

## Estudio de la distribución y desarrollo de un método de muestreo de poblaciones de *Panonychus ulmi* (Koch) en manzano

F. GARCÍA-MARÍ y J. COSTA-COMELLES

En muestreos realizados en 3 parcelas de Lleida y 1 de Valencia entre 1987 y 1989 se han determinado los parámetros de distribución y se ha elaborado un plan de muestreo de *Panonychus ulmi* (Koch) en hojas de manzano, analizándose en total 709 muestras de 20 hojas para formas móviles, y subgrupos menores en otros estados de desarrollo. Los índices de Taylor e Iwao se han aplicado para tipificar las pautas de agregación de formas móviles y de hembras. Las diferencias entre parcelas, localidades o años han sido muy pequeñas, por lo que se han obtenido unos índices globales. Para formas móviles los valores encontrados en los parámetros de Taylor ( $b = 1,39$ ;  $r = 0,93$ ) e Iwao ( $\alpha = 2,36$ ;  $\beta = 1,17$ ;  $r = 0,96$ ) muestran que éstas se encuentran bastante agrupadas en las hojas y la agregación es mayor entre individuos que entre colonias. Para hembras sólo los índices de Taylor presentan una correlación elevada ( $b = 1,18$ ;  $r = 0,95$ ), e indican una pauta de agregación débil de las hembras en las hojas. Los índices de agregación se han aplicado al cálculo del tamaño de muestra para estimar la población con una precisión constante ( $E = 0,25$ ), obteniéndose las correspondientes curvas del número de hojas a muestrear en función de la densidad poblacional.

Se ha desarrollado un procedimiento de muestreo binomial a través de una relación entre el porcentaje de hojas ocupadas por ácaros y el número medio de formas móviles por hoja. La relación encontrada es bastante estrecha, tanto para % de hojas ocupadas por hembras como por formas móviles, permitiendo reducir el muestreo a la observación de la presencia o ausencia de ácaros en las hojas. Se ha ensayado el ajuste de la relación a varias ecuaciones teóricas, empíricas o basadas en índices poblacionales. El estudio de la proporción de los distintos estados de desarrollo en la población y su distribución en el haz o envés de la hoja ha mostrado una estrecha correlación entre el número total de formas móviles y el porcentaje de hembras en el envés.

F. GARCÍA-MARÍ y J. COSTA-COMELLES. Entomología Agrícola. Universidad Politécnica. Camino de Vera, 14. 46022 Valencia.

**Palabras clave:** *Panonychus ulmi*, manzano, muestreo, agregación, muestreo binomial, tamaño de muestra.

### INTRODUCCION

El ácaro rojo de frutales *Panonychus ulmi* (Koch) es una de las plagas más graves que ataca a los manzanos cultivados en todo el mundo. En nuestro país está considerado en muchas zonas como la plaga más

dañina al cultivo, y se hacen necesarios repetidos tratamientos acaricidas todos los años para mantener sus poblaciones bajo control (FERNÁNDEZ SÁNCHEZ DE LA NIETA *et al.*, 1972; ARIAS y NIETO, 1973; FRANCO, 1988).

En los últimos años se están llevando a

cabo intentos para racionalizar su control. Estos métodos de manejo integrado se basan en el empleo de plaguicidas selectivos que respeten la fauna auxiliar y en la limitación de las aplicaciones químicas al mínimo imprescindible, interviniendo sólo cuando las poblaciones alcanzan determinados umbrales (VILAJELIU y DEULOFEU, 1990; COSTA-COMELLES *et al.*, 1991). Ello exige poseer un método de muestreo de poblaciones del ácaro rojo que tenga una precisión suficiente y al mismo tiempo permitan su aplicación práctica en campo.

En otros países se han llevado a cabo estudios para poner a punto métodos adecuados de muestreo de poblaciones de *P. ulmi* en manzano (CROFT *et al.*, 1976; ZAHNER y BAUMGARTNER, 1983; VARGAS, 1987). Todos ellos se basan en la caracterización previa de las pautas de distribución del ácaro en las hojas mediante unos índices poblacionales como los de Taylor o Iwao, o bien por medio de una función de distribución como la Binomial Negativa (SOUTHWOOD, 1978). A partir de estos parámetros se puede calcular el tamaño de muestra necesario para evaluar la densidad poblacional con una precisión constante (KARANDINOS, 1976; VON ARX *et al.*, 1984). El estudio de la distribución de los ácaros en las hojas puede permitir también encontrar procedimientos de simplificación de la estimación de abundancia como el muestreo de la proporción de hojas ocupadas por ácaros (PIELOU, 1960; WILSON y ROOM, 1983) o la observación de un estado de desarrollo representativo de la población total (JONES y PARRELLA, 1984a).

El objetivo de este trabajo ha sido determinar los parámetros de distribución y elaborar un plan de muestreo del ácaro rojo de frutales en hojas de manzano en las condiciones climáticas y de cultivo de nuestro país a partir de muestreos de poblaciones de *P. ulmi* realizados en 3 parcelas de manzano de Lleida y 1 de Valencia entre 1987 y 1989. Se han determinado los índices de Taylor e Iwao para tipificar las pautas de agregación de formas móviles y de hembras. Dichos índices se han aplicado al

cálculo del tamaño de muestra, y se ha intentado encontrar un estrato de población susceptible de reflejar la población total de formas móviles, así como una relación entre la densidad poblacional y la proporción de hojas ocupadas por los ácaros.

## MATERIAL Y METODOS

Los muestreos se llevaron a cabo en 3 parcelas de manzano de Lleida y 1 de Valencia, tomando muestras periódicas cada 15 días durante todo el período vegetativo en los años 1987, 1988 y 1989. Cada muestra constaba de 20 hojas muestreadas al azar, tomándose 4 hojas por árbol de 5 árboles escogidos al azar de la parcela. En total se recogieron 709 muestras.

### Índices de agregación

La caracterización de la distribución de *P. ulmi* en las hojas se ha basado en los índices poblacionales  $a$  y  $b$  de la Ley Potencial de Taylor que establece la existencia de una relación entre la media y la varianza de los muestreos de la forma  $s^2 = a \cdot m^b$  (TAYLOR, 1961), y también en los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  de la relación lineal entre el índice de hacinamiento medio de Lloyd ( $m^*$ , que viene definido por la expresión  $m^* = m + s^2/m - 1$ ) (LLOYD, 1967) y la media poblacional ( $m^* = \alpha + \beta \cdot m$ ) (IWAO, 1968). Los índices de Taylor e Iwao se han calculado por separado para las muestras de Valencia y de Lleida en los 3 años de muestreo, y tanto para hembras adultas como para el total de formas móviles.

