

Muestreo secuencial con niveles fijos de precisión para *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) en papa

Fixed precision level sequential sampling for *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) on potato

ALCIDES CABRERA C.¹, MORAIMA SURIS C.², WALKIRIA GUERRA B.³, DORA ENMA NICÓ P.⁴

Revista Colombiana de Entomología 31 (1): 37-42 (2005)

Resumen. A partir del conocimiento del patrón espacial de poblaciones de *Thrips palmi* Karny coleccionadas en plantaciones de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de producción y de indicadores para su descripción, estimados mediante la Ley Potencial de Taylor, se diseñó un procedimiento de muestreo secuencial con niveles fijos de precisión. Los resultados se validaron con 46 conjuntos de datos de campo y se demostró la eficiencia del mismo al reducir en 34% los tamaños de muestras indicados por el Ministerio de Agricultura en el Programa de Defensa Fitosanitario para la papa. Se propone incorporar este procedimiento de muestreo al Programa de Manejo Integrado existente para el monitoreo de esta plaga agrícola importante.

Palabras clave: Patrón espacial. Monitoreo. Poblaciones.

Summary. Starting from the knowledge of the spatial pattern of *Thrips palmi* Karny populations collected in potato fields (*Solanum tuberosum* L.) under production conditions and indicators for their description, estimated by means of Taylor's Power Law, a fixed-precision-level sequential sampling plan was designed. The results were validated with 46 sets of field data and the efficiency was demonstrated from the same group by reducing the sample size 34% as indicated by the Ministry of Agriculture in the Phytosanitary Defense Program for potato. It is proposed that this sampling procedure be incorporated into the existing Integrated Management Program for the monitoring of this important agricultural pest.

Key words: Spatial pattern. Monitoring. Populations.

Introducción

La implementación exitosa de los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) depende, en gran medida, del desarrollo y validación de los procedimientos de muestreo, ya que la decisión de aplicar una medida de control debe ser el resultado de una estimación de su población a partir de unidades muestrales que sean representativas de la misma, para ello se requiere del conocimiento del arreglo espacial de la especie en su hábitat. Patrones de tipo regular y al azar son menos frecuentes en poblaciones de insectos, donde lo más común es que se presenten disposiciones agregadas (Southwood 1978). Ésta se mide mediante índices de agregación estimados de modelos de distribuciones probabilísticas y de regresión, los cuales proveerán valores de los estimadores de sus parámetros (Taylor 1984).

Thrips palmi Karny es una plaga de reciente introducción en el país (Anónimo 1997), que afecta principalmente a cultivos de importancia económica y de arraigo en la alimentación de la población cubana como la papa (*Solanum tuberosum* L.), el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), la berenjena

(*Solanum melongena* L.), el pepino (*Cucumis sativus* L.) y otros (Vázquez 2003). Estudios ecológico-estadísticos sobre esta plaga se han realizado en otros países, fundamentalmente en Asia, donde se informó por primera vez en 1925. Su patrón espacial, en pepino, fue descrito por Kawai (1983); Verghese *et al.* (1988) lo describen en el cultivo de mango (*Mangifera indica* L.) en la India. Diferentes índices de dispersión y cálculos de tamaños de muestra óptimos usando éstos, aplicaron Ho y Chen (1998) a poblaciones de la plaga muestreadas sobre berenjena en Taiwán. Cho *et al.* (2000) describen el patrón espacial en plantaciones de papa en Korea y proponen planes de muestreo binomiales y secuenciales con niveles fijos de precisión para estimar la densidad poblacional.

En Colombia, Osorio y Cardona (2003) realizaron estudios del patrón espacial de *T. palmi*, compararon diferentes métodos de muestreo y desarrollaron planes de muestreo secuencial para esta plaga, en habichuela y frijol.

Con la aparición de *T. palmi* en Cuba, se hizo necesario acometer estudios para

conocer su comportamiento en estas condiciones. Suris *et al.* (1999) describen el patrón espacial de la plaga sobre el cultivo de la papa y utilizan los coeficientes de la Ley Potencial de Taylor. Jiménez *et al.* (2000) y Trujillo *et al.* (2001) lo hacen de la misma forma en papa y pepino, respectivamente. Son conocidos, además, los trabajos de Plana *et al.* (2001) y Suris y Plana (2001), donde se señala la unidad de muestreo y el sitio idóneo para realizar el mismo en plantaciones de papa, respectivamente.

