

ARTÍCULO ORIGINAL

**Métodos de muestreo para el monitoreo de *Pseudophilothrips* sp. (Tubulifera: Phlaeothripidae) y sus enemigos naturales: II. Muestreo secuencial binomial de *Eurotas brasilianus* Carvalho y Wallerstein (Miridae: Orthotylinae) y *Macrotracheliella* sp. (Anthocoridae: Anthocorinae)**

**Daniel Vecco<sup>I</sup>, Román Pinedo<sup>I</sup>, Miriam Fernández Argudín<sup>II</sup>**

<sup>I</sup>URKU Estudios Amazónicos, San Martín, Perú. Correo electrónico: [cvecco@urkuperu.org](mailto:cvecco@urkuperu.org).

<sup>II</sup> Instituto Investigaciones en Fruticultura Tropical, Municipio Playa, La Habana. Cuba.

**RESUMEN:** El presente artículo es el segundo de dos publicaciones que abordan la determinación de métodos de muestreo secuencial: 1) enumerativo y 2) binomial, para el monitoreo de *Pseudophilothrips* sp. y sus enemigos naturales en el sistema agroecológico de *Plukenetia volubilis* L. en San Martín, Perú. En el periodo 2007-2009 se realizaron 202 registros de población en una parcela agroecológica de *P. volubilis*. Se tomaron 10 hojas por tercio, 10 inflorescencias y 10 frutos. Sobre la base de los valores significativos de los coeficientes  $a$  (intercepto) y  $b$  (agregación) de la Ley del Poder de Taylor, se elaboró una cartilla que relaciona el tamaño de muestra con las frecuencias de plantas  $p$  y la media  $m$ , cuya relación se ajustó por comparación de tres funciones: (a) la forma empírica de Kono y Sugino, (b) la función de Wilson y Room y (c) la distribución de Poisson. Se consideró un valor de corte  $T=0$  y se estimó el tamaño de muestra. Los parámetros referenciales de la cartilla de muestreo se ajustaron por  $n + 0,5$  y se redondearon a números enteros. Se realizaron simulaciones que se compararon con los registros para  $n=25$ . Las frecuencias de plantas con presencia de enemigos naturales ( $p$ ) se ajustaron a la distribución binomial negativa (BN) ( $k=1,62$ ;  $R^2=94\%$ ). La función de  $p$  y  $m$  quedó mejor ajustada a la forma de Wilson y Room ( $R^2= 93,20\%$ ). Con la cartilla elaborada para un máximo de 30 plantas, se estimó exitosamente la media (margen de error  $E_{50\%}$ ), para valores situados entre 0,20 y 0,92 individuos/ planta, en el 92% de las simulaciones. El muestreo requirió  $13 \pm 8$  plantas ( $48 \pm 32\%$  versus  $40 \pm 24\%$  del muestreo enumerativo). En el 22,7% de los casos, la simulación agotó el número de plantas sin alcanzar el valor requerido para  $p$  pero brindaron estimaciones acertadas de la media.

**Palabras clave:** sachá inchik, maní del inca, trips, control biológico, muestreo presencia-ausencia.

---

**Sampling methods for monitoring of *Pseudophilothrips* sp. (Tubulifera: Phlaeothripidae) and its natural enemies: II. Binomial sequential sampling of *Eurotas brasilianus* Carvalho and Wallerstein (Miridae: Orthotylinae) and *Macrotracheliella* sp. (Anthocoridae: Anthocorinae)**

**ABSTRACT:** The present paper is the second of two approaching the determination of sequential sampling methods: (1) enumerative and (2) binomial, for monitoring of *Pseudophilothrips* sp. and its natural enemies in the agroecological system of *Plukenetia volubilis* L. in San Martín, Peru. During 2007-2009, a total of 202 population samplings were carried out in an agroecological plot of *P. volubilis*. Ten leaves per each of the three plant thirds, ten inflorescences and ten fruits were taken. Based on the significant values of the coefficients  $a$  (intercept) and  $b$  (aggregation) of Taylor's Power Law, a card was made relating the sampling size with the plant frequencies  $p$  and the mean  $m$ , whose relation was adjusted by comparing three functions: Kono and Sugino's empirical manner, (b) Wilson and Room's function, and (c) Poisson's distribution. A cutting value  $T=0$  was considered, and the sampling size was estimated. The referential parameters of the sampling card were adjusted by  $n + 0.5$  and rounded to whole numbers. Simulations compared with the records for  $n=25$  were carried out. The frequencies of plants with natural enemies ( $p$ ) fitted the negative binomial distribution