El coeficiente  $b$  de Taylor es considerado constante para una determinada especie y es una medida de la agregación de su población, de forma que valores elevados de  $b$  son característicos de una distribución agregativa, y cuando  $b$  se acerca al valor 1 la distribución puede considerarse al azar. El valor de  $a$  depende de la unidad de muestreo y tiene menos interés para definir la agrupación (TAYLOR, 1961). En

cuanto a los parámetros de Iwao el índice  $\alpha$  es característico de la especie y muestra la tendencia a la agregación (valores positivos) o repulsión (valores negativos) en los individuos de la población, mientras que  $\beta$  expresa la distribución de las colonias de forma que cuando las colonias se reparten al azar este índice toma el valor 1 y si las colonias están agrupadas  $\beta$  vale más de 1 (IWAO y KUNO, 1968).

### Cálculo del tamaño de muestra

El número de hojas necesario para muestrear la población de formas móviles o hembras de *P. ulmi* con una precisión constante se ha calculado considerando la medida de esta precisión como una proporción del error estándar ( $s/\sqrt{n}$ ) respecto a la media poblacional ( $m$ ). Hemos tomado convencionalmente como valor de esta precisión el de  $E = 0,25$ , valor sugerido por SOUTHWOOD (1978) para estudios extensivos de poblaciones de artrópodos. Según esto, obtenemos una relación entre el número de hojas y la densidad poblacional del tipo:

$$s/\sqrt{n} = 0,25 m$$

en la que el valor de  $s$  puede estimarse a partir de su relación con la media definida por las fórmulas de Taylor o Iwao.

### Muestreo binomial

El muestreo binomial o por presencia-ausencia se basa en el conteo de las unidades de muestreo en las que no existen ácaros en el total de unidades de muestreo observadas en una muestra, es decir, no se cuenta el número de individuos en cada unidad de muestreo sino simplemente si están presentes o no. (PIELOU, 1960; KUNO, 1991). El método binomial es una alternativa al método numérico y se basa en la relación existente entre la proporción de unidades de muestreo ocupadas y la densidad poblacional. Para elaborar este método se re-

quiere conocer la relación entre la media de ácaros por hojas y la proporción de hojas ocupadas a partir de observaciones empíricas.

En nuestro estudio sobre formas móviles se han empleado datos de 625 muestras de 20 hojas cada una, después de eliminar del total de muestras las de población 0 y las superiores a 12 formas móviles por hoja.

Se ha intentado caracterizar la curva que define la relación entre la proporción de hojas ocupadas y el número de formas móviles de *P. ulmi* por hoja mediante fórmulas matemáticas, habiéndose probado 6 de estas fórmulas, algunas empíricas y otras basadas en índices poblacionales (ver Cuadro 2). Para comparar todas estas ecuaciones se ha recurrido al cálculo de la desviación media cuadrada (DMC) de la regresión mediante la fórmula  $DMC = \Sigma (P_o - P_e)^2 / (n - 2)$ , siendo  $n$  el número de muestras,  $P_o$  la proporción de hojas ocupadas observada y  $P_e$  la proporción de hojas ocupadas estimada según la ecuación. Las constantes de las ecuaciones se han calculado de forma iterativa sustituyendo valores hasta llegar a aquellos que hacen mínimo el valor de la DMC. Este procedimiento ha permitido también en el caso de ecuaciones basadas en parámetros de agregación el cálculo de estos parámetros de forma distinta a la habitual. En el caso de los parámetros de Taylor este procedimiento ya ha sido utilizado previamente por WILSON *et al.* (1983) a fin de evitar la sobrestima de  $s^2$  que tiene lugar a bajas densidades poblacionales por el método convencional.

### Correlación entre estratos de población

Basándose en el concepto de distribución de edad estable formulado por CAREY (1982) que establece que en una población de ácaros la proporción de un determinado estado de desarrollo fluctúa alrededor de un valor que puede mantenerse más o menos estable, podemos intentar predecir la población total muestreando sólo en un momento dado un determinado estado de desarrollo de dicha población. Simplificacio-

Cuadro 1.—Índices de agregación para formas móviles y hembras de *Panonychus ulmi* (Koch) en manzano en Valencia y Lleida

	N.º muestras	Taylor			Iwao		
		a	b	r	$\alpha$	$\beta$	r
<b>FORMAS MOVILES</b>							
Valencia	323	2,24	1,38	0,958	2,42	1,16	0,974
Lleida	225	2,64	1,46	0,968	1,25	1,67	0,860
Conjunta	548	2,38	1,39	0,930	2,36	1,17	0,965
<b>HEMBRAS</b>							
Valencia	227	1,50	1,15	0,960	0,44	1,15	0,811
Lleida	95	2,40	1,35	0,944	0,26	2,39	0,715
Conjunta	322	1,68	1,18	0,946	0,64	1,20	0,725

nes ulteriores del muestreo pueden conseguirse si establecemos la existencia de elevada correlación entre la población total y ese estado de desarrollo en una de las dos caras de la hoja, o con la proporción de órganos ocupados (MOWERY *et al.*, 1980).

En 116 muestras (de 20 hojas cada una) se ha contado por separado en el haz y en el envés de cada hoja el número de huevos, inmaduros postembrionales, machos y hembras de *P. ulmi* a fin de poder establecer una correlación entre el total de la población en la hoja y una parte de ella definida por estos estratos. La correlación se ha establecido considerando el total de la población de ácaros como el total de formas móviles por hoja ya que son éstas las que producen el daño a la planta al alimentarse de los tejidos vegetales. Se ha calculado la correlación de este total con el número de formas de los diversos estados de desarrollo por el haz, por el envés y en toda la hoja, aplicándose previamente la transformación logaritmo neperiano a los valores a fin de estabilizar la varianza. También se ha calculado la correlación del total de formas móviles con la proporción de hojas ocupadas por los diversos estados de desarrollo por el haz, por el envés y en toda la hoja. Para la correlación entre la población total y la proporción de hojas ocupadas se ha aplicado a los datos de las pro-

porciones la transformación  $\sqrt{x}$  (JONES y PARRELLA, 1984a).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se exponen los resultados del cálculo de los índices de agregación de Taylor e Iwao para hembras y para formas móviles de *Panonychus ulmi*, considerando por separado las dos localidades donde se han llevado a cabo muestreos, Lleida y Valencia, y también la distribución conjunta. Los coeficientes de correlación encontrados demuestran que para hembras adultas los parámetros de Taylor definen mucho mejor las pautas de agregación de la población en las hojas que los de Iwao. Para la distribución conjunta con un número de muestras de 322 se obtiene el valor de  $r^2 = 0,895$ , lo que indica que el ajuste explica cerca del 90 % de la variabilidad observada. Para formas móviles ambos índices, Taylor e Iwao, definen de forma adecuada y similar la distribución poblacional, con valores de proporción de variabilidad observada del 86,5 % y 93,1 % respectivamente para el conjunto de las muestras ( $n = 548$ ).