Debido a la gran severidad de los daños ocasionados por la plaga, fundamentalmente, en papa y frijol, se hizo necesario desarrollar un programa de control, iniciado sobre la base del conocimiento de su comportamiento en otras regiones que ya ha arrojado resultados visibles, pues las poblaciones e incidencias de *T. palmi* se han visto reducidas a partir de 1999 como resultado de una aplicación adecuada de los conceptos del MIP (MINAGRI 2000; Murguido *et al.* 2002; Vázquez 2003). Sin embargo, se considera que este programa debe mejorar su eficiencia con la introducción de planes de muestreos más confiables y precisos desde el punto de vista estadís-

- 1 Autor para correspondencia: Profesor Asistente. Ph. D. en Ciencias Agrícolas. Magíster en Matemática Aplicada. Universidad de las Ciencias Informáticas, Autopista Novia del Mediodía, km 1½, Torrens, Boyeros, Ciudad de la Habana, CUBA. E-mail: alcides@uci.cu
- 2 Investigadora Auxiliar. Ph. D. en Ciencias Agrícolas. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, San José de las Lajas, La Habana, CUBA.
- 3 Profesora Titular. Ph.D. en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, La Habana, CUBA.
- 4 Profesora Asistente. Universidad de las Ciencias Informáticas, Autopista Novia del Mediodía, km 1½, Torrens, Boyeros, Ciudad de la Habana, CUBA.

tico, que permita estimar las densidades poblacionales o clasificar su daño minimizando los costos y el esfuerzo. Tal es el caso del muestreo secuencial, que se caracteriza porque en contraste con los métodos convencionales, el número de muestras es variable y depende de los resultados en la secuencia del muestreo. Estos procedimientos nunca han sido implementados en Cuba para poblaciones de insectos.

Como contribución al conocimiento para un manejo adecuado de esta peligrosa plaga, en este trabajo se propone y valida un plan de muestreo secuencial con niveles fijos de precisión para ese dañino fitófago.

Materiales y Métodos

Los datos de las poblaciones de *T. palmi* para el estudio se tomaron de plantaciones de papa variedad Desirée, establecidas bajo condiciones de producción, durante tres campañas (inviernos de 1998, 1999 y 2000), en áreas del municipio Güira de Melena, provincia La Habana, Cuba. Las áreas del cultivo, sembradas bajo sistema de riego Fregat, recibieron todas las atenciones previstas, según lo establecido por el Ministerio de la Agricultura (MINAGRI) en el Programa de Defensa Fitosanitario para el cultivo de la papa (MINAGRI 2000).

Las áreas de cultivo sembradas bajo el sistema de riego referido eran circulares y estaban conformadas por cuatro cuadrantes, uno de los cuales se seleccionó como área experimental y en la que se ubicaron cinco parcelas. De cada parcela se tomaron 15 plantas al azar siguiendo la diagonal, cuyo sentido se alternó en cada muestreo y en las que semanalmente se observó el foliolo apical (Plana *et al.* 2001) de las hojas situadas en los estratos inferior, medio y superior, y donde se cuantificaron las larvas y los adultos al momento del muestreo con el auxilio de lupas de 10 aumentos.

Análisis de los datos

Para cada campaña se calcularon las medias aritméticas ($\bar{x}$) y las varianzas (s^2) de las larvas y los adultos de *T. palmi* por muestreo, con las que se determinaron los coeficientes de la Ley Potencial de Taylor ($s^2 = a \cdot \bar{x}^b$). Para combinar los datos de las tres campañas en un único conjunto y considerar las muestras como provenientes de una misma población (Sigarrosa 1985), se probó la homogeneidad de las pendientes y los interceptos de las regresiones de la Ley Potencial de Taylor (LPT) mediante la técnica de Análisis de Covarianza (Sokal y Rohlf 1995) para la comparación de rectas de regresión. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 4.1 (1999).

Análisis del patrón espacial

Con los estadígrafos descriptivos (medias y varianzas) de los datos combinados se

estimaron los coeficientes de la LPT para usarse como indicadores del patrón espacial de la especie. Taylor (1961) relacionó la media y la varianza a través de la expresión $s^2 = a \bar{x}^b$, donde a y b son los parámetros que se estimaron al linealizar el modelo anterior, que toma así la forma: $\ln s^2 = \ln a + b \ln \bar{x}$ y permite aplicar el método de los Mínimos Cuadrados Ordinarios.

