

Distribución espacial de *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) en plantas de tomate

C. BASSO, J. FRANCO, G. GRILLE Y C. PASCAL

Tres aspectos relacionados con la elaboración de planes de muestreo fueron estudiados para medir la densidad de la "mosca blanca de los invernáculos" (*Trialeurodes vaporariorum*): 1) la precisión de la observación visual para determinar los diferentes estados, 2) la distribución espacial de la plaga en un invernáculo y en diferentes estratos de la planta y 3) la relación media-varianza, determinante del tipo muestreo y tamaño de muestra apropiados. Se encontró una muy buena relación entre la clasificación visual y la clasificación con mediciones de tamaño (solo 2% de desacuerdos en un análisis discriminante), una distribución espacial conglomerada (de contagio) en el área del invernáculo en todos los momentos de observación (13 semanas) y una distribución bien definida en la planta, estando los adultos localizados en el tercio superior y las ninfas de tercer estado más pupas en el tercio medio. Se encontró, además, una relación media-varianza, estimada a través de la ecuación de TAYLOR, esperada para una plaga agrícola. Los resultados obtenidos son la base para la definición de planes de muestreo secuencial a ser definidos en casos particulares.

C. BASSO, J. FRANCO, G. GRILLE Y C. PASCAL: Facultad de Agronomía, Av. Garzón 780, 12900 – Montevideo, Uruguay.

Palabras clave: *Trialeurodes vaporariorum*, distribución espacial, tomate.

INTRODUCCIÓN

Las "moscas blancas" (Homoptera, Aleyrodidae) se encuentran entre las principales plagas de los cultivos protegidos en el Uruguay, en especial solanáceas y curcubitáceas. La especie más abundante es *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), habiéndose constatado en el año 1999 por primera vez la presencia de *Bemisa tabaci* (Gennadius) en cultivos de morrón (*Capsicum annum* L.) en el norte del país (Bella Unión, Departamento de Artigas) (GRILLE y BASSO, 2001). Las altas poblaciones alcanzadas por *T. vaporariorum* en los cultivos conducen a los productores hortícolas a realizar repetidos

tratamientos con insecticidas químicos con resultados no satisfactorios. Esta práctica conlleva riesgos para la salud humana, altos niveles de contaminación ambiental y efectos sobre la sustentabilidad del sistema de producción por su directa incidencia sobre los enemigos naturales.

El desarrollo de un método de muestreo seguro y efectivo es esencial para el estudio de la dinámica poblacional de las "moscas blancas" y el establecimiento de criterios de decisión para la implementación de programas de control (NARANJO y FLINT, 1994). Una constante monitorización es necesaria para la detección de niveles de población relativamente bajos fijados empíricamente

(TONHASCA *et al.*, 1994), en especial si se quiere determinar el momento de la primera liberación de *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera, Aphelinidae) para que controle exitosamente a *T. vaporariorum* (MARTIN y DALE, 1989). Un plan de muestreo que incluya el número de muestras a tomar, el tamaño de la unidad elegida y la ubicación de las mismas, depende del conocimiento de la distribución espacial del insecto en el cultivo (MORRIS, 1960; SOUTHWOOD, 1978), en razón de que ésta es una de las propiedades ecológicas más características que diferencian las especies (TAYLOR, 1984). El esfuerzo destinado a esta tarea puede ser reducido seleccionando las porciones de las plantas que contengan las más altas densidades de los estados de desarrollo deseados (VON ARX *et al.*, 1984) o las que presenten la menor variabilidad entre plantas, medida a través del coeficiente de variación (NARANJO y FLINT, 1994).

La conclusión de muchos autores con respecto a la factibilidad de técnicas de muestreo para monitorizar poblaciones de "mosca blanca" en invernáculo difiere considerablemente (NOLDUS *et al.*, 1986a). Los resultados obtenidos no resultan comparables debido a que los métodos utilizados, los niveles predeterminados de confianza y error, el rango de densidad de las poblaciones y el grado de agregación entre las poblaciones difieren significativamente unos de otros. Estas diferencias son parcialmente debidas a las diferentes condiciones naturales y artificiales en que se realizaron los estudios, por ejemplo el tamaño de los invernáculos, las condiciones climáticas, la temperatura, las técnicas de cultivo, etcétera (XU, 1993).

La investigación contenida en este artículo se dirigió a estudiar la distribución espacial de los distintos estados de desarrollo de *T. vaporariorum* en la planta y en un cultivo de tomate bajo invernáculo, con un especial énfasis en aquellos estados fácilmente observables directamente por el ojo humano. Esta información será la base en un futuro plan de muestreo de la plaga.

MATERIALES Y MÉTODOS

Clasificación de los instares ninfales por observación visual

Con el fin de asegurar la correcta identificación visual de los diferentes estadios preimaginales de *T. vaporariorum*, 12 plantas de tomate (cv Empire) de, al menos, 7 hojas verdaderas, plantadas individualmente en macetas de plástico de 9 cm de diámetro y 40-50 cm de altura, se infestaron con *T. vaporariorum* proveniente de un predio hortícola del sur del país. Para ello, las plantas se colocaron dentro de una caja de madera con malla fina (51 cm de largo por 35 cm de ancho por 45 cm de altura) forrada exteriormente con nylon negro, a la que se le introdujo porciones de plantas de tomate con un elevado número de adultos y puparios. Fue necesario esperar 48 horas a una temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ para obtener una buena oviposición sobre las hojas, momento en el cual se retiraron las plantas de la caja y se eliminaron los adultos que permanecían vivos sobre ellas. Posteriormente, todas las plantas fueron colocadas en una cámara climatizada a $27 \pm 1^\circ\text{C}$, 60-70 % de humedad relativa y un fotoperíodo de 14:10 (luz/oscuridad). La intensidad de la luz se reguló en 3.500 luxes (29 watts/m²) para asegurar un crecimiento adecuado de las plantas.