Los muestreos se han realizados a lo largo de 3 años, 1987, 1988 y 1989, y el cálculo de los índices de agregación se ha lleva-

do a cabo por separado en cada año y en cada localidad, no habiéndose encontrado apenas diferencias entre los tres años, por lo que se han representado de forma conjunta en el Cuadro 1. Según los valores del intervalo de confianza al 95 % para el índice  $b$  de Taylor o el índice  $\beta$  de Iwao las diferencias en pautas de agregación entre Valencia y Lleida son muy pequeñas en el primer caso pero altamente significativas en el caso del parámetro  $\beta$  reflejando un grado diferente de agregación de las colonias en las poblaciones del ácaro rojo de frutales entre las dos localidades.

Los valores de los índices de agregación demuestran que las poblaciones de formas móviles se encuentran más agrupadas en las hojas que las hembras y que la agregación se da tanto en los individuos como en las colonias. El valor del índice  $b$  de Taylor encontrado para formas móviles de *P. ulmi* del 1,39 es algo menor al descrito por CROFT *et al.*, (1976) que encuentran en manzanos de Michigan el valor de 1,59, aunque en el caso de estos autores cada muestra consta de 10 hojas y está tomada en un solo árbol, mientras en nuestro caso las muestras son de 20 hojas y están tomadas de 5 árboles. Por otra parte GENINI (1987, citado por BAILLOD, 1989) encuentra el valor de 1,46 para el índice  $b$  en manzanos en Suiza.

### Tamaño de muestra

El número de hojas a muestrear para evaluar la población de *P. ulmi* con una precisión constante (definida como un error estándar en la medida del 25 % de la media), se ha calculado tanto según los parámetros de Taylor como los de Iwao y para las muestras de Valencia, Lleida y el conjunto, representándose gráficamente el valor de  $n$  en función de la media poblacional. En el caso del muestreo sobre el total de formas móviles (Fig. 1) el número de hojas a muestrear para una población de tres formas móviles por hoja es aproximadamente de 20, mientras que para poblaciones de una forma móvil por hoja se requie-

ren entre 40 y 50 hojas para estimar la población con la misma precisión. Poblaciones menores requieren un tamaño de muestra mucho más elevado.

La relación del número de hojas a muestrear en función de la densidad poblacional sólo para las hembras adultas se ha representado también según los índices de Taylor e Iwao (Fig. 2). Los coeficientes de Taylor son los que han resultado más adecuados en este caso al dar coeficientes de correlación más elevados y a pesar de las ligeras diferencias entre Valencia y Lleida para estos índices podemos considerar que poblaciones de 1 hembra adulta por hoja requieren entre 30 y 40 hojas, mientras que por encima de tres hembras por hoja el tamaño de muestra puede reducirse a 10 hojas. El muestreo en Lleida requiere en general algo más de hojas a muestrear por la mayor agregación de las poblaciones de ácaros en esa zona, tal como se observó en los índices (Cuadro 1).

Aunque a los niveles poblaciones representados en las gráficas los índices de Taylor e Iwao dan resultados similares en el cálculo del tamaño de muestra, la forma de las curvas de las figuras 1 y 2 a bajas densidades poblacionales demuestra que el número de hojas necesario con los índices de Iwao aumenta considerablemente respecto al de Taylor, por lo que este último puede ser el más útil para establecer el tamaño de muestra tanto para formas móviles como para hembras. Un efecto similar encuentran JONES y PARRELLA (1984b) al estudiar un plan de muestreo para *Panonychus citri* en limonero.

### Muestreo binomial

El muestreo por presencia-ausencia para estimar la abundancia observando sólo la proporción de hojas ocupadas por ácaros puede ser de gran interés en manejo integrado de plagas por la simplificación que representa. Los datos de nuestro muestreo revelan que existe una relación muy clara con el número medio de formas móviles por hoja de la proporción de hojas ocupadas