A los coeficientes de esta regresión lineal se les da la interpretación siguiente: a es un factor de escala relacionado con el tamaño de la muestra y b es una medida de agregación. Valores de b superiores a uno indican un patrón agregado o contagioso, para $b = 1$ se tiene un patrón aleatorio, valores de b menores que uno se corresponde con un patrón regular o uniforme. La significación estadística de b , para determinar si este coeficiente fue diferente de uno se realizó calculando su intervalo de confianza (IC) del 95%. La bondad de ajuste de la regresión se evaluó por medio del Coeficiente de Determinación R^2 .

Comparación entre estados de *T. palmi*

Con el objetivo de combinar los datos de las larvas y los adultos de *T. palmi* y poder utilizar ambos estados en los planes de muestreo, se realizó un Análisis de Covarianza para comparar las pendientes y los interceptos entre las ecuaciones de la LPT de ambos estados de desarrollo.

Plan de muestreo secuencial con niveles fijos de precisión para *T. palmi*

Para la determinación de las curvas de precisión constante o líneas de parada se utilizó la ecuación de Green (1970), definida por la expresión:

$$\log \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right) = \frac{\log(D^2/a)}{b-2} + \left[\frac{b-1}{b-2} \right] \log(n) \quad (1)$$

donde $\left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)$ es el número de individuos acumulados en n muestras, D es el nivel fijo de precisión, a y b son los parámetros de la LPT y n el número de muestras. El gráfico se confeccionó con Microsoft Excel (2000).

Validación del plan de muestreo secuencial con niveles fijos de precisión

Para la validación del muestreo se utilizaron 46 conjuntos de datos de campo de tamaño 100, obtenidos bajo las mismas condiciones de los datos con que se confeccionó el plan de muestreo secuencial

pero en los restantes cuadrantes de la Fregat y siguiendo la metodología indicada por el MINAGRI en el Programa de Defensa Fitosanitario para el cultivo de la papa. Los mismos cubrieron un amplio rango de densidades medias que variaron desde 0,10 hasta 18,14 larvas por unidad de muestreo.

Los conjuntos usados se agruparon en siete intervalos de acuerdo con sus densidades medias de la siguiente forma: 15 en el intervalo de 0,10–0,30, seis en el de 0,30–0,50, cinco en el de 0,50–1,00, cinco en el de 1,00–2,00, cinco en el de 2,00–3,00, cuatro en el de 3,00–4,00 y seis con densidades medias mayores que 4. A cada grupo se les calculó la media ($\bar{x}$), el error estándar (ES), la precisión (D) y el tamaño de muestra (n). Con el objetivo de comparar los resultados, se calcularon estos mismos estadígrafos - además del número acumulado de individuos (Tn) - a cada grupo pero bajo el muestreo secuencial con diferentes niveles de precisión. La comparación se realizó mediante la dócima *t* de Student para muestras pareadas (Guerra *et al.* 1998).

Resultados y Discusión

Análisis de los datos

La combinación de los datos provenientes de las tres campañas se realizó a partir de los resultados del Análisis de Covarianza en los que no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las pendientes y los interceptos de las regresiones de la LPT (Tabla 1), tanto para las larvas como para los adultos.

Este resultado demuestra un comportamiento similar en las poblaciones de *T. palmi* durante las tres campañas en cuanto al patrón espacial, por lo que es de suponer que no hubo influencias significativas sobre este indicador ecológico por parte de las variables climáticas y de las aplicaciones a que se sometieron las plantaciones del cultivo.

Poblaciones de *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) en berenjena fueron muestreadas durante cuatro años por Hamilton *et al.* (1998) y combinadas en un único conjunto de datos basado en la falta de diferencias significativas entre las pendientes en las regresiones de la LPT entre años. Un procedimiento análogo fue realizado por Cho *et al.* (1995) al combinar datos de *Frankliniella* spp. (Thysanoptera: Thripidae) obtenidos en

Tabla 1. Resultados del análisis de covarianza para la comparación de rectas de regresión

Estados	Interceptos						Pendientes					
	Campañas			F	g. l.	p	Campañas			F	g. l.	p
	1998	1999	2000				1998	1999	2000			
Larvas	4,12	5,99	4,26	3,42	2;15	0,0597	1,22	1,46	1,45	2,46	2;15	0,1191
Adultos	2,75	1,85	2,09	0,20	2;17	0,8244	1,38	1,15	1,18	2,17	2;17	0,1445

tres años sobre plantaciones de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.).

Igualmente, para *T. palmi*, Cho *et al.* (2000) obtuvieron un resultado similar al combinar datos provenientes de muestreos realizados en plantaciones de papa durante los años 1995 y 1996 en Korea y a partir de los datos combinados, generaron una regresión común de la Ley Potencial de Taylor para usar sus estimadores en el desarrollo de planes de muestreo.