En cada una de las plantas infestadas se seleccionaron por lo menos 5 hojas con huevos, lo cual aseguró el seguimiento de 180 individuos a través de todo su desarrollo. Estas hojas fueron individualizadas con hilos de colores, y mediante dibujos se facilitó la localización de los huevos. La observación de cada insecto bajo lupa estereoscópica se realizó cada 24 horas, registrándose la duración del estado de huevo y de cada estado ninfal (ninfa 1, 2, 3 y pupario). Luego de cada muda se midió el largo y ancho de los insectos. Los puparios (segunda fase del estadio ninfal 4) se determinaron observando la presencia de ojos rojos, una pigmentación amarilla-rojiza y un engrosamiento de la pared, tomando como base lo descrito por BYRNE y BELLOWS (1991) y LYNCH y SIMMONS (1993). Los puparios se

retiraron con una pequeña aguja de las hojas de las plantas y se confinaron en una cápsula cilíndrica de gelatina de 2,5 cm de largo por 1 cm de diámetro donde eran observados hasta la emergencia del adulto. Las cápsulas fueron colocadas dentro de una pecera de vidrio con alta humedad (80%) para evitar la desecación. Los adultos una vez emergidos fueron sexados mediante observación de su extremo abdominal.

Con la finalidad de validar numéricamente la clasificación de los estados de desarrollo realizada por observación visual, se sometió esta última a un análisis discriminante (MARDIA *et al.*, 1979), usando para ellos las mediciones de ancho y largo del insecto. Este análisis permite una reclasificación de observaciones basada en las distancias de Mahalanobis (MARDIA *et al.*, 1979) de tal manera que los individuos clasificados "por observación visual" en un estado y que por sus dimensiones presenten mayor probabilidad de pertenecer a otro fueron reclasificados en este último. Una buena clasificación inicial debe presentar solamente un pequeño porcentaje de reclasificación.

Distribución espacial

Se estudió la distribución espacial de una población de *T. vaporariorum* en un cultivo comercial de tomate (cv Alambra) bajo invernáculo en un predio ubicado en el paraje Puntas de Macadán en el departamento de Montevideo. El invernáculo cubría 1.050 m² (50 m de largo por 21 m de ancho), con un total de 4.086 plantas dispuestas en surcos separados un metro entre sí, cada uno con dos hileras de plantas distanciadas a 0,20 m. La distancia de las plantas en la hilera era de 0,40 m.

Las actividades comenzaron a inicios de marzo de 1999, momento en que el cultivo se encontraba en su tercer mes luego del trasplante y presentaba un estado vegetativo y sanitario bueno, con una muy baja población de "mosca blanca". No se aplicaron productos insecticidas sobre las plantas du-

rante la realización de las tareas (13 semanas) que culminaron a mediados de junio de ese año.

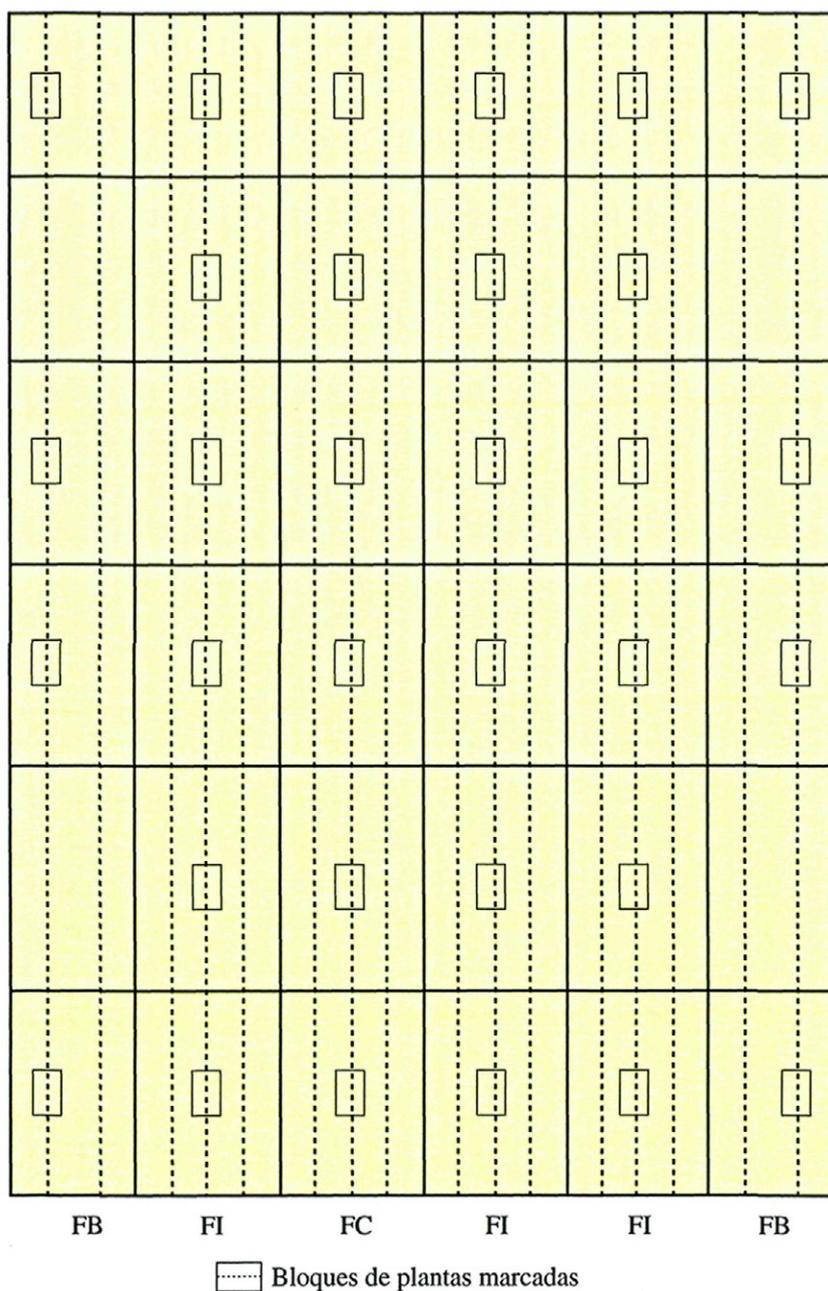
La superficie del cultivo se cuadrículó en 36 divisiones (6 x 6), disponiéndose información de 32 cuadrados (4 debieron desecharse): 8 en los dos surcos laterales, 18 en tres surcos intermedios y 6 en el surco central (Fig. 1). Para evitar dañar excesivamente las plantas durante el muestreo (tipo destructivo), los cuadrados de los surcos laterales incluyeron 10 plantas contiguas cada uno y aquellos de los surcos restantes dispusieron de 20 plantas contiguas. Por su parte, las hojas muestreadas se seleccionaron de los tres tercios de la planta (estrato inferior, medio y superior). Como estrato inferior se consideró, contando desde el suelo, la tercera o cuarta hoja, como medio la novena o décima hoja y como superior la hoja apical (17ma. o 18va.).