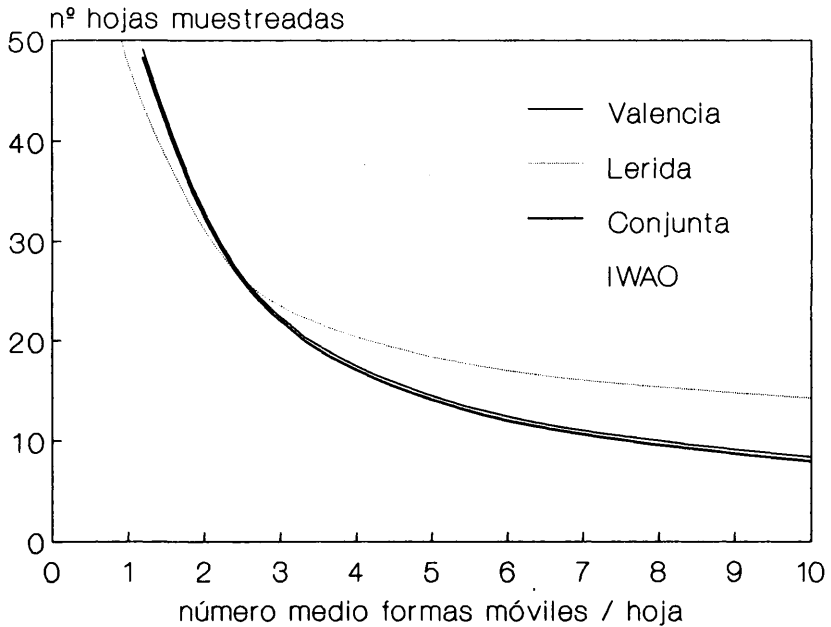
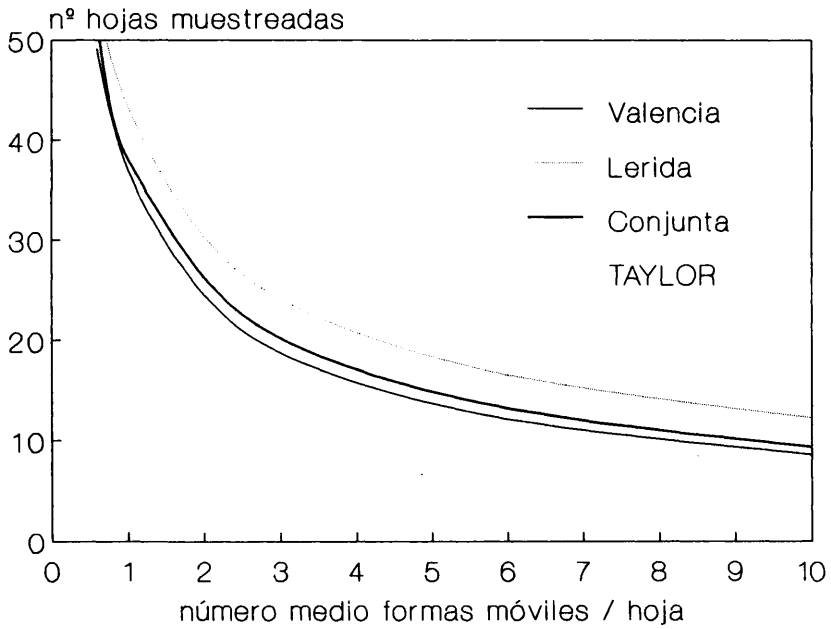


Fig. 1.—Número de hojas necesario para estimar la población de formas móviles de *Panonychus ulmi* (Koch) en manzano con una precisión constante ( $E = 0,25$ ), expresado en función de la densidad poblacional y calculado según los índices de Taylor e Iwao.

Precisión  $E$  calculada como proporción del error estándar respecto de la media.

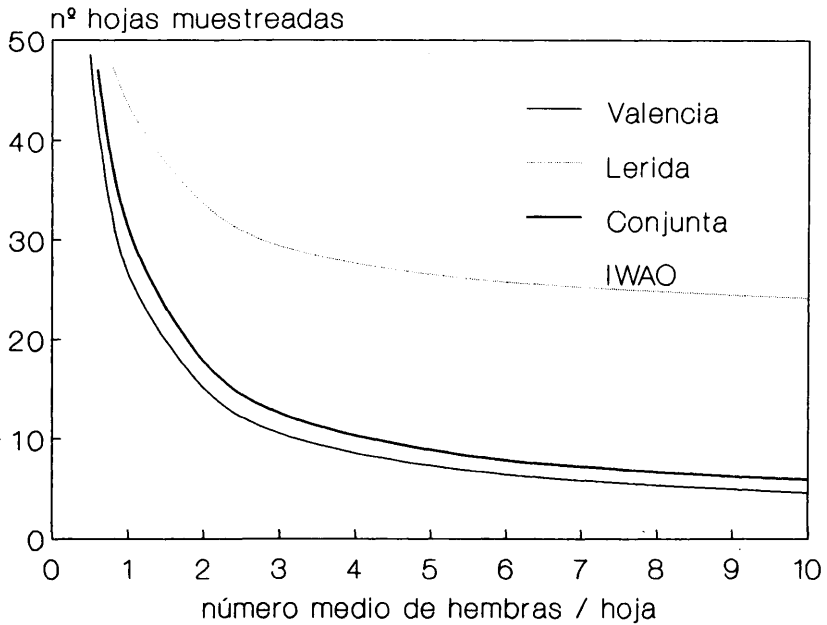
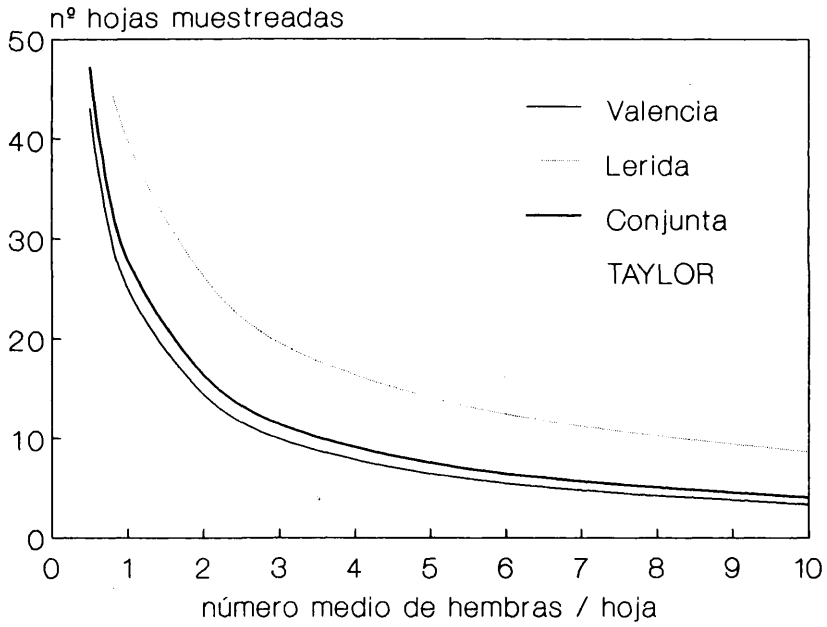


Fig. 2.—Número de hojas necesario para estimar la población de hembras adultas de *Panonychus ulmi* (Koch) en manzano con una precisión constante ( $E = 0,25$ ), expresado en función de la densidad poblacional y calculado según los índices de Taylor e Iwao.

Precisión E calculada como proporción del error estándar respecto de la media.