(BN) ( $k=1.62$ ;  $R^2=94\%$ ). The function of  $p$  and  $m$  was better adjusted to Wilson and Room's manner ( $R^2=93.20$ ). With the card made for a maximum of 30 plants, the mean was successfully estimated for the error margin  $E_{50\%}$ , for values between 0.20 and 0.92 individuals/plant, in 92% of the simulations. Sampling required  $13 \pm 8$  plants ( $48 \pm 32\%$  vs.  $40 \pm 24\%$  of the enumerative sampling). In 22.7% of cases, the simulation exhausted the number of plants without reaching the required value for  $p$ , but it offered appropriate mean estimations.

**Key words:** sacha inchik, inka peanut, thrips, biological control, presence-absence sampling.

## INTRODUCCIÓN

*Plukenetia volubilis* L. es una planta cultivada de origen amazónico cuya creciente demanda se debe a los ácidos grasos insaturados que contiene (1, 2, 3, 4). En el Perú se desarrollan investigaciones para validar una propuesta de manejo agroecológico del cultivo y sus plagas (5, 6).

*Pseudophilothrips* sp. es un fitófago (Tubulifera: Phlaeothripidae) registrado en ecosistemas agrícolas dominados por *P. volubilis* (5) donde, además, estuvieron presentes sus depredadores (EN), los hemípteros *Eurotas brasilianus* Carvalho y Wallerstein (Miridae: Orthotylinae) y *Macrotracheliella* sp. (Anthocoridae: Anthocorinae) (5), tal como fue informado para otros sistemas en otros cultivos (7, 8).

Los métodos secuenciales de muestreo, para determinados niveles de precisión estadística, asocian el tamaño de la muestra con la media poblacional, que puede ser expresada en conteos de población (enumerativo) o proporciones de unidades con presencia o ausencia (binomial) (9). La determinación y aplicación de los coeficientes de agregación, a partir de la Ley de Poder de Taylor y otros procedimientos alternativos, fundamentaron el desarrollo de métodos de muestreo para insectos (10, 11). Los principales factores que conllevan a tipificar un muestreo son la selección de la unidad de muestreo, la determinación del tamaño de muestra y el programa de muestreo.

El presente artículo es el segundo de dos publicaciones, consistentes en la determinación de métodos de muestreo secuencial para el monitoreo de las poblaciones de *Pseudophilothrips* sp. y sus enemigos naturales en la práctica agroecológica del sacha inchik (*P. volubilis*). El trabajo anterior evaluó la eficacia y eficiencia del muestreo secuencial enumerativo (12) para poblaciones de enemigos naturales que resultaron ser menores a las del fitófago, con una disposición espacial tendiente al azar ( $bH \approx 1$ ).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el método de muestreo secuencial binomial para la misma población de enemigos naturales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en una parcela experimental de 2 025 m<sup>2</sup> ubicada en el Centro Urku, en una zona ecológica de Tarapoto, Perú. La parcela de sacha inchik, sembrada en un terreno de pendiente leve y suelo de textura arcillosa, con un marco de 3 x 3 m (3 333 plantas/hectárea), presentó tutores vivos de aproximadamente 1,5 metros de altura de las especies *Erythrina* sp. y *Gliricidia* sp. (Faboideae: Fabaceae), con elementos culturales, como podas y un manejo sucesional de plantas colonizadoras.

Durante el periodo de evaluación, el clima presentó una estacionalidad anual marcada, propia del ecosistema local de bosque seco (promedio anual de lluvia de 1408 mm), con dos periodos «secos» (junio-agosto y diciembre) y dos periodos «húmedos» (febrero-abril y setiembre-noviembre).

La parcela experimental se dividió en 5 bloques de igual tamaño (126 plantas cada uno), 4 periféricos, y uno de disposición central. Con la ayuda de un plano de muestreo, se seleccionaron, previamente al azar, 5 plantas en cada bloque: 25 plantas en total. Cada planta a evaluar fue dividida, imaginariamente, en los estratos inferior, medio y superior. Se registró el número de ninfas y adultos del complejo de enemigos naturales en 10 hojas por cada estrato de la planta, así como en 10 inflorescencias y en 10 frutos, tomados proporcionalmente de los estratos en forma aleatoria.