Semanalmente se procedió a contar *in situ* el número de adultos de "mosca blanca" ubicados en el envés de un folíolo de una hoja de cada estrato de una planta por cuadrado. Posteriormente, se retiraba con un sacabocado un disco circular de aproximadamente 3 cm² de superficie foliar de cada una de las hojas seleccionadas previamente, determinándose bajo lupa estereoscópica en el laboratorio el número de huevos e individuos inmaduros (se detalló ninfa 1 a 3 y pupario) contenidos en los mismos.

a) Distribución en la planta

Con el fin de determinar el estrato (altura) de la planta en el cual se encontraba la mayor densidad y, de ser posible, la menor variabilidad en la abundancia de "mosca blanca", se analizó el número de adultos por folíolo y de individuos inmaduros en el tercer instar ninfal más los puparios (N3+P) por disco circular utilizando un Modelo Lineal Generalizado (MCCULLAGH y NELDER, 1989). Se asumió una distribución de Poisson, una función de enlace logarítmica, $\eta = \log(E(y))$ en donde "y" es el número observado, y corrección por sobredispersión, que permitió modelar una distribución Poisson aún cuando la varianza fuera mayor que

Fig. 1.—Esquema del invernáculo subdividido en 36 cuadrados
(FB: fila de borde, FI: fila intermedia, FC: fila central).



la media, lo cual puede ocurrir cuando la distribución de la plaga es de contagio, presentando un valor mayor que uno para el parámetro de sobredispersión. En casos de sobredispersión muy alta el modelo puede ser mejorado suponiendo una distribución Binomial Negativa, con función de enlace logarítmica y un valor κ (parámetro de agregación) calculado como el promedio de los valores en todos los estratos y todas las fechas.

Para la comparación de las densidades de cada estado en las diferentes alturas de la planta se ajustó el modelo

$$\eta_{ijk} = \beta_o + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij}$$

con $i = 1, 2, 3$ (estratos de altura en la planta), $j = 1, 2, \dots, 13$ (fechas de muestreo) y $\kappa = 1, 2, \dots, 32$ (lugares de muestreo en el invernáculo), siendo las letras griegas los símbolos de los efectos asociados a los subíndices. Los modelos se ajustaron utilizando el procedimiento GENMOD del Statistical Analysis System, SAS (1993).

b) Distribución en el invernáculo

En términos generales una plaga puede estar dispersa en forma uniforme, aleatoria o agregada y los conteos de insectos realizados extensivamente en un cuadrículado del campo ajustarán, en cada caso, a las distribuciones de probabilidad Normal, Poisson o Binomial Negativa, respectivamente (SOUTHWOOD, 1978). Asumiendo que los muestreos se realizaron sin que se alcanzara un ataque uniforme, la distribución de la plaga puede ser aleatoria, caso en el cual la relación varianza/media produce un cociente de uno, o agregada, lo cual producirá un cociente mayor que uno. El cociente calculado para una muestra, denominado Coeficiente de Dispersión (SOKAL y ROHLF, 1979), cuya fórmula es, $CD = S^2 / X$ donde S^2 y X son la varianza y la media de los conteos respectivamente, puede superar el valor uno cuando la distribución es del tipo Binomial Negativa. Esta distribución, que ha sido referenciada por múltiples autores para el uso en plagas agronómicas (TAYLOR, 1984), depende de dos parámetros: la media de los conteos y κ . Este último parámetro

toma valores cercanos a cero cuando la varianza es mayor que la media (distribución agregada), y valores muy grandes cuando la varianza y la media tienden a ser iguales (distribución aleatoria). El estimador de momentos para κ es:

$$\kappa = X^2 / (S^2 - X)$$

Los índices, CD y κ y los parámetros α y β de la relación empírica $S^2 = \alpha + X^\beta$ propuesta por TAYLOR (1961), se calcularon por fecha para los dos estados de interés en los diferentes estratos de altura de la planta.

RESULTADOS

Clasificación de los ínstares ninfales

La aplicación del análisis discriminante a los grupos (ínstares ninfales) clasificados visualmente a partir de las mudas produjo un 2% de observaciones reclasificadas (17/945) en función de dos variables (largo y ancho) medidas a cada individuo. Por lo tanto, se puede pensar que hay una correcta discriminación visual de los ínstares (Tabla 1, Figura 2). Dicha sobreposición de individuos entre ínstares se presenta con mayor frecuencia sobre la dimensión del ancho que del largo del insecto.

Distribución en la planta

La comparación de las densidades por estrato, considerando todas las fechas y lugares de muestreo en el invernáculo, resultó significativa ($p < 0.01$) tanto para adultos como para N3+P, resultando el tercio superior de las plantas el que presentó la mayor densidad de adultos y el tercio medio donde predominó N3+P (Tabla 2). Las diferentes fechas y la interacción estrato*fecha resultaron también significativas ($p < 0.01$). Los resultados fueron similares para la modelación suponiendo distribución Poisson con estimación de sobredispersión o Binomial Negativa.

Tabla 1.—Valores de la media, desviación estándar y coeficiente de correlación entre el largo y el ancho de los insectos, para cada instar determinado visualmente.