**Cuadro 2.—Comparación de ecuaciones que expresan la relación entre la proporción de hojas ocupadas y el número medio de ácaros por hoja para formas móviles de *Panonychus ulmi* (Koch) en manzano**

Se ha partido de las 709 muestras de 20 hojas cada una, eliminando las observaciones en que no se encontraron ácaros y aquellas en que la media de formas móviles por hoja fue superior a 8, quedando así 625 muestras.  $P$  es la proporción de hojas ocupadas y  $m$  el número medio de ácaros por hoja. La Desviación Media Cuadrada (DMC) de la regresión se ha calculado por la fórmula:  $DMC = \sum (P_o - P_e)^2 / (n - 2)$ , siendo  $n$  el número de muestras,  $P_o$  la proporción de hojas ocupadas observada y  $P_e$  la proporción de hojas ocupadas estimada según la ecuación. Las constantes de las ecuaciones se han calculado por un procedimiento iterativo para hacer mínimo el valor de la DMC.

Ecuación	Referencia	Valores de las constantes		Desviación cuadrada media de la regresión
		a	b	
$p = a \cdot \lg(m + 1)$	Grout, 1985	122,6	—	154,3
$p = a \cdot \sqrt{m + b}$	Jones y Parrella, 1984a	38,03	5,23	109,5
$p = 1 - (1 + m/k)^{-k}$	Pielou, 1960	k = 1,0		80,7
	Wilson y Gerrard, 1971			
$p = 1 - e^{-a \cdot m}$	Wilson y Room, 1983	0,563	—	109,1
$p = 1 - e^{-z \cdot m}$	Wilson y Room, 1983	2,34	1,47	77,6
$z = \frac{\ln \cdot w}{w - 1}$	$w = a \cdot m^{b-1}$			
$p = 1 - e^{-w}$	Kono y Sugino, 1958	0,603	0,855	78,1
	Gerrard y Chiang, 1970			
$w = a \cdot m^b$	Nachman, 1984			

para formas móviles como de la proporción de hojas ocupadas por hembras (Fig. 3). La primera relación es más estrecha pero es válida sólo hasta un nivel poblacional aproximadamente de 5 formas móviles por hoja, mientras que la determinación de hojas ocupadas por hembras permite estimar la densidad poblacional hasta niveles de unas 8 formas móviles.

Varios autores han propuesto ecuaciones para tratar de describir la relación entre la proporción y la media poblacional. Con los datos de este trabajo de 709 muestras en que se han contado formas móviles de *P. ulmi*, y excluyendo las observaciones donde no se encontraron ácaros y aquellas en que la media poblacional fue superior a 9 (ya que por encima de ese valor la proporción de hojas ocupadas es del 100 %),

se ha comparado el ajuste de 6 modelos correspondientes a otras tantas ecuaciones (Cuadro 2). Algunas de estas ecuaciones son empíricas, como las de GROUT (1985) y JONES y PARRELLA (1984a) mientras que otras se basan en la binomial negativa (PIELOU, 1960) o en la ecuación correspondiente a una distribución de Poisson o al azar ( $p = 1 - e^{-m}$ ) modificándola basándose en la distribución binomial negativa para introducir la agregación a través de la relación entre la varianza y la media definida por los índices de Taylor (WILSON y ROOM, 1983). Según KUNO (1991) la ecuación  $p = 1 - e^{-w}$  siendo  $w = a \cdot m^b$  y que normalmente se atribuye a GERRARD y CHIANG (1970) y a NACHMAN (1984) fue propuesta inicialmente de forma empírica por Kono y Sugino en 1958.



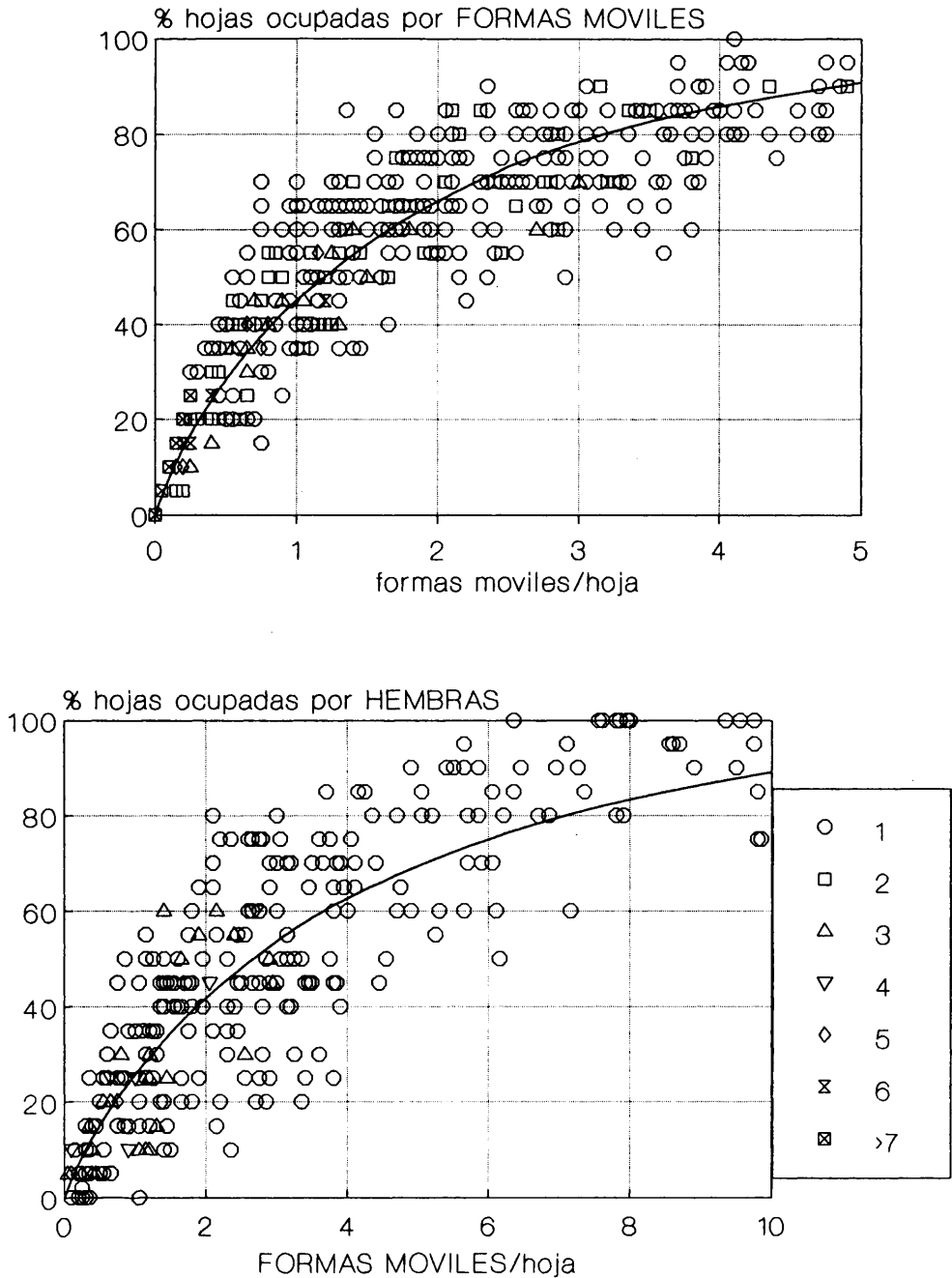


Fig. 3.—Relación entre la proporción de hojas ocupadas por formas móviles o por hembras y el número total de formas móviles por hoja para *Panonychus ulmi* (Koch) en manzano.