Se realizaron 202 muestreos de población, tomados con una periodicidad semanal, entre mayo 2007 (edad del cultivo: 248 días) y mayo 2009. En base a los valores significativos de los coeficientes  $a$  y  $b$  de la Ley del Poder de Taylor (LPT), se elaboró una cartilla de muestreo que consideró como elementos la información del número de plantas evaluadas ( $n$ ), espacios en blanco para el registro de presencia (+) o ausencia (-) de enemigos naturales en cada planta y sus valores acumulados, así como los valores referenciales de las frecuencias acumuladas de presencia, con los correspondientes valores  $p$  (proporción de plantas +) y  $m$  (individuos por planta) para un nivel de error ( $E$ ). Se determinó la función más ade-

cuada para describir la relación entre  $p$  y  $m$ , ajustada a los siguientes modelos: (a) la forma empírica de Kono y Sugino:  $m=a[-\ln(1-p)]^b$ ; donde  $a$  y  $\beta$  fueron coeficientes calculados durante la regresión; (b) la función de Wilson y Room:  $p=1-\exp\{-m[\ln(am^{(b-1)})(am^{(b-1)}-1)^{-1}]\}$ , donde  $a$  y  $b$  fueron los coeficientes de la LPT, recomendada para procesar los datos que se ajustan a la distribución binomial negativa (BN),  $p=1-[k/(k+m)]^k$ ; (c) la distribución de Poisson corresponde a la forma  $p=1-e^{-m}$ .

Se siguió el procedimiento de la distribución BN de Wilson y Room para determinar los valores de  $k$ , dependientes de la media, por medio de la ecuación:  $k = m^2 (am^b - m)^{-1}$ ; donde  $a$  y  $b$  fueron los coeficientes de la LPT.

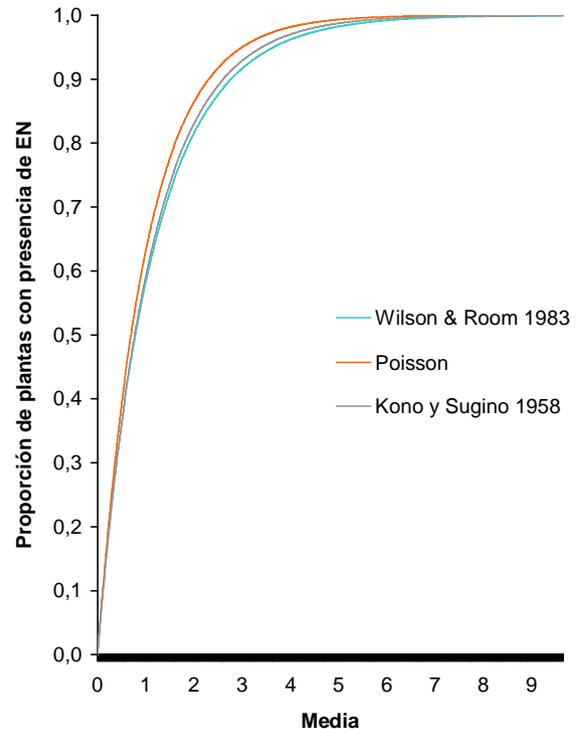
El tamaño de muestra se calculó con la ecuación de Kuno:  $n = E^{-2}p(1-p)^{-(2/k)-1} \{k[(1-p)^{-1/k}-1]\}^{-2}$ . Para la definición de los parámetros referenciales de la cartilla de muestreo, se consideró un valor de corte  $T=0$  (es decir, la presencia de al menos un individuo en cada planta muestreada). El valor referencial de  $n$  fue ajustado a  $n + 0,5$  y redondeado a número entero. Similar tratamiento recibió la frecuencia referencial de plantas acumuladas (+),  $F = (pn) + 0,5$ .

Se realizaron simulaciones de muestreo que consistieron en registrar en las cartillas los datos seleccionados en forma secuencial y al azar, desde los registros de población y expresados en términos de presencia (+) o ausencia (-) obtenidos periódicamente en la parcela. Las frecuencias acumuladas a cada paso se compararon con los valores referenciales  $F$ . Toda vez que este último fue superado o igualado por el acumulado de presencia +, se concluyó la simulación. Finalmente, se determinó la desviación de las medias obtenidas con respecto a los correspondientes registros de campo para el total de 25 plantas evaluadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de frecuencias de plantas con presencia de enemigos naturales ( $p$ ) se ajustaron a la distribución binomial negativa (BN), donde  $k=1,62$  ( $R^2=94\%$ ). En consecuencia con este resultado, la función de  $p$  y  $m$  quedó mejor ajustada a la forma de Wilson y Room ( $R^2=93,20\%$ ), aunque también se ajustó a las funciones de Poisson ( $R^2=93,17\%$ ) y de Kono y Sugino ( $R^2=90,69\%$ ) (Figura 1).