Estadio	Largo (mm)		Ancho (mm)		Correlación	n
	Media	D. Est.	Media	D. Est.		
Instar 1	.271	.0099	.184	.0156	.1607 **	259
Instar 2	.444	.0180	.272	.0216	.3039 **	253
Instar 3	.622	.0566	.377	.0566	.2467 **	229
Instar 4	.772	.0709	.540	.0723	-.0179 ns	204

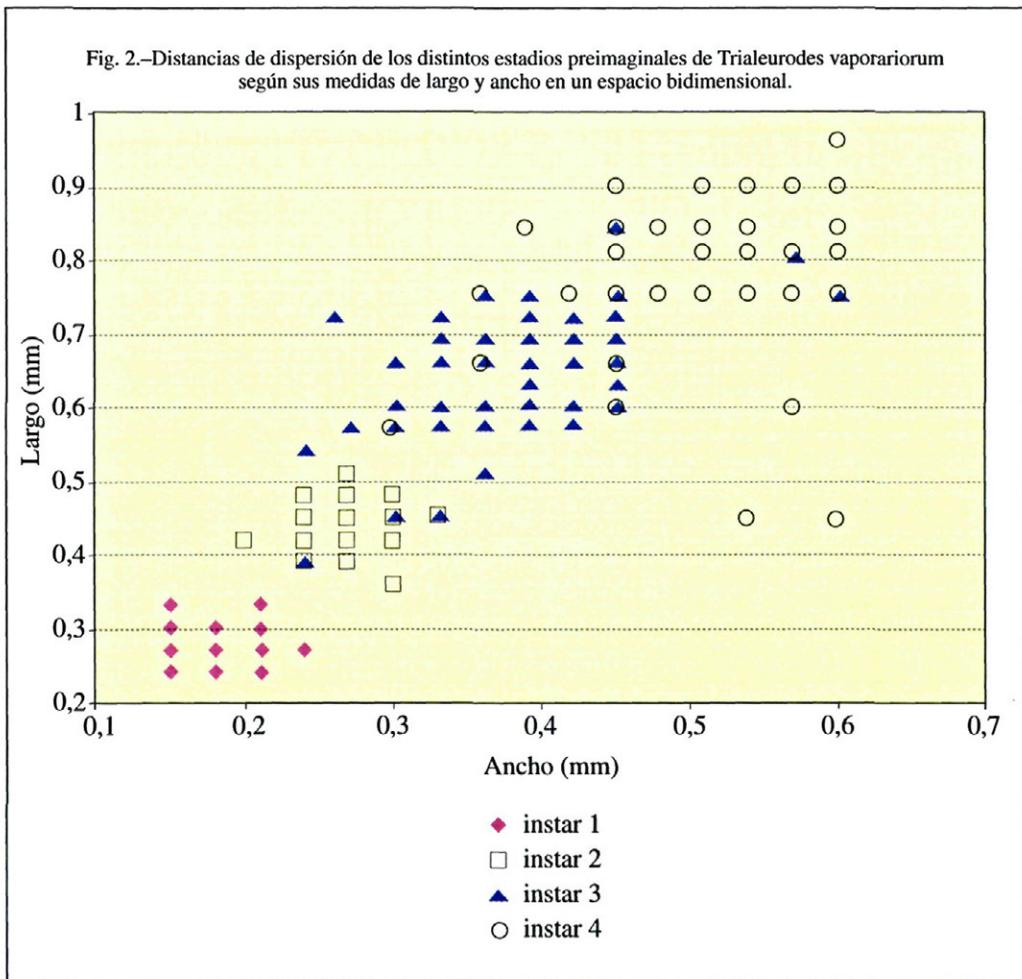


Tabla 2.—Densidad promedio e intervalo de confianza para los estratos de altura en la planta. Adultos y Ninfas 3 más Puparios.

Estrato	Adultos			Ninfas 3 +P ¹		
	Media ²	Li ³	Ls ³	Media ²	Li ³	Ls ³
Superior	12.64 a	11.1	14.6	0.66 b	0.34	1.13
Medio	4.13 b	3.5	4.9	1.62 a	1.14	2.37
Inferior	1.71 c	1.3	3.3	0.68 ab	0.37	1.17

¹ Ninfas en el tercer instar más puparios

² Medias seguidas por la misma letra no resultan diferentes en la comparación ($P < 0.01$).

³ Li: límite inferior; Ls: límite superior.

Los efectos de interacción encontrados en los modelos corresponden a diferencias en magnitud pero no entrecruzamientos de líneas, manteniéndose en general la tendencia de los tercios superior (adultos) y medio (N3+P) a presentar mayores densidades en todas las fechas (Fig. 3 y 4). El estrato que mostró la mayor densidad fue también el que presentó los menores valores de variabilidad, medida a través del Coeficiente de Variación (Tabla 3).

Distribución en el invernáculo

La distribución espacial de los adultos y de N3+P fue “altamente” conglomerada (o de contagio) a través del tiempo y en todos los estratos de altura en la planta. El índice κ de agregación presentó valores pequeños y el índice CD valores muy altos (Tabla 3), destacándose en ambos casos que la varianza es mayor que la media y por lo tanto la Binomial Negativa resultaría una distribución estadística más apropiada que Poisson. Las relaciones varianza-media estimadas con la ecuación de Taylor muestran valores en el intervalo (1.0, 2.0) para el parámetro β (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Resulta conveniente realizar el muestreo de insectos sobre el estrato de la planta

donde cada estado de la “mosca blanca” presenta el menor coeficiente de variación, tal como proponen NARANJO y FLINT (1994), por cuanto este estrato presentó en forma consistente, al mismo tiempo, la mayor densidad de insectos en ese estado.

La observación *in situ* de los insectos adultos en el tercio superior de las plantas de tomate puede llevarse a cabo sin mayores dificultades prácticas, mientras que la identificación visual de los individuos en instar 3 y puparios ubicados en el estrato medio se realiza con un nivel mínimo de observaciones mal clasificadas a partir de un simple entrenamiento de clasificación previo. La superposición de individuos entre instares se presenta con mayor frecuencia sobre la dimensión del ancho que resulta la menos relevante en la clasificación visual.