Formas móviles:  $Y = 1 - e^{-0,6x^{0,85}}$   
 Hembras:  $Y = 1 - e^{-0,3x^{0,87}}$

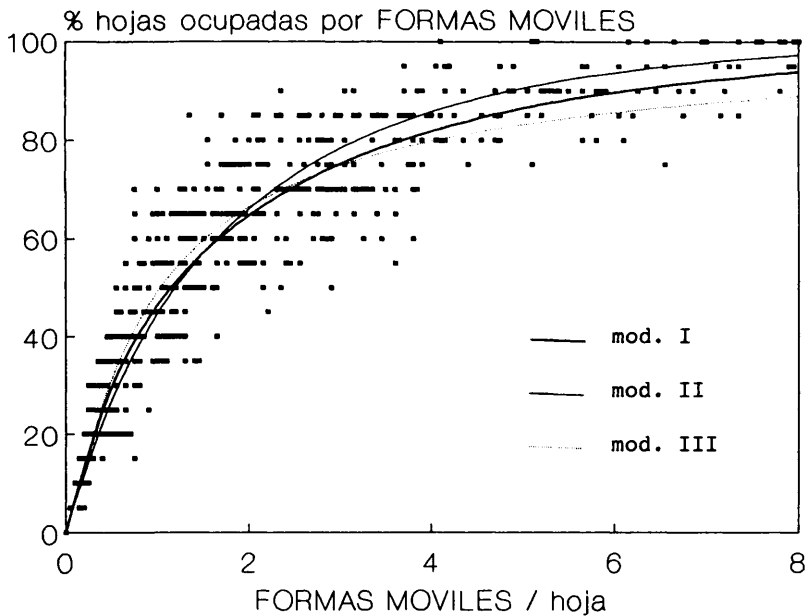


Fig. 4.—Ajuste a tres modelos matemáticos de la relación entre la proporción de hojas ocupadas por formas móviles y el número de formas móviles por hoja para *Panonychus ulmi* en manzano.

$$-m \cdot \ln 2,34m^{0,47} / (2,34m^{0,47} - 1)$$

Las ecuaciones son: mod. I:  $p = 1 - e$

$$-0,603m^{0,855}$$

mod. II:  $p = 1 - e$

mod. III:  $p = 1 - (1 + m)^{-1}$

La comparación de las DMC de el Cuadro 3 revela que los modelos que mejor se ajustan a nuestros datos son el de WILSON y ROOM (1983) basado en los índices de Taylor, el de KONO y SUGINO (1958) y el de la binomial negativa (PIELOU, 1960). El valor obtenido con la segunda de estas ecuaciones para el parámetro  $b$  de Taylor es de 1,47 algo superior al encontrado por el método tradicional para formas móviles que fue de 1,39. Por otra parte la tercera ecuación permite observar que la constante  $k$  de la binomial negativa resulta en este caso igual a la unidad. En la figura 4 se pueden comparar las curvas obtenidas para las tres ecuaciones, comprobándose que son

muy similares con un incremento inicial desde el valor 0 disminuyendo su pendiente progresivamente hasta alcanzar el valor 1.

#### Correlación entre estratos de población

Al analizar la estructura de la población en el conjunto de 116 muestras de 20 hojas cada una se ha encontrado que los huevos constituyen el 75 % de las formas de desarrollo, los inmaduros el 15 %, las hembras adultas el 8 % y los machos el restante 2 %. Si consideramos a este último estado de desarrollo junto con los inmaduros a

**Cuadro 3. Correlación entre la población total de formas móviles y diversos estratos de población del ácaro rojo de frutales *Panonychus ulmi* (Koch) en hojas de manzano**

Se han considerado tres zonas de la hoja, haz, envés y total, cinco formas de desarrollo, huevos, inmaduros, machos, hembras y total de formas móviles, y dos formas de conteo, enumerativa (número de formas por zona) y binomial (presencia o ausencia en esa zona de cada forma de desarrollo).

Los valores expresan el coeficiente de correlación y para su cálculo se ha aplicado la transformación  $\ln(x + 1)$  a los valores numéricos del total de formas y de cada uno de los estratos cuando éstos se expresan en forma enumerativa (a fin de estabilizar la varianza), y la transformación  $\sqrt{x}$  a los valores del total de formas móviles cuando éstos se correlacionan con la proporción de zonas ocupadas.

Datos de 116 muestras de 20 hojas cada una.

	N.º Formas/Hoja			% Hojas ocupadas		
	Haz	Envés	Total hoja	Haz	Envés	Total hoja
Huevos	0,88	0,91	0,92	0,90	0,87	0,86
Inmaduros	0,84	0,96	0,97	0,88	0,95	0,95
Machos	0,72	0,92	0,92	0,74	0,92	0,93
Hembras	0,82	0,93	0,93	0,86	0,96	0,96
Formas móviles	0,88	0,99	1	0,85	0,94	0,94

efectos prácticos de muestreo dado su tamaño, podemos considerar de forma aproximada que se encuentran 2 inmaduros por cada hembra adulta. Se ha observado también que la mayoría de la población se encuentra en el envés de la hoja, en una proporción media del 80 al 85 % para huevos, inmaduros y machos, y del 70 % para hembras.