Con la cartilla elaborada para un máximo de 30 plantas (Figura 2), se estimó exitosamente la media para el margen de error  $E_{50\%}$ , para valores situados entre 0,20 y 0,92 individuos por planta, en el 92% de las 75



**FIGURA 1.** Funciones que asocian la proporción esperada de plantas  $p$  y la media  $m$  de individuos del complejo EN de *Pseudophilothrips* sp., estimadas en base a tres métodos de cálculo. / Functions which associate the expected proportion of plants  $p$  with the mean  $m$  of the NE complex of *Pseudophilothrips* sp., estimated based on three methods of calculation.

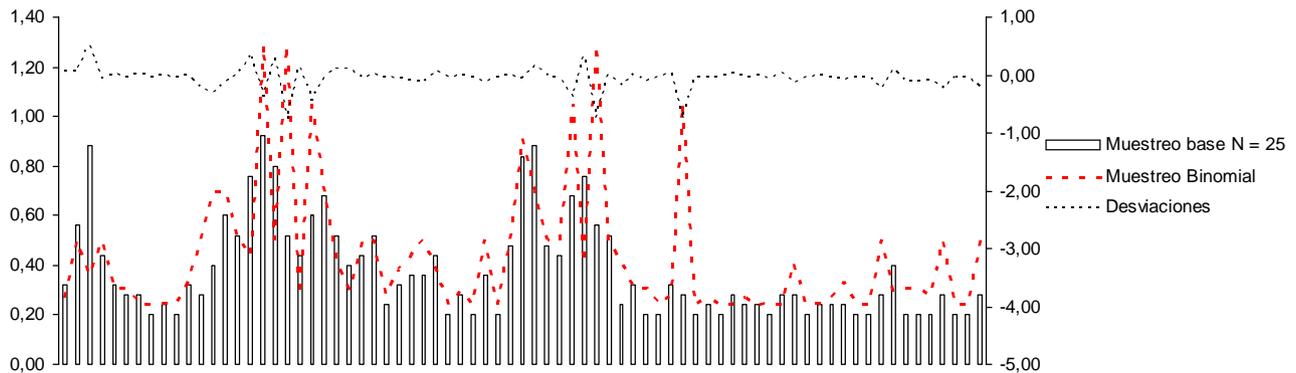
simulaciones (Tabla 1). El muestreo se detuvo al encontrar al menos un individuo de *E. brasiliensis* o *Macrotracheliella* sp. en 5 o 6 plantas, con un total requerido de  $13 \pm 8$  plantas ( $48 \pm 32\%$  versus  $40 \pm 24\%$  del muestreo enumerativo). En el 22,7% de los casos, la simulación agotó el número de plantas sin alcanzar el valor requerido para  $p$  y brindaron, no obstante, estimaciones acertadas de la media.

Se percibió una ligera tendencia a subestimar el valor de las medias ( $\chi^2=12,8$ ;  $P=0,0003$ ) cuando las poblaciones del complejo EN se incrementaron (Figura 3) y cierta imposibilidad para realizar estimaciones más precisas para  $E=30\%$ . El método binomial presentó como ventaja comparativa al enumerativo, la posibilidad de restringir cada evaluación a la detección de un solo individuo por planta. Esto coincidió con los resultados de otros estudios de muestreo binomial para trips en diversos sistemas de manejo (12, 14, 15).



**TABLA 1.** Resultado comparativo de las simulaciones de muestreo de los métodos enumerativo -secuencial y binomial para 75 evaluaciones del complejo EN, que presentaron medias mayores o iguales a 0,20 individuos por planta./ *Comparative results of the sampling simulations of the sequential and binomial enumerative methods for 75 evaluations of the NE complex showing means equal to/or higher than 0,20 individuals/plant.*

Error	Muestreo secuencial enumerativo				Muestreo secuencial binomial			
	Nº simulaciones	Rangos m cartilla	% m±E	N ±DS	Nº simulaciones	Rangos m cartilla	% m±E	N ±DS
50%	75	0,18 - 6	92%	15 ± 6	75	0,20- 1,29	92%pan>	13 ± 8
30%	11	0,55 - 19	100%	21 ± 2	0	0,79 -1,45	-	-



**FIGURA 3.** Resultados de simulaciones de muestreo binomial del complejo EN, para medias entre 0,20 y 0,92./ *Results of binomial sampling simulations of the NE complex for means between 0,20 and 0,92.*

El método de muestreo secuencial binomial para *E. brasiliensis* y *Macrotrachelia* sp. presentó ventajas de tiempo y, consecuentemente, de costo con respecto al muestreo de tipo enumerativo. Su aplicación determinó una mayor reducción del tamaño de muestra necesaria.