El tamaño de los individuos no presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) a los obtenidos por GERK *et al.* (1995) para el segundo y cuarto instar ninfal, y a los señalados por SOTO (1997) para el tercero y cuarto, en todos los casos cuando esta plaga se desarrolló sobre tomate.

La comparación de la densidad de población de los diferentes estados de desarrollo de *T. vaporariorum* a nivel de la planta confirmó la estratificación vertical que resulta del efecto combinado de la concentración de la oviposición de adultos en las hojas superiores, la inmovilidad de los estados inmaduros y el crecimiento de la planta (NOLDUS *et al.*, 1986a).

Fig. 3.—Variación de la densidad de los adultos de *Trialeurodes vaporariorum* presentes en un folíolo de una hoja de los tres estratos de una planta.

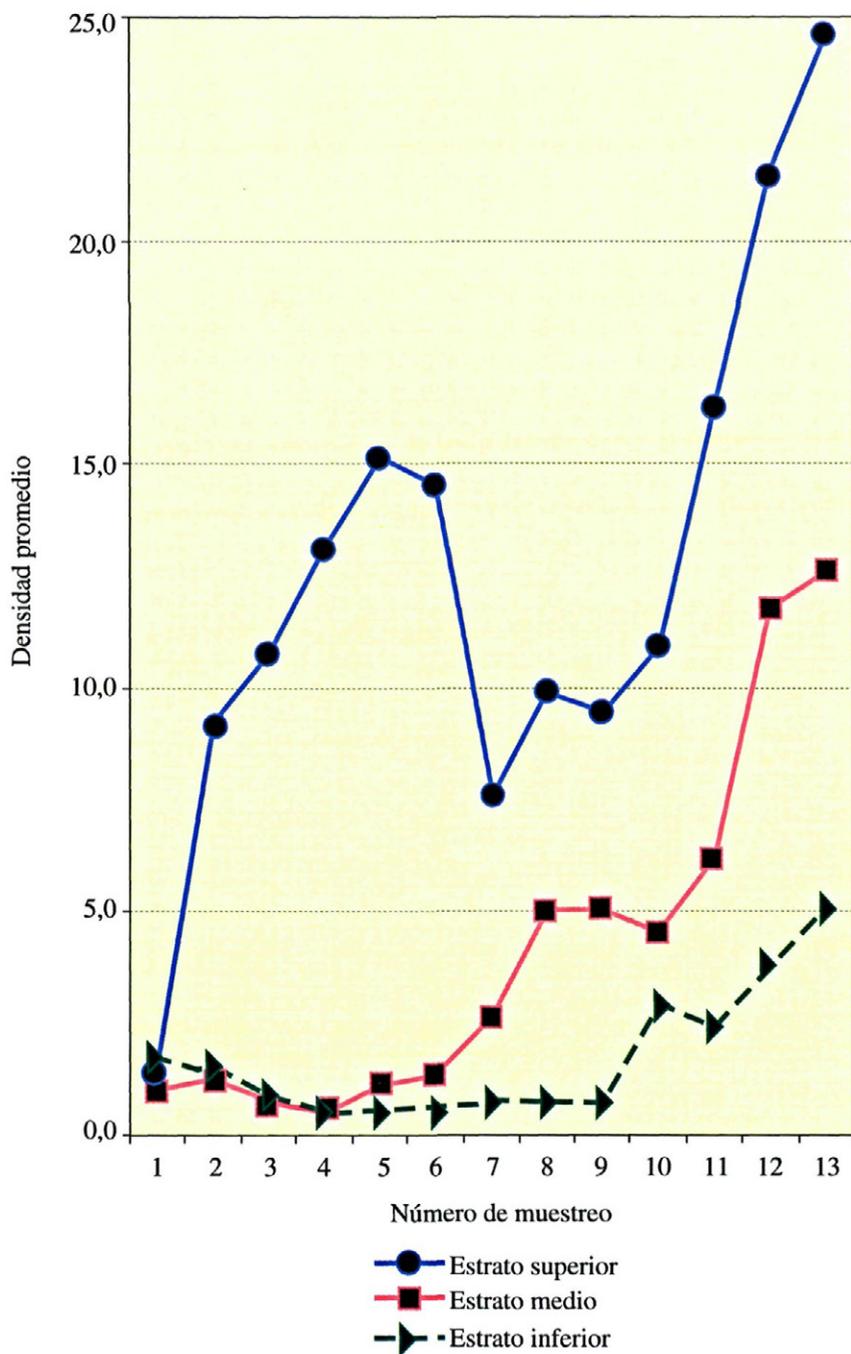


Fig. 4.-Variación de la densidad de las ninfas de tercer instar más pupas de *Trialeurodes vaporariorum* presentes en un disco folíolo de 3 cm² de diámetro una hoja de los tres estratos de la planta.