Se ha establecido la correlación entre el número de formas móviles por hojas en cada muestra y el número de formas de las cuatro fases de desarrollo consideradas, huevos, inmaduros, machos y hembras, y asimismo la correlación entre el número de formas móviles por hoja y la proporción de hojas ocupadas por las cuatro fases de desarrollo. Todas estas correlaciones se han establecido por separado para el haz y el envés, así como para el conjunto de la hoja, utilizándose como criterio para la selección del estado de desarrollo o zona de la hoja más representativo de la población total el que presenta un coeficiente de correlación más elevado. Los coeficientes de correlación encontrados aparecen en el Cuadro 3.

Se observa que las poblaciones en el envés están normalmente más correlacionadas con la población total que las del haz de forma que resulta casi equivalente muestrear sólo el envés que muestrear el total de la hoja. Si se lleva a cabo un muestreo enumerativo, contando el número de individuos en la hoja, las formas móviles en el envés muestran una correlación muy elevada con el total de forma móviles ( $r = 0,99$ ).

Una simplificación del muestreo de *P. ulmi* para su aplicación rutinaria en el campo puede ser la de sustituir la observación de las formas móviles por la observación sólo de las hembras adultas, ya que éstas son las formas de mayor tamaño y su número es menor. El conteo sólo de hembras en el envés por el procedimiento enumerativo está bastante correlacionado con la población total ( $r = 0,93$ ), pero resulta inferior claramente a la observación de formas móviles en el envés. Sin embargo, en la proporción de hojas ocupadas la observación de hembras en el envés mejora la correlación ( $r = 0,96$ ) y resulta incluso más elevada que la que se encuentra con la proporción

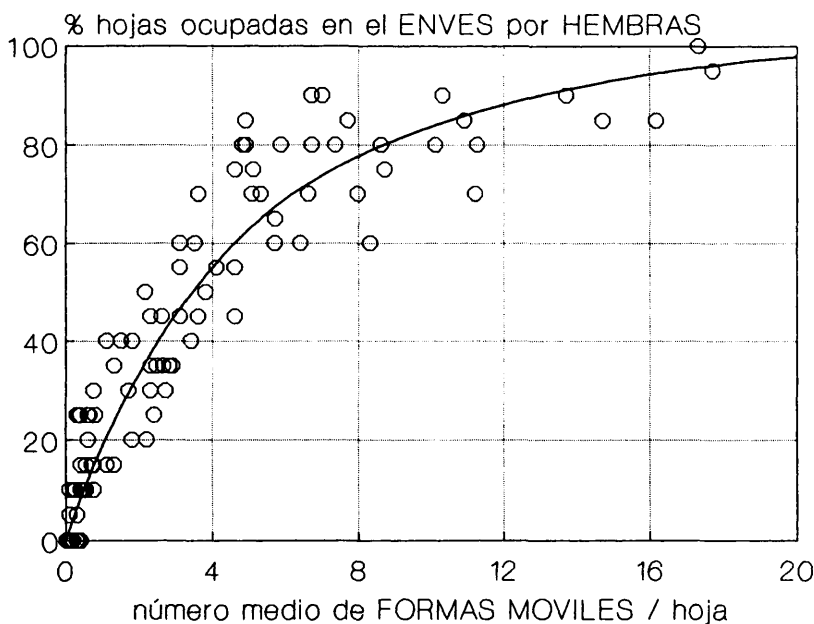


Fig. 5.—Relación entre la proporción de hojas ocupadas en el envés por hembras adultas y el número total de formas móviles por hoja para *Panonychus ulmi* (Koch) en manzano.

La ecuación de la curva es  $y = 1 - e^{-0,21x^{0,97}}$

de formas móviles en el envés ( $r = 0,94$ ). Estos resultados demuestran que es posible una simplificación notable del muestreo de formas móviles de *P. ulmi* en hojas de manzano recurriendo a observar exclusivamente la presencia de hembras en el envés de las hojas. La figura 5 muestra la correlación que se ha encontrado con las muestras analizadas.

El muestreo por presencia-ausencia parece por tanto bastante adecuado para simplificar la evaluación de la densidad poblacional de *P. ulmi* en hojas de manzano. La elección de la forma a observar en este muestreo binomial entre las tres propuestas en este trabajo, formas móviles, hembras adultas (figura 3) o hembras adultas en el envés (figura 5) determinará el número de hojas a observar ya que este deberá ser mayor a medida que el estrato de población observado disminuye por ser mayor la desviación del ajuste. En efecto,

el valor de la variación de la variable dependiente por muestra respecto a la curva de ajuste (calculada por la expresión  $\sqrt{\sum (P_o - P_e)^2 / (n - 1)}$  alcanza el valor de 0,354 para la evaluación de la población por presencia de formas móviles, mientras que por presencia de hembras es de 0,776 y por presencia de hembras en el envés de 0,867.

La abundancia de ácaros es otro aspecto a tener en cuenta en la elección. En efecto, mientras el 50 % de hojas ocupadas por formas móviles corresponde aproximadamente a una densidad poblacional de 1,1 formas móviles por hoja, esa misma proporción de órganos ocupados por hembras o por hembras en el envés se alcanza a 2,6 y 3,4 formas móviles por hoja respectivamente, y ello permite aumentar el nivel poblacional susceptible de ser muestreado de forma binomial. Otro factor a tener en cuenta es la mayor estabilidad en la relación numérica y binomial en la misma for-

ma de desarrollo, formas móviles, que cuando se establece entre hembras o hembras en el envés y formas móviles, ya que

en este último caso se puede ver alterada con más facilidad por factores ambientales o de cultivo.

#### ABSTRACT

GARCÍA-MARÍ, F., COSTA-COMELLES, J. (1992): Spatial distribution and development of a sampling procedure for *Panonychus ulmi* (Koch) on apples. *Bol. San. Veg. Plagas*, 18 (1): 101-114.

Active stages of *Panonychus ulmi* (Koch) from 709 samples (20 leaves each) taken at 3 apple orchards from Lleida and 1 from Valencia for the period 1987-1989 were analysed to determine the distribution parameters and elaborate a simplified sampling procedure. There were no differences in clumping pattern between orchards and years, so overall Index of Taylor and Iwao were calculated. The values found for Taylor' ( $b = 1.39$ ;  $r = 0.93$ ) and Iwao's ( $\alpha = 2.36$ ;  $\beta = 1.17$ ;  $r = 0.960$ ) parameters suggest that *P. ulmi* active stages are fairly clumped on the leaves, and this aggregation is higher between individuals than between colonies. For females only Taylor parameters are adequate, showing a low clumping pattern of this stage ( $b = 1.18$ ;  $r = 0.95$ ) on apple leaves. The aggregation index have been applied to the estimation of the sample size with a fixed precision level ( $E = 0.25$ ), obtaining the number of leaves to sample as a function of the population density for active stages and females.

