

DISPOSICION ESPACIAL DE *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) (Acarina:
Tetranychidae) Y DETERMINACION DEL NUMERO DE MUESTRAS EN
MANZANO (*Malus sylvestris* Mill), CV. GALA¹

Spatial distribution of *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) (Acarina:
Tetranychidae) and sample size estimates on apple trees (*Malus sylvestris*
Mill), Gala cv.

René R. Vargas M.²

SUMMARY

The negative binomial and Neyman type A distributions accurately described *P. ulmi* aggregation within the tree. The mites formed aggregations on the leaves and showed a random distribution within the apple tree canopy.

The minimum number of samples was determined so as to estimate the density of mites with different degrees of aggregation and coefficients of variation levels. A relatively stable number of samples was obtained above four mites per leaf.

Through analysis of variance, it was possible to substantiate that a great variability occurred in the population's means of *P. ulmi* in the trees, suggesting the necessity of studies to determine the mite distribution among the trees in the orchard.

INTRODUCCION

La araña roja europea, *Panonychus ulmi* (Koch, 1836), representa un serio problema fitosanitario en huertos comerciales destinados a la producción de manzana en el estado de Paraná, Brasil. El control químico destinado a limitar las poblaciones de moscas de la fruta (*Anastrepha* spp.), inicia probablemente un proceso de desequilibrio creciente, que termina con la aplicación de acaricidas no selectivos contra *P. ulmi*, que se considera normalmente una plaga secundaria (Croft y Hoyt, 1983). Los tratamientos de acaricidas, generalmente, son efectuados sin considerar las densidades de arañas. Este criterio de control está incidiendo significativamente en los costos de producción, resurgimiento de plagas secundarias y

resistencia a los pesticidas de las poblaciones de artrópodos fitófagos.

Para estimar la densidad de *P. ulmi*, es necesario elaborar un método de muestreo práctico, rápido y riguroso, que contribuya en la determinación de los niveles de daño económico, a través de la fenología del árbol, y al conocimiento de las densidades de equilibrio de depredadores y arañas fitófagas, que proporcionan un control biológico económico de la plaga. De esta manera, es posible racionalizar el uso de pesticidas selectivos, restringiendo su utilización a un mínimo de aplicaciones.

Un método de muestreo para artrópodos, exige como pre-requisito el conocimiento de la distribución estadística que interprete a la disposición espacial de ellos (Croft, Welch y Dover, 1976, Taylor, 1984). La distribución binomial negativa y la ley de potencia de Taylor son los modelos matemáticos que se mencionan con mayor frecuencia en los trabajos de interpretación de la disposición espacial de *P. ulmi* en huertos comerciales (Bliss y Fisher, 1953; Fisher, 1953; Pielou, 1960; Mowery, Hull y Asquith, 1980; Croft y Hoyt, 1983; Zahner y Baumgaertner, 1984).

¹ Recepción de originales: 7 de agosto de 1987.

Trabajo que corresponde a parte de tesis de grado para optar al título de M.Sc. en la Univ. Federal de Paraná, Curitiba, Brasil.

² Subestación Experimental Control Biológico La Cruz (INIA), Casilla 3, La Cruz, Chile.

Los objetivos de este trabajo fueron: determinar la disposición espacial de *P. ulmi* y sus depredadores dentro del árbol de manzano, ocupando un procedimiento estadístico basado en el cálculo de los principales índices de agregación y modelos matemáticos mencionados en trabajos de entomología aplicada; y desarrollar una metodología para determinar un tamaño de muestra, enumerativo a diferentes niveles de agregación.

MATERIALES Y METODOS

Se muestreó tres árboles de manzano cv. gala, en un huerto comercial de 9,5 ha, de cuatro años de edad, en el municipio de Campo Largo, cercano a la ciudad de Curitiba, Estado de Paraná, Brasil. Los árboles elegidos fueron de aspecto general muy homogéneo y aislados del resto del huerto por hileras "buffer". Desde el 26.01.84 al 23.03.85, se extrajo semanalmente 80 hojas de cada árbol, correspondiendo diez hojas por cuadrante (norte, sur, este y oeste) y en dos estratos; las hojas fueron revisadas *in situ*, haciendo los recuentos de los estados móviles de arañitas con lupa manual (10x). Se registró la posición de la hoja dentro de la copa del árbol, para conocer la estratificación horizontal (profundidad) de *P. ulmi*, denominando a las hojas 1-3 (exteriores), 4-7 (medias) y 8-10 (interiores).

El número de arañitas por hoja se ordenó en tablas de frecuencia, para ser procesado posteriormente por un programa computacional TOPFIT, perteneciente al Departamento de Bioestadística de IAPAR, Londrina, Brasil. Este programa permite calcular varios índices de agregación, tales como variancia/media, índice de Morisita, y k_1 de la binomial negativa, y mediante el test de χ^2 , medir el ajuste de los datos observados a las distribuciones teóricas de Poisson, binomial positiva, binomial negativa, logarítmica y Neyman tipo A. Adicionalmente, fue necesario efectuar el cálculo de k_c común (k_c) (según Bliss y Owen, 1958), b de la potencia de Taylor y ANDEVA (Harcourt, 1961), de manera de efectuar el cálculo del número de muestras, considerando el k_c proveniente de la distribución binomial negativa, la validación del coeficiente b de la ley de potencia de Taylor y el análisis de estratificación horizontal de *P. ulmi* dentro de la copa del árbol, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Inicialmente, se efectuó la identificación taxonómica de las arañitas presentes en las muestras recolectadas, arrojando la presencia exclusiva de *Panonychus ulmi*

(Koch, 1836) (Acarina: Tetranychidae), en las formas de macho y hembras, de diferentes grados de desarrollo (Carlos Flechtmann, 1985, Univ. Sao Paulo, comunicación personal).

El procesamiento de las tablas de frecuencia comenzó con la elección de aquellas que presentaban una media poblacional de *P. ulmi* diferente de cero (test de t , 0,05). Los valores entregados por los índices de agregación presentados en el Cuadro 1, reflejan claramente la tendencia a una disposición espacial contagiosa: la relación s^2/\bar{x} , en 22 oportunidades fue superior a uno; el índice de Morisita ($I\delta$), en 19 casos fue significativamente indicador de agregación; y el parámetro k en 20 casos fue menor de ocho (Southwood, 1971; Nachman, 1981). Se deben considerar cuidadosamente las bondades y deficiencias de estos índices, para no aplicarlos indiscriminadamente en la interpretación de la disposición de artrópodos (Taylor, 1984); en este trabajo, fueron utilizados como orientadores de los análisis con modelos matemáticos de distribución.

El valor del coeficiente de agregación de Taylor ($b = 1,22$) fue significativamente distinto de 1 (test t , 0,05), lo que contribuye a confirmar la tendencia de los índices de agregación. Luego, