árboles

D: precisión relativa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Disposición espacial.** Mediante estos muestreos se determinó que para los registros de las formas móviles se obtuvo un buen ajuste del modelo de Taylor, con una  $r^2=0.9466$  para *O. punicae* y una  $r^2=0.9484$  para *O. perseae* (Figura 1).

Dentro y entre árboles se observó una disposición en agregados, para ambas especies de ácaros, siendo mayor el contagio entre árboles que dentro del mismo árbol, en todos los casos el valor de  $b$  fue significativamente diferente a cero (Cuadro 1).

**Tamaño de muestra** Para estimar  $\mu$  a la media con una confiabilidad de 80% y precisión de 0.25, se tienen que tomar 120 hojas en 12 árboles para el caso de *O. punicae*. En el caso de *O. perseae* es necesario examinar 170 hojas en 17 árboles.

**Validación del plan de muestreo.** En la mayoría de los muestreos, el estimador de precisión ( $D$ ) estuvo por debajo o muy cerca del nivel establecido (0.25), salvo en los muestreos del 4 de enero y 15 de marzo de 2003 para *O. perseae* donde el valor es mayor (Cuadro 2). A partir de lo anterior, el plan de muestreo presentado se puede utilizar para el monitoreo de las poblaciones de ácaros, pues en términos generales, su precisión para ambas especies es cercano a 0.25, lo cual según Southwood (1978) puede considerarse suficiente para la mayoría de los programas de muestreo.

Por otra parte, la varianza entre árboles fue menor que la observada dentro de éstos (Cuadro 2) lo cual contrasta a lo reportado por Croft *et al.* (1976) quienes indican que en el caso de ácaros por lo general se observa una mayor variabilidad entre árboles que dentro del mismo árbol, debido a la limitada dispersión los ácaros entre árboles.

Para un valor fijo de confiabilidad, el valor de la precisión se relaciona directamente con la media, de tal forma que ambas se incrementan o disminuyen conjuntamente (Figura 2). Lo anterior se debe a que la precisión se definió en términos de una fracción de la media (Buntin, 1994). Por lo cual se espera que cuando las densidades de las poblaciones sean más altas, se tenga una mayor precisión en la estimación de la media poblacional.

### Agradecimientos

Los autores expresan su gratitud al CICTAMEX - Fundación Salvador Sánchez Colín por su colaboración para la realización del presente trabajo. Además, se agradece la asesoría del Dr. Basilio Rojas Martínez del Colegio de Postgraduados.

## LITERATURA CITADA

APONTE, A. AND A. MC MURTRY J. 1997. Damage on 'Hass' avocado leaves, webbing and nesting behaviour of *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acar.* 21: 265 - 272.

BUNTIN, G. D. 1994. Developing a primary sampling program. pp. 99-115. *In:* Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture. Larry P. Pedigo (edit). CRC Press.

COCHRAN, W. G. 1977. Sampling techniques. 3<sup>a</sup> edition. John Wiley & Sons. 448 p.

CROFT, S., M. WELCH AND M. J. DOVER. 1976. Dispersion statistics and sample size estimates for populations of the mite species *Panonychus ulmi* and *Amblyseius fallacis* on apple. *Environ. Entomol.* 5: 227-234.

DAVIS, M. P. 1994. Statistics for describing populations. pp. 33-53. *In: Handbook of Sampling Methods for Arthropods en Agriculture.* Pedigo p. L. and Buntin G. D. (Eds). CRC Press, Inc.

LÓPEZ C. J. 2002. Principios del muestreo fitosanitario. Campus Veracruz - Colegio de Postgraduados. 15 p.

ROJAS, B. A. La binomial negativa y la estimación de intensidad de plagas en el suelo. *Fit. Lat.* 1: 27-36.

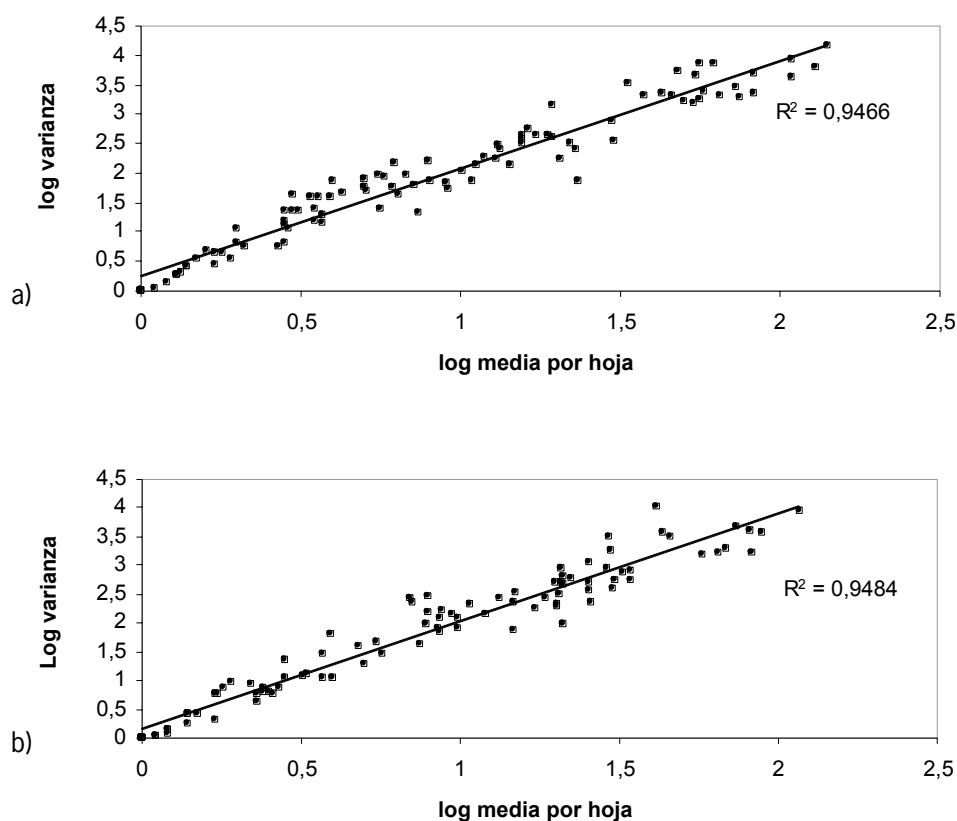
RUIZ, R., AND T. P. URIBE. 2000. The effect of sample size and spatial scale on Taylor's power law parameters for the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae). *Trop. Agric.* 77 (4): 249-261.