A binomial sampling procedure has been elaborated through the relationship between proportion of leaves infested and mean number of mites per leaf. The proportion of leaves infested with active stages or females shows a good correlation with the number of active stages per leaf, making binomial sampling a practical method for its simplicity. The fit of the binomial relationship to several published equations has been tried for the data of active stages. The study of the correlation between the number or proportion of different developing stages on both sides of the leaf and the population density reveals a close relationship between percent of leaves occupied on the underside by females and mean number of active stages per leaf.

**Key words:** *Panonychus ulmi*, apple, sampling, clumping pattern, binomial sampling, sample size.

#### REFERENCIAS

- ARIAS GIRALDA, A.; CALDERON, J. N., 1972: Notas sobre el ciclo biológico de *Panonychus ulmi* Koch. en las Vegas del Guadiana (Badajoz), durante 1971. *Bol. Inf. Plagas*, 101, 1973: 3-14.
- BAILLO, D. M., 1989: Les méthodes d'estimation des populations d'acariens: effectifs, occupation du feuillage ou symptômes. *Annales ANPP*, 1(2): 75-87.
- CAREY, J. R., 1982: Demography of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *Oecologia*, 52: 389-395.
- COSTA-COMELLES, J.; GARCÍA MARI, F.; BOTARGUES, A.; CABISCOL, P.; MORENO, A.; PORTILLO J.; TORNE, M., 1991: Estrategia para el control integrado del ácaro rojo *Panonychus ulmi* en manzano. *Revista fruticultura profesional*, 38 Especial manzano 1991.
- CROFT, B. A.; WELCH, S. M.; DOVER, M. J., 1976: Dispersion statistics and sample size estimates for populations of the mite species *Panonychus ulmi* and *Amblyseius fallacis* on apple. *Environmental Entomology*, 5(2): 227-234.
- FERNÁNDEZ SÁNCHEZ DE LA NIETA, M.; FERNÁNDEZ SÁNCHEZ DE LA NIETA, J. I.; CAMINO GERMA, I.; FRANCO CARRETA, I., 1972: Ciclo biológico de la araña roja (*Panonychus ulmi* Koch). *Bol. Inf. Plagas*, 93: 3-8.
- FRANCO GARRETA, I., 1988: Seguimiento y control de la araña roja (*Panonychus ulmi*) en frutales de hoja caduca en Lérida. *FRUT Revista de Fruticultura*, III(1): 5-15.
- GERRARD, D. J.; CHIANG, H. C., 1970: Density estimation of corn rootworm egg populations based upon frequency of occurrence. *Ecology*, 51(2): 238-245.
- GROUT, T. G., 1985: Binomial and sequential sam-

- pling of *Euseius tularensis* (Acari: Phytoseiidae), a predator of citrus red mite (Acari: Tetranychidae) and citrus thrips (Thysanoptera: Thripidae). *J. Econ. Entomol.*, **78**: 567-570.
- IWAO, S., 1968: A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. *Res. Popul. Ecol.*, **10**: 1-20.
- IWAO, S.; KUNO, E., 1968: Use of the regression of mean crowding on mean density for estimating sample size and the transformation of data for the analysis of variance. *Res. Popul. Ecol.*, **10**: 210-214.
- JONES, V. P.; PARRELLA, M. P., 1984a: Intratree regression sampling plans for the citrus red mite (Acari: Tetranychidae) on Lemons in Southern California. *J. Econ. Entomol.*, **77**: 810-813.
- JONES, V. P.; PARRELLA, M. P., 1984b: Dispersion indices and sequential sampling plans for the citrus red mite (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.*, **77**: 75-79.
- KARANDINO, M. G., 1976: Optimum sample size and comments on some published formulae. *Bull. Entomol. Soc. Amer.*, **22**: 417-421.
- KUNO, E., 1991: Sampling and analysis of insect populations. *Annual Review of Entomology*, **36**: 285-304.
- NACHMAN, G., 1984: Estimates of mean population density and spatial distribution of *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) based upon the proportion of empty sampling units. *Journal of Applied Ecology*, **21**: 903-913.
- PIELOU, D. P., 1960: Contagious distribution in the European red mite, *Panonychus ulmi* (Koch) and a method of grading population densities from a count of mite-free leaves. *Can. J. Zool.*, **38**: 645-653.
- SOUTHWOOD, T. R. E., 1978: *Ecological methods*. Chapman y Hall, London. 524 pp.
- TAYLOR, L. R., 1961: Aggregation, variance and the mean. *Nature* **189**: 732-735.
- VARGAS, R. R., 1987: Disposición espacial de *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) (Acarina: Tetranychidae) y determinación del número de muestras en manzano (*Malus sylvestris* Mill), CV. *Gala. Agrícola técnica* (Chile), **48**(2): 152-157.
- VILAJELIU SERRA, M.; GUTIÉRREZ DEULOFEU, J. G., 1990: Determinación del nivel poblacional de araña roja (*Panonychus ulmi* Koch) permisible en plantaciones de manzanos para facilitar el control biológico, evitando efectos negativos sobre la producción. *Fruticultura profesional*, **28**.
- VON ARX, R.; BAUMGARTNER, J.; DELUCCHI, V., 1984: Sampling of *Bemisia tabaci* (Genn), (Stenorrhyncha: Aleyrodidae) in Sudanese cotton fields. *J. Econ. Entomol.*, **77**: 1130-1136.
- WILSON, L. T.; ROOM, P. M., 1983: Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton, with implications for binomial sampling. *Environ. Entomol.*, **12**: 50-54.
- WILSON, L. T.; GONZÁLEZ, D.; LEIGH, T. F.; MAGGI, V.; FORISTIERE, C.; GOODELL, P., 1983: Within-plant distribution of spider mites (Acari: Tetranychidae) on cotton: a developing implementable monitoring program. *Environ. Entomol.*, **12**: 128-134.
- ZAHNER, P.; BAUMGARTNER, J., 1984: Sampling for *Panonychus ulmi* (Koch) (Acarina: Tetranychidae) feeding on apple trees. *Res. Pop. Ecol.*, **26**: 97-112.