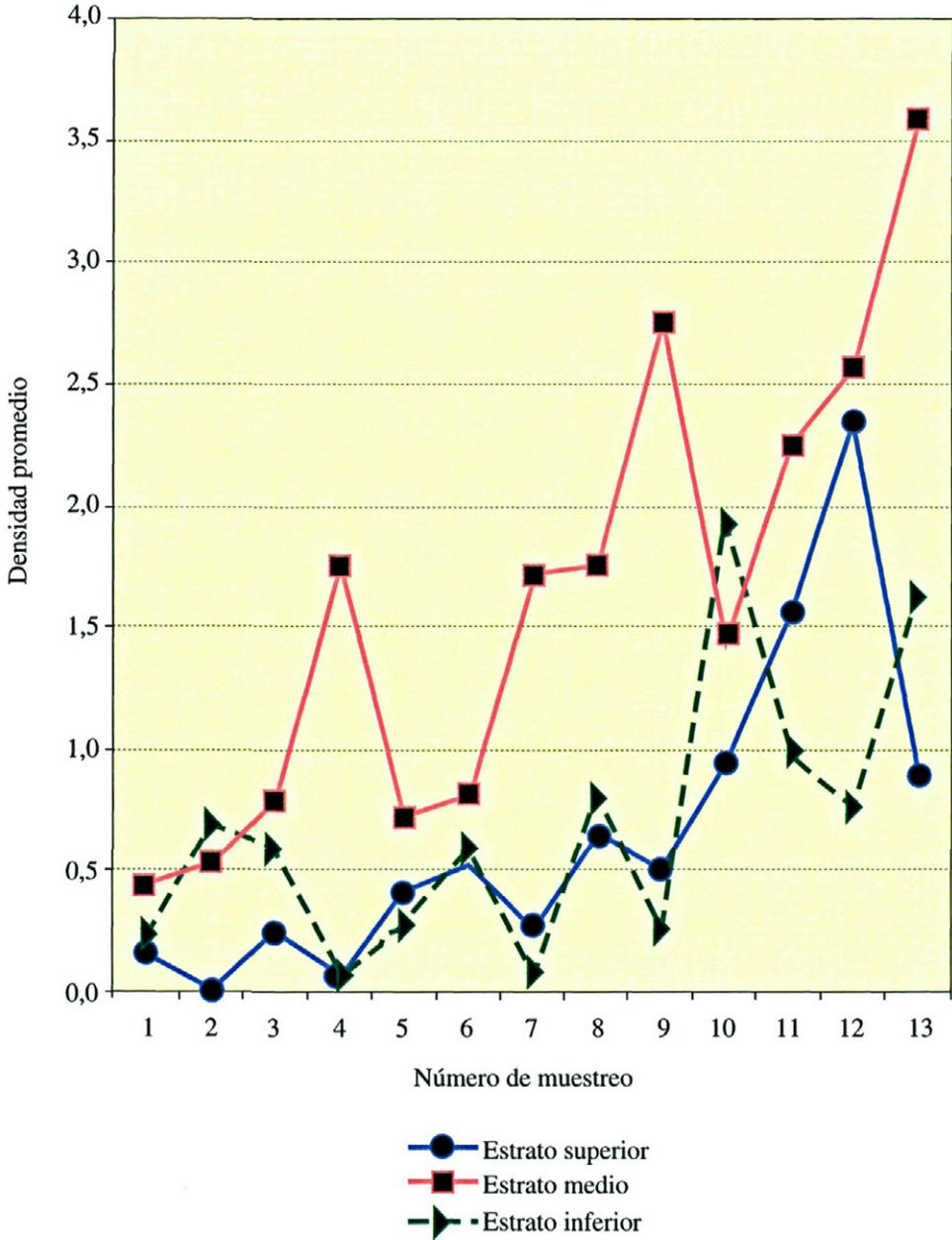


Tabla 3.—Índice de agregación por estrato.

Estrato	Fecha	Adultos					N 3 +P ^e				
		Media	Varianza	κ^{ϕ}	CD ^y	CV ^t	Media	Varianza	κ^{ϕ}	CD ^y	CV ^u
Sup.	1	1.4	2.6	1.817	1.79	1.116	0.16	0.78	0.040	5.00	5.621
	2	9.2	304.3	0.286	33.13	1.899	0.00	0.00	—	—	—
	3	10.8	385.7	0.308	35.88	1.827	0.25	0.32	0.882	1.29	2.263
	4	13.1	447.0	0.395	34.14	1.615	0.06	0.12	0.066	2.00	5.568
	5	15.1	409.7	0.580	27.09	1.338	0.41	2.44	0.081	6.01	3.838
	6	14.5	341.5	0.646	23.50	1.272	0.53	1.42	0.320	2.67	2.238
	7	7.6	166.6	0.363	21.94	1.700	0.25	0.77	0.120	3.10	3.506
	8	9.9	276.7	0.368	27.94	1.679	0.66	4.81	0.104	7.33	3.339
	9	9.4	231.1	0.402	24.49	1.611	0.50	2.06	0.161	4.13	2.868
	10	10.9	176.2	0.720	16.15	1.217	0.94	9.03	0.109	9.63	3.202
	11	16.3	206.4	1.389	12.70	0.884	1.56	36.25	0.070	23.20	3.851
	12	21.5	357.2	1.373	16.64	0.880	2.34	44.62	0.130	19.04	2.849
	13	24.6	576.4	1.099	23.41	0.975	0.88	11.85	0.070	13.55	3.931
Promedio		12.6	298.6	0.750	22.98	1.386	0.66	8.81	0.179	8.08	3.589
Medio	1	1.0	1.8	1.244	1.81	1.343	0.44	3.80	0.057	8.69	4.448
	2	1.3	4.8	0.444	3.82	1.747	0.53	1.68	0.248	3.16	2.433
	3	0.8	2.3	0.374	3.01	2.001	0.78	4.82	0.151	6.17	2.807
	4	0.6	1.0	0.794	1.71	1.742	1.75	13.61	0.258	7.78	2.107
	5	1.1	3.2	0.573	2.91	1.630	0.72	1.56	0.614	2.18	1.738
	6	1.3	4.0	0.687	2.96	1.483	0.81	2.80	0.333	3.45	2.058
	7	2.6	37.2	0.199	14.18	2.323	1.72	15.17	0.220	8.83	2.266
	8	5.0	146.1	0.177	29.23	2.418	1.75	21.09	0.158	12.06	2.623
	9	5.1	110.2	0.244	21.77	2.073	2.75	16.39	0.555	5.96	1.472
	10	4.5	34.6	0.682	7.65	1.299	1.44	8.12	0.309	5.65	1.982
	11	6.2	69.9	0.601	11.30	1.351	2.25	58.51	0.090	26.01	3.399
	12	11.8	273.7	0.527	23.30	1.408	2.56	27.35	0.265	10.67	2.040
	13	12.6	360.7	0.456	28.64	1.508	3.59	69.79	0.195	19.42	2.324
Promedio		4.1	80.7	0.539	11.71	1.717	1.62	18.82	0.266	9.23	2.438
Inferior	1	1.7	34.8	0.089	20.24	3.430	0.22	0.56	0.140	2.58	3.417
	2	1.5	8.4	0.309	5.75	1.978	0.69	2.29	0.297	3.33	2.196
	3	0.9	2.0	0.654	2.34	1.634	0.59	2.83	0.158	4.77	2.829
	4	0.5	0.7	1.607	1.33	1.582	0.06	0.06	-1.309	0.97	3.874
	5	0.6	2.0	0.275	3.28	2.287	0.28	0.34	1.441	1.20	2.059
	6	0.6	1.0	1.204	1.52	1.559	0.59	2.05	0.242	3.46	2.411
	7	0.8	4.5	0.152	5.94	2.810	0.06	0.06	-1.309	0.97	3.874
	8	0.8	2.8	0.279	3.70	2.218	0.81	3.96	0.210	4.88	2.448
	9	0.7	4.0	0.142	5.86	2.916	0.25	0.39	0.463	1.55	2.479
	10	2.9	12.8	0.872	4.37	1.219	1.94	36.96	0.107	19.08	3.137
	11	2.4	16.6	0.409	6.89	1.691	0.97	4.35	0.278	4.49	2.152
	12	3.8	23.4	0.757	6.08	1.257	0.75	1.22	1.188	1.63	1.475
	13	5.1	88.5	0.311	17.37	1.846	1.66	50.36	0.056	30.41	4.283
Promedio		1.7	15.5	0.543	6.51	2.033	0.68	8.11	0.151	6.10	2.818