## REFERENCIAS

- Garmendia F, Pando R, Ronceros, G. Efecto del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) sobre el perfil lipídico en pacientes con hiperlipoproteinemia. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*. 2011;28(4):628-632.
- Castaño DL, Valencia M del P, Murillo E, Méndez J. Composición de ácidos grasos de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) y su relación con la bioactividad del vegetal. *Rev Chil Nutr*. 2012;39(1):45-52.
- Gorriti A. Actualización de la monografía sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). PBD/GIZ, Lima. 2013; 22 pp.
- Betancourth CF. Aprovechamiento de la torta residual de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) mediante extracción por solventes de su aceite. Universidad de Manizales, Manizales, Colombia. 2013; 32 pp.
- Vecco CD, Fernández BM. Experiencias en la caracterización de sistemas agroecológicos en la Amazonia peruana, el caso del sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Sist Agroeco y Mod Biomat*. 2008;1(1):7.
- CA (Comunidad Andina, Secretaría General). Agricultura familiar agroecológica campesina en la comunidad andina, una opción para mejorar la seguridad alimentaria y conservar la biodiversidad. CA, Lima. 2011; 93 pp.
- Camero-Campos J, Valenzuela-García R, Carvajal-Cazola C, Rios-Velasco C, García-Martínez O. New records for Mexico, *Gynaikothrips uzeli*, *Androthrips ramachandrai* (Thysanoptera: Phlaeothripidae) and *Montandoniola confusa*

- (Hemiptera: Anthocoridae). Florida Entomologist. 2010;93(3):470-472.
8. Cambero-Campos J, Johansen-Naime R, García-Martínez O, Cantu-Sifuentes M, Cerna-Chávez E, Retana-Salazar A. Especies depredadoras de trips (Thysanoptera) asociadas a huertas de aguacate en Nayarit, México. Acta Zoológica Mexicana. 2011;27(1):115-121.
  9. Abramson G. La matemática de los sistemas biológicos. Instituto Balseiro/Universidad Nacional de Cuyo, Argentina. En: <http://fisica.cab.cnea.gov.ar/estadistica/abramson/notes/biologicos.pdf> 279 pp.; 2013. Último acceso: marzo 2014.
  10. Barrera JF. Aplicación de la Ley de Poder de Taylor al muestreo de insectos. Toledo AJ, Infante MF (eds.). Manejo integrado de plagas. México DF, Editorial Trillas. 2008; pp. 47 – 79.
  11. González P, Martínez YB, Perera O, Álvarez S. Estimación de indicadores ecológicos a nivel de comunidad y población de corales hermatípicos en arrecifes con grado diferente de impacto. UCE Ciencia. 2013;1(3):21.
  12. Vecco D, Pinedo R, Fernández M. Métodos de muestreo para *Pseudophilothrips* sp. (Tubulifera: Phlaeothripidae) y sus enemigos naturales: I. Muestreo secuencial enumerativo. Rev Protección Veg. 2015;30(1):6-13.
  13. Worner SP, Chapman RB. Analysis of binomial sampling data for estimating thrips densities on ornamental plants. New Zealand Plant Protection. 2000;53:190-193.
  14. Ramírez JF, Solares VM, Karen D, Sánchez JR. Comportamiento espacial de trips (Insecta: Thysanoptera) en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Zitácuaro, Michoacán, México. Acta Zoológica Mexicana. 2013;29(3):545-562.
  15. García-Marí F, Gonzáles-Zamora JE, Ribes A, Benages E, Meseguer A. Métodos de muestreo binomial y secuencial del trips de las flores *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) y de antocóridos (Heteroptera: Anthocoridae) en fresón. Bol San Veg Plagas. 1994;20:703-723.

Recibido: 29-6-2014.

Aceptado: 3-3-2015.