SANCES F. V., N. TOSCANO C., M. HOFFMANN P., L. LAPRÉ F., M. JOHNSON W. AND J. BAILEY B. 1982. Physiological responses of avocado brown mite feeding injury. *Environ. Entomol.* 11: 516-518.

SABELIS, M. W. 1985. Sampling Techniques. Pp. 337-350. *In: Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control.* Vol. 1B. W. Helle and M. W. Sabelis (eds.). Elsevier. The Netherlands.

SOUTHWOOD T. R. E. 1978. *Ecological Methods. With particular reference to the study of insect populations.* Chapman and Hall. London.

TAYLOR, L. R. 1961. Aggregation, variance and mean. *Nature* 18: 732-735.



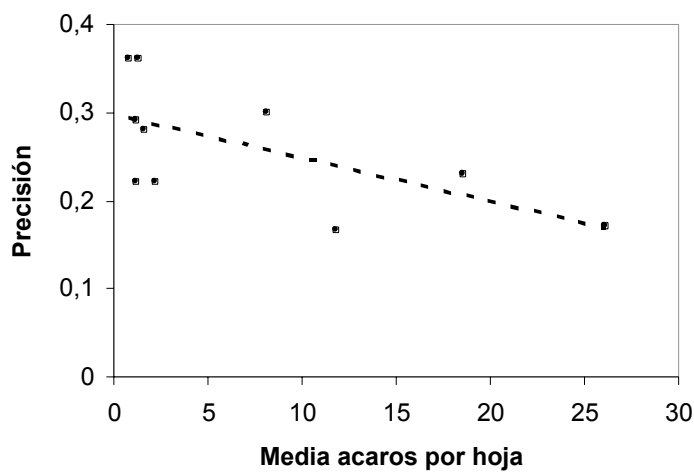
**Figura 1.** Ajuste de la ley de la potencia de Taylor para los registros de formas móviles de ácaros en aguacate. a) *Oligonychus punicae*, b) *Oligonychus perseae*.

**Cuadro 1.** Índices de dispersión para dos especies de ácaros plaga del aguacate, muestreo por etapas.

Especie	Estrato	Valor de b	Disposición	P-value (1 g.l.)
Oligonychus punicae	Entre árboles	2.234	Agregados	0.00009
	Dentro de árboles	1.405	Agregados	0.0001
Oligonychus perseae	Entre árboles	2.222	Agregados	0.0003
	Dentro de árboles	1.745	Agregados	0.0000

**Cuadro 2.** Precisión relativa y parámetros de seis muestreos para el monitoreo de *O. punicae* y *O. perseae* en aguacate cv. Hass en Coatepec Harinas, México.

Fecha	Parámetros	O. punicae	O. perseae
21-12-02	S2 entre árboles	0.458	0.114
	S2 dentro del árbol	19.54	10.640
	Media	1.59	1.2
	Precisión relativa (D)	<b>0.28</b>	<b>0.22</b>
04-01-03	S2 entre árboles	0.0657	2.248
	S2 dentro del árbol	15.516	17.362
	Media	1.245	1.327
	Precisión relativa (D)	<b>0.29</b>	<b>0.36</b>
15-03-03	S2 entre árboles	0.96	0.345
	S2 dentro del árbol	20.29	10.368
	Media	2.29	0.780
	Precisión relativa (D)	<b>0.22</b>	<b>0.36</b>
13-04-03	S2 entre árboles	39.29	256.45
	S2 dentro del árbol	344.22	633.37
	Media	8.12	18.55
	Precisión relativa (D)	<b>0.30</b>	<b>0.234</b>
27-04-03	S2a entre árboles	34.12	268.72
	S2w dentro del árbol	130.31	734.96
	Media	11.854	26.173
	Precisión relativa (D)	<b>0.1672</b>	<b>0.1714</b>



**Figura 2.** Relación entre las medias de ácaros por hoja y la precisión de la estimación de la media poblacional (D).