^eN3+P: ninfa de tercer instar más pupa; *K: parámetro recíproco de dispersión; ^yCD: coeficiente de dispersión; ^tCV: coeficiente de variación; ^u por 10²

Tabla 4.-Parámetros de la ecuación de Taylor para la relación Varianza-Media, por estrato de altura en la planta.

Estrato	Adultos		N 3 +P	
	α	β	α	β
Superior	2.75	1.8207	9.75	1.7257
Medio	2.98	1.9436	6.03	1.7973
Inferior	4.05	1.6975	6.34	1.8475

N3+P: ninfas del tercer instar más pupas

La distribución de contagio de las “moscas blancas” en el invernáculo es coincidente con lo comprobado por LENTEREN *et al.* (1976) en Holanda, pero difiere con los resultados de YANO (1983) en Japón, quien indica una distribución al azar entre individuos o colonias para todos los estados de desarrollo. Según YANO (1983) la diferente temperatura entre Europa y Japón puede explicar esta diferencia, así como la distinta escala experimental: invernáculo de 6.480 m² utilizado por LENTEREN *et al.* (1976) y de 10 y 13 m² por YANO (1983). En el primer caso podría estar siendo examinada la distribución de los insectos cubriendo varias colonias y en el último el análisis incluiría la distribución primaria dentro de colonias (YANO, 1983). El tamaño de invernáculo utilizado en nuestro ensayo (1.050 m²) aproxima la escala experimental a la utilizada por LENTEREN *et al.* (1976), lo cual podría explicar los resultados coincidentes con los señalados a partir de los estudios realizados en Holanda.

No resulta sorprendente que la Binomial Negativa resulte la distribución espacial más adecuada para describir los resultados obtenidos, en función de que ese modelo es aplicable a diferentes conjuntos de datos (TAYLOR, 1984), incluso a aquellos pertenecientes a *T. vaporariorum* (XU *et al.*, 1980), aunque no fue confirmado por NOLDUS *et al.* (1986a) para esta misma especie en bajas densidades. VIANEN *et al.* (1988) señalan distintos ajustes a distribuciones espaciales

en el proceso de dispersión de la plaga en las plantas de un cultivo, con una tendencia en el tiempo hacia la Binomial Negativa. Las diferencias de escala, nivel de densidad poblacional y momento de dispersión de la plaga hacen muy difícil comparar los resultados (NOLDUS *et al.*, 1986b).

La información obtenida sobre la distribución espacial de *T. vaporariorum* es la base para definir un plan de muestreo de esta plaga, incluyendo los tamaños de muestra y el tipo de muestreo que aseguren precisión y confiabilidad en las estimaciones de la densidad. Dado que la distribución más apropiada resultó ser la Binomial Negativa, la varianza tiene una relación funcional con la media, lo que impide definir previamente un tamaño fijo de muestra y aconseja usar planes de muestreo secuencial para determinar el tamaño apropiado de muestra durante la ejecución misma del trabajo de campo (KUNO, 1969; BECHINSKI y PEDIGO, 1981; FRANCO y BASSO, 1995). Por su parte, las relaciones varianza-media estimadas con la ecuación de Taylor mostraron valores para el parámetro β que resultaron esperables para una plaga agrícola (RUESNIK, 1980)

A partir de esa información, la investigación sobre muestreo para su aplicación en el manejo de las plagas deberá enfatizar en el desarrollo de reglas de decisión que integren estimaciones de densidad con niveles de daño económico (BINNS y NYROP, 1992).

ABSTRACT

BASSO, C., J. FRANCO, G. GRILLE y C. PASCAL, 2001: Spatial distribution of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) in tomato.

Three important facts related to sampling plan generation, in order to estimate population density of the "whitefly of the greenhouses" (*Trialeurodes vaporariorum*) were studied: 1) visual observation accuracy, to determine the different biological stages of the pest, 2) spatial distribution of the pest within the greenhouse and through the different parts of the plant and 3) relationship between the mean and the variance, that settle the proper sampling method and sample size. A good relationship between the visual classification and the classification through size measurements was found (only 2% of disagreement in Discriminate Analysis). An aggregated spatial distribution (of spreading) in the greenhouse area in all the observations (13 weeks), and a well defined distribution within the plant. Adults were located in the upper third; the third stage nymphs and pupas were found in the middle third of the plant.

Key words: *Trialeurodes vaporariorum*, spatial distribution, tomato.