Análisis del patrón espacial

Los resultados de la estimación de los parámetros de la LPT aparecen en la tabla 2. Los valores de b obtenidos (1,43 para las larvas y 1,20 para los adultos) resultaron significativamente mayores que uno pues sus intervalos de confianza no contienen este valor, indicando un patrón agregado. Dichos valores de b para *T. palmi* se aproximan al valor obtenido por Verghese *et al.* (1988) en mango: 1,574, al obtenido por Ho y Chen (1998) en berenjena: 1,577 y a los de Cho *et al.* (2000) en papa, que oscilaron entre 1,36 y 1,61. Los valores de b , informados por Jiménez *et al.* (2000) son superiores a éstos y los mismos estuvieron entre 1,818 y 1,917, pero con valores de a que estadísticamente no difieren de cero. También son superiores a uno los informados por Trujillo *et al.* (2001) en pepino: 1,298 y 2,768 en larvas y adultos, respectivamente. Por otra parte, Osorio y Cardona (2003) obtienen, en habichuela y frijol, valores promedios para este parámetro de 1,40 para las larvas y 1,53 para los adultos.

Taylor (1984) señala que en poblaciones de un mismo insecto, en diferentes regiones geográficas, las pendientes y los interceptos de la LPT son similares pero no idénticos, debido a que el comportamiento intrínseco del insecto puede verse afectado por las condiciones particulares del entorno en que se encuentra.

La elección de los estimadores de la LPT como adecuados índices de dispersión y su uso preferente en el diseño de procedimientos de muestreo ha sido señalada por Taylor (1984), Ho y Chen (1998), Cho *et al.* (2000) y Cabrera *et al.* (2002).

Comparación entre estados de *T. palmi*

El Análisis de Covarianza indicó que, tanto los interceptos como las pendientes de la LPT para larvas y adultos, presentaron diferencias significativas entre sí. Para los primeros (4,91 y 2,07) $F = 35,08$, g.l. = 1;40, $p = 0,0000$ y para las segundas (1,43 y 1,20) $F = 16,27$, g.l. = 1;40, $p = 0,0002$ por lo que no procede la combinación de ambos estados de desarrollo y de ellos, sólo las larvas deben escogerse para realizar el muestreo. Este resultado difiere al informado por Cho *et al.* (2000), quienes mediante este mismo análisis, no detectaron diferencias entre *T. palmi* adultos e inmaduros y por tanto incluyeron ambos estados en los planes de muestreos propuestos.

En la selección del estado larval como representativo para realizar el muestreo de poblaciones de *T. palmi* se ha tenido en cuenta, además del resultado anterior, el hecho de constituir el 78,66% del total de individuos colectados, con un coeficiente de correlación entre éstas y la población total de 0,9898. Por otra parte, Jiménez *et al.* (2000) y Suris *et al.* (2003) señalan que las larvas, al ser menos móviles que los adultos, son más fáciles de contar que éstos y por tanto el muestreo es más confiable.

En cuanto al sitio dónde realizar el muestreo, Suris y Plana (2001) señalan que el lugar idóneo lo constituye el estrato medio de las plantas ya que los individuos (larvas) disponen de mejores condiciones de vida al estar menos expuestos a la acción de los enemigos naturales y de la radiación solar, además de encontrarse en este nivel hojas, que por su edad, podrían resultar más adecuadas para garantizar el alimento a este estado.

Plan de muestreo secuencial con niveles fijos de precisión para *T. palmi*

A partir de los resultados obtenidos, relacionados con la distribución espacial de la plaga en la planta, el estado representativo de sus poblaciones y la selección de la unidad muestral, se propone modificar los procedimientos de muestreo indicados en

el Programa de Defensa Fitosanitaria para el cultivo de la papa en los aspectos siguientes: se seleccionará como unidad muestral el foliolo apical, el que se escogerá en el estrato medio de las plantas y el estado a cuantificar será la larva.

Estos elementos serán comunes en cualquier procedimiento de monitoreo que se diseñe, excepto el número de muestras a tomar, que estará en dependencia del tipo de muestreo a emplear, ya sea enumerativo o secuencial.

A través de la expresión [1] se generaron las curvas de muestreo secuencial con niveles fijos de precisión de 0,20, 0,25 y 0,30 (Fig. 1). Este diseño de muestreo tiene por objetivo estimar las densidades poblacionales pero acumulando las cantidades de individuos por unidad muestral revisada. El muestreo continúa hasta que la cantidad acumulada supere la línea crítica calculada. En ese momento el promedio de densidad poblacional se estima dividiendo el número acumulado de larvas de *T. palmi* entre el número de muestras tomadas. Se puede observar que a medida que se incrementa el nivel de precisión, mayor será el número de muestras a tomar.

Además de la representación gráfica, es posible presentar los resultados en forma tabular, como lo muestran Niño *et al.* (1995). La tabla 3 ilustra esta variante, que

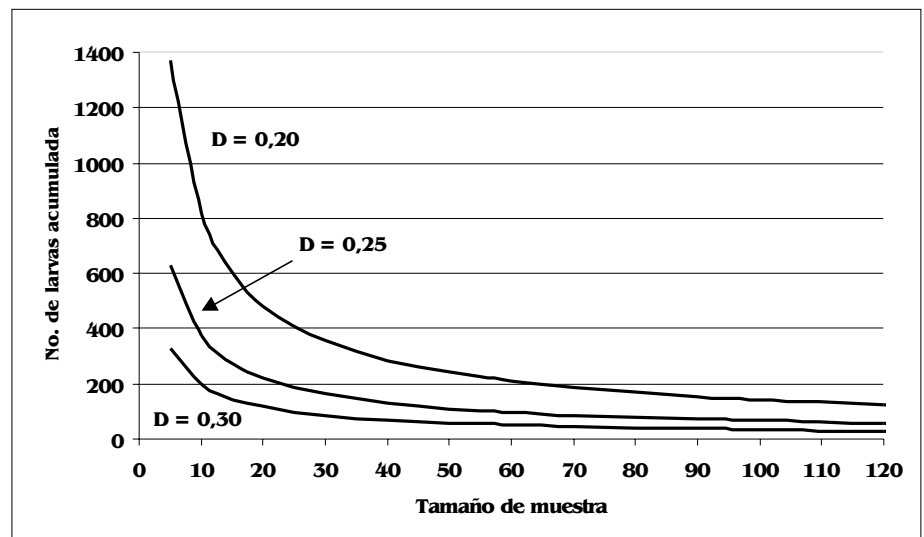


Figura 1. Curvas de muestreo secuencial con niveles fijos de precisión para estimar densidades poblacionales de larvas de *T. palmi*

Tabla 2. Resultados de la regresión de la Ley Potencial de Taylor para larvas y adultos de *T. palmi*

Estados	n	$\hat{a}$	$\ln a$	ES _{ln a}	IC (ln a)	$\hat{b}$	ES _b	IC (b)	R ²
Larvas	21	4,91	1,59	0,08	1,43 – 1,75	1,43	0,04	1,34 – 1,51	98,35
Adultos	23	2,07	0,73	0,09	0,54 – 0,91	1,20	0,04	1,12 – 1,28	98,03

n = Número de pares en la regresión.

a y b = Estimadores de los parámetros de la Ley Potencial de Taylor.

ln a = Logaritmo natural de a.

ES = Error estándar de los estimadores.

IC = Intervalo de confianza de 95% de cada estimador.

R² = Coeficiente de determinación de la regresión.

Tabla 3. Formato tabular del plan de muestreo secuencial con niveles fijos de precisión para estimar densidades poblacionales de larvas de *T. palmi*