REFERENCIAS

- BECHINSKI, E. y PEDIGO, L. P., 1981: Development of a sampling program for estimation of pupal densities of Green Cloverworm, Lepidoptera: Noctuidae, in Soybeans and evaluation of alternative sampling procedures, *Environmental Entomology*, 12: 96-100.
- BINNS, M. R. y NYROP, J. P., 1992: Sampling insect populations for the purpose of IPM decision making. *Annual Review of Entomology*, 37: 427-453.
- BYRNE, D. N. y BELLOWS, T. S., 1991: Whitefly biology. *Annual Review Entomology*, 36: 431-457.
- FRANCO, J. y BASSO, C., 1995: Elaboración de un plan de muestreo secuencial para la estimación de la densidad del número de posturas y posturas parasitadas de *Diatraea saccharalis* (F.) en caña de azúcar. Uruguay, Facultad de agronomía. Boletín de investigación, 40, 23p.
- GRILLE, G. y BASSO, C., 2001: Relevamiento de especies de "moscas blancas" y sus parasitoides en cultivos de interés hortícola en Uruguay. In: Congreso Nacional de Horticultura. 8^o. Salto, Uruguay. Sociedad uruguaya de Horticultura.
- KUNO, E., 1969: A new method of sequential sampling to obtain the population estimates with a fixed level of precision. *Research Population Ecology*, 11: 217-236.
- KUNO, E., 1991: Sampling and analysis of insect populations. *Annual Review of Entomology*, 36: 285-304.
- GERK, A.; VILELA, E.; PIRES, C. y EIRAS, A., 1995: Biometria e ciclo de vida da mosca branca *Trialeurodes vaporariorum* (West.) e aspectos da orientação do seu parasitoide *Encarsia formosa* Gahan. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 24: 89-97.
- LENTEREN, J. C. van; EGGENKAMP-ROTTEVEEL MANSVELD, M. H. y ELLENBROEK, F. J. M., 1976: The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) V. Population dynamics of *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa* in a glasshouse. *Bulletin O.I.L.B./S.R.O.P.*, 1976/4: 125-137.
- LYNCH, R. E. y SIMMONS, A. M., 1993: Distribution of immatures and monitoring of adult sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), in peanut, *Arachis hypogaea*. *Environmental Entomology* 22: 375-380.
- MARDIA, K.; KENT, J. y BIBBY, J.M., 1979: *Multivariate Analysis*. Academic Press, London.
- MARTIN, N. A. y DALE, J. R., 1989: Monitoring greenhouse whitefly puparia and parasitism: a decision approach. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 17: 115-123.
- MCAUSLANE, H.; JOHNSON, F. A.; KNAUFT, D. A. y COLVIN, D. L., 1993: Seasonal abundance and within-plant distribution of parasitoids of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in peanuts. *Environmental Entomology*, 22: 1043-1050.
- MCCULLAGH, P. y NELDER, J. A., 1989: *Generalized Linear Models*. London. Chapman and Hall.
- MORRIS, R. F., 1960: Sampling insect populations. *Annual Review Entomology*, 5: 243-264.
- NARANJO, S. y FLINT, H., 1994: Spatial distribution of preimaginal *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development of fixed-precision sequential sampling plans. *Environmental Entomology*, 23: 254-266.
- NARANJO, S. y FLINT, H., 1995: Spatial distribution of adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development and validation of fixed-precision sampling plans for estimating population density. *Environmental Entomology*, 24: 261-270.
- NOLDUS, L. P. J. J.; XU RUMEI; EGGENKAMP-ROTTEVEEL MANSVELD, M. H. y LENTEREN, J. C. van, 1986a: The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera; Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera; Aleyrodidae). XX. Analysis of the spatial distribution of greenhouse whiteflies in a large glasshouse. *Journal of Applied Entomology*, 102: 484-498.
- NOLDUS, L. P. J. J.; XU RUMEI y LENTEREN, J. C. VAN, 1986b: The parasite-host relationship between En-

- carsia formosa Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (WESTWOOD) (Homoptera: Aleyrodidae). XVIII. Between-plant movement of adult greenhouse whiteflies. *Journal of Applied Entomology*, 101: 159-176.
- SAS Institute Inc., SAS/STAT © Software: Changes and enhancements through Release 6.12, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1997.
- SOKAL, R. y ROHLF, J., 1979: *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Madrid. Blume.
- SOTO, A., 1997: *Requerimientos térmicos de Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) y de *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae), y parasitismo de esta sobre la plaga. Tesis. Santiago.
- SOUTHWOOD, T. R. E., 1978: *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. London, UK. CHAPMAN and HALL.
- TAYLOR, L. R., 1961: Aggregation, variance and the mean. *Nature*, 189: 732-735.
- TAYLOR, L. R., 1984: Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annual Review of Entomology*, 29: 321-357.
- TONHASCA, A.; PALUMBO, J. C. jr. y BYRNE, D. N., 1994: Distribution patterns of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in Cantaloupe fields in Arizona. *Environmental Entomology*, 23: 949-954.
- VIANEN, A. van; XU RUMEI y LENTEREN, J. C. van, 1988: The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera; Aleyrodidae). XXVIII. The influence of whitefly densities and temperature on the horizontal dispersal of greenhouse whiteflies. *Journal of Applied Entomology*, 105: 436-449.
- VON ARX, R.; BAUMGARTNER, J. y DELUCCHI, V., 1984: Sampling of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Sternorrhyncha: Aleyrodidae) in Sudanese cotton fields. *Journal Economic Entomology*, 77: 1130-1136.
- WEARING, C. H., 1988: Evaluating the IPM implementation process. *Annual Review of Entomology*, 33: 17-38.
- XU RUMEI; CHAO, C. y LENTEREN, J. C. van, 1993: The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* Gahan (Hym., Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (WESTWOOD) (Hom., Aleyrodidae). XXIII. Application of different sampling methods on spatially stabilized whitefly adult populations. *Journal of Applied Entomology*, 116: 199-211.
- XU RUMEI; LI ZHAOHUA; LI TZUYIN y LIU LAIFU, 1980: Spatial patterns of adults of greenhouse whiteflies *Trialeurodes vaporariorum* Westw. in greenhouses. *Acta entomologica sinica*, 23: 265-275.
- YANO, E., 1983: Spatial distribution of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) and a suggested sampling plan for estimating its density in greenhouses. *Research of Population Ecology*, 25: 309-320.

(Recepción: 18/09/01)

(Aceptado: 11/10/01)