Número de muestras	Valor	Acum	Cantidad de individuos acumulados para diferentes precisiones			Número de muestras	Valor	Acum	Cantidad de individuos acumulados para diferentes precisiones		
			0,20	0,25	0,30				0,20	0,25	0,30
1	---	---	4.623	2.113	1.115	51	---	---	238	109	57
2	---	---	2.740	1.253	661	52	---	---	235	107	57
3	---	---	2.018	922	487	53	---	---	231	106	56
4	---	---	1.624	743	392	54	---	---	228	104	55
5	---	---	1.373	627	331	55	---	---	225	103	54
6	---	---	1.196	547	288	56	---	---	222	101	53
7	---	---	1.065	487	257	57	---	---	219	100	53
8	---	---	963	440	232	58	---	---	216	99	52
9	---	---	881	403	212	59	---	---	213	97	51
10	---	---	814	372	196	60	---	---	211	96	51
11	---	---	757	346	183	61	---	---	208	95	50
12	---	---	709	324	171	62	---	---	205	94	50
13	---	---	668	305	161	63	---	---	203	93	49
14	---	---	631	289	152	64	---	---	201	92	48
15	---	---	599	274	144	65	---	---	198	91	48
16	---	---	571	261	138	66	---	---	196	90	47
17	---	---	545	249	131	67	---	---	194	89	47
18	---	---	522	239	126	68	---	---	192	88	46
19	---	---	501	229	121	69	---	---	190	87	46
20	---	---	482	220	116	70	---	---	187	86	45
21	---	---	465	213	112	71	---	---	185	85	45
22	---	---	449	205	108	72	---	---	184	84	44
23	---	---	434	198	105	73	---	---	182	83	44
24	---	---	420	192	101	74	---	---	180	82	43
25	---	---	408	186	98	75	---	---	178	81	43
26	---	---	396	181	95	76	---	---	176	81	42
27	---	---	385	176	93	77	---	---	174	80	42
28	---	---	374	171	90	78	---	---	173	79	42
29	---	---	364	167	88	79	---	---	171	78	41
30	---	---	355	162	86	80	---	---	170	77	41
31	---	---	347	158	84	81	---	---	168	77	40
32	---	---	338	155	82	82	---	---	166	76	40
33	---	---	331	151	80	83	---	---	165	75	40
34	---	---	323	148	78	84	---	---	163	75	39
35	---	---	316	145	76	85	---	---	162	74	39
36	---	---	310	142	75	86	---	---	161	73	39
37	---	---	303	139	73	87	---	---	159	73	38
38	---	---	297	136	72	88	---	---	158	72	38
39	---	---	291	133	70	89	---	---	156	71	38
40	---	---	286	131	69	90	---	---	155	71	37
41	---	---	281	128	68	91	---	---	154	70	37
42	---	---	276	126	66	92	---	---	153	70	37
43	---	---	271	124	65	93	---	---	151	69	36
44	---	---	266	122	64	94	---	---	150	69	36
45	---	---	262	120	63	95	---	---	149	68	36
46	---	---	257	118	62	96	---	---	148	68	36
47	---	---	253	116	61	97	---	---	147	67	35
48	---	---	249	114	60	98	---	---	145	66	35
49	---	---	245	112	59	99	---	---	144	66	35
50	---	---	242	110	58	100	---	---	143	65	35

según Krebs (1999), resulta de más fácil manejo para los que realizan el muestreo en el campo, pues sólo deben anotar y acumular las cantidades de individuos en cada muestra hasta que el acumulado su-

pere el límite que representa la línea de parada, en ese momento se detiene el muestreo y la densidad media se calcula dividiendo el total acumulado entre la cantidad de muestras tomadas.

Este procedimiento de muestreo, diseñado por primera vez en el país para esta plaga, tiene como ventaja con respecto al enumerativo el no necesitar un muestreo previo, ya que la estimación de

Tabla 4. Resultados de la validación de los planes de muestreo secuencial con niveles fijos de precisión para larvas de *T. palmi*

Intervalos de densidad media	Cantidad de conjuntos de datos de campo (n = 100)	Estadísticas	Estadísticas promedio para los datos de campo	Estadísticas promedio para el muestreo secuencial para diferentes precisiones		
				0,20	0,25	0,30
0,10 – 0,30	15	—	—	—	—	—
		X	0,20	0,20	0,20	0,20
		ES	0,07	0,07	0,07	0,07
		D	0,36	0,36	0,36	0,36
		n	100	100	100	100
0,30 – 0,50	6	Tn	-	20,00	20,00	20,00
		—	—	—	—	—
		X	0,42	0,42	0,42	0,42
		ES	0,11	0,11	0,11	0,11
		D	0,2771	0,2771	0,2771	0,2756
0,50 – 1,00	5	n	100	100	100	92,50
		Tn	-	42,00	42,00	38,83
		—	—	—	—	—
		X	0,81	0,81	0,79	0,81
		ES	0,18	0,18	0,18	0,18
1,00 – 2,00	5	D	0,2314	0,2314	0,2364	0,2223
		n	100	100	90,80	67,00
		Tn	-	81,00	71,00	52,60
		—	—	—	—	—
		X	1,50	1,55	1,63	1,79
2,00 – 3,00	5	ES	0,29	0,30	0,30	0,33
		D	0,2016	0,2014	0,1995	0,1987
		n	100	93,00	64,00	44,20
		Tn	-	140,00	96,00	70,40
		—	—	—	—	—
3,00 – 4,00	4	X	2,55	2,77	3,42	3,37
		ES	0,51	0,54	0,54	0,61
		D	0,19	0,1969	0,1585	0,1770
		n	100	72,80	42,20	31,80
		Tn	-	192,20	133,40	98,00
> 4,00	6	—	—	—	—	—
		X	3,62	4,10	3,91	3,81
		ES	0,54	0,60	0,60	0,53
		D	0,15	0,1487	0,1638	0,1560
		n	100	56,00	39,75	29,25
		Tn	-	226,50	147,00	97,75
		—	—	—	—	—
		X	8,33	9,62	9,93	10,10
		ES	0,91	1,10	1,10	1,04
		D	0,12	0,1328	0,1255	0,1248
		n	100	39,83	25,17	17,00
		Tn	-	319,67	214,83	153,33
		—	—	—	—	—

las densidades poblacionales se realizará directamente con el auxilio de la tabla 3, lo que implica un número de muestras variables en cada momento permitiendo una estimación con el nivel de precisión deseado.

Validación del plan de muestreo secuencial con niveles fijos de precisión

Los resultados se muestran en la tabla 4, donde se aprecia que a densidades muy bajas (0,10–0,30 larvas por unidad muestral), el tamaño de muestra usado en los conjuntos de datos de campo (n= 100) resulta insuficiente para aumentar la precisión de la estimación pues para ninguno de los niveles, el número acumulado de individuos (Tn) sobrepasó las líneas de parada. Hutchison (1994) señala que los tamaños de muestra de los datos de campo deben ser superiores a los esperados mediante el muestreo secuencial.

El aumento de la precisión y la reducción de los tamaños de muestra se inicia para D= 0,30 a densidades medias de 0,30–0,50 con valores de 0,2756 y 92,50, res-

pectivamente, aunque todavía para D= 0,25 no se pone de manifiesto tal efecto.

Cuando las densidades medias son superiores a 0,50 larvas por unidad muestral, para D= 0,25 (precisión indicada por Southwood (1978) para estimar densidades poblacionales) la precisión es inferior a 0,24 y los tamaños de muestras oscilan entre 91 y 25 unidades muestrales. Valores promedios de precisión menores que 0,24 obtuvieron Cho *et al.* (2000) al validar mediante remuestreo (simulación bootstrap) un plan de muestreo secuencial con niveles fijos de precisión para *T. palmi* en papa en Korea, para densidades medias entre 5,07 y 37,43 individuos por unidad muestral.

De acuerdo con los resultados de la d^ocima *t* de Student para muestras pareadas, ni las densidades medias (2,90) ni las precisiones (0,2171) obtenidas mediante el muestreo secuencial, difieren significativamente con los resultados de los datos de campo (2,49 y 0,2186, respectivamente). En el caso de las primeras $t = 1,7747$, $p = 0,1263$ y para las precisiones

$t = -0,2810$, $p = 0,7882$. Es de destacar que dichos resultados se alcanzan con 66 unidades muestrales como promedio.

La no existencia de diferencias estadísticas entre los resultados que arrojan los datos experimentales y los de la validación muestra la eficiencia y confiabilidad del muestreo secuencial diseñado.

La validación de este procedimiento de muestreo secuencial para *T. palmi* permite su incorporación al Programa de Defensa Fitosanitario para el cultivo de la papa indicado por el MINAGRI, lo que influirá en la eficiencia del programa de manejo integrado que se tiene implementado en Cuba para esta plaga.

Literatura citada

- ANÓNIMO. 1997. Informe entregado por Cuba al Secretario General de las Naciones Unidas sobre la aparición en nuestro país de la plaga *Thrips palmi*. Diario Granma. Ciudad de la Habana, Año 33, No. 61. 8 p.
- CABRERA, A.; GUERRA, W.; SURIS, M. 2002. Selección de modelos de regresión para

- describir el patrón espacial de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en el cultivo de papa. Cultivos Tropicales 23 (4): 77-82.
- CHO, K.; ECKEL, C. S.; WALGENBACH, J. F.; KENNEDY, G. G. 1995. Spatial distribution and sampling procedures for *Frankliniella* spp. (Thysanoptera: Thripidae) in staked tomato. Journal of Economic Entomology 88 (6): 1658-1665.
- CHO, K.; KANG, S. H.; LEE, G. S. 2000. Spatial distribution and sampling plans for *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) infesting fall potato in Korea. Journal of Economic Entomology 93 (2): 503-510.
- GREEN, R. H. 1970. On fixed precision level sequential sampling. Res. Popul. Ecol. 12: 249-251.
- GUERRA, B. W.; MENÉNDEZ, A. E.; BARRERO, M. R.; EGAÑA, M. E. 1998. Estadística. 2da Edición, Ed. "Félix Varela", La Habana, 376 p.
- HAMILTON, G. C.; LASHOMB, J. H.; ARPAIA, S.; CHIANESE, R.; MAYER, M. 1998. Sequential sampling plans for Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in eggplant. Environmental Entomology 27 (1): 33-38.
- HO, C. C.; CHEN, W. H. 1998. Distribution and estimates of the optimal sample size of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) on eggplant. Chinese Journal Entomology 13: 293-303.
- HUTCHISON, W. D. 1994. Sequential sampling to determine population density, p. 207-243. En: L. P. Pedigo and G. D. Buntin [eds.], Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture. CRC. Boca Raton, FL.
- JIMÉNEZ, S.; CORTIÑAS, J.; LÓPEZ, D. 2000. Distribución temporal y espacial y consideraciones para el monitoreo de *Thrips palmi* en papa en Cuba. Manejo Integrado de Plagas 57: 54-57.
- KAWAI, A. 1983. Studies on the population ecology of *Thrips palmi* Karny. I. Population growth and distribution pattern on cucumber in greenhouse. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology 27: 261-264.
- KREBS, C. J. 1999. Ecological Methodology. 2nd. Ed. Addison-Wesley Educational Publishers, Inc., California. 620 p.
- MICROSOFT CORPORATION. 2000. Microsoft Excel.
- MINAGRI. 2000. Programa de Defensa Fitosanitaria para el cultivo de la papa. Centro Nacional de Sanidad Vegetal, Ciudad de La Habana, Cuba. 20 p.
- MURGUIDO, C. A.; ELIZONDO, A. I.; VÁZQUEZ, M. L.; SURIS, C. M.; AVILES, P. R. 2002. Desarrollo de un programa de lucha contra *Thrips palmi* Karny y su impacto en la agricultura cubana. En: Resúmenes. Forum Tecnológico Especializado de Manejo Integrado de plagas. MIP 2002. La Habana, 15-16 Mayo, CIDISAV, p. 93-94.
- NIÑO, J. C.; PALACIOS, T.; CORREDOR, D. 1995. Muestreo secuencial para trips *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae), en un cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth) bajo invernadero. Agronomía Colombiana 12 (2): 115-126.
- OSORIO, J.; CARDONA, C. 2003. Fenología, fluctuación de poblaciones y métodos de muestreo para *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) en habichuela y frijol. Revista Colombiana de Entomología 29 (1): 43-49.
- PLANA, L.; SURIS, M.; CABRERA, A.; RODRÍGUEZ, H. 2001. Determinación del foliolo apical de la hoja de papa var. Desirée como unidad muestral en el monitoreo de *Thrips palmi* Karny. Revista Protección Vegetal. Cuba. 16 (1): 26-29.
- SIGARROA, A. 1985. Biometría y Diseño Experimental. 2da parte, Ed. Pueblo y Educación, La Habana. p. 550-564.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. 1995. Biometry. 3rd. Ed. Freeman, New York, 523 p.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1978. Ecological Methods with Particular Reference of the Study of Insect Populations. Ed. Chapman and Hall, London. p. 7-69.
- STATISTICAL GRAPHICS CORP. 1999. STATGRAPHICS Plus for Windows 4.1.
- SURIS, M.; PLANA, L. 2001. Distribución en la planta y en el campo de *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) en papa de la variedad Desirée. Revista Protección Vegetal. Cuba. 16 (2-3): 80-83.
- SURIS, C. M.; JIMÉNEZ, S.; CHIANG, M. L. 1999. Distribución en la planta y en el campo de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en cultivos económicos. Informe final de la etapa 2.3 del subproyecto Biología y ecología de *Thrips palmi* Karny. CENSA, La Habana, 24 p.
- SURIS, M.; PLANA, L.; CABRERA, A. 2003. Diseño de un método de muestreo para *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) en el cultivo de la papa. Revista Protección Vegetal. Cuba. 18 (3): 211-214.
- TAYLOR, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. Nature 189: 732-735.
- TAYLOR, L. R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distribution of populations. Annual Review of Entomology 29: 321-357.
- TRUJILLO, Z.; PÉREZ, R. P.; BORROTO, D.; CORRRALES, E. 2001. Distribución espacial y vertical de *Thrips palmi* Karny en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de organopónico. Fitosanidad. Cuba. 5 (1): 13-15.
- VÁZQUEZ, L. L. 2003. Bases para el manejo integrado de *Thrips palmi*. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). Hoja Técnica 69 (46): 84-91.
- VERGHESE, A.; TANDON, P. L.; PRASADA RAO, G. S. 1988. Ecological studies relevant to the management of *Thrips palmi* Karny on mango in India. Tropical Pest Management 34 (1): 55-58.

Recibido: Jul. 11/2004

Aceptado: Nov. 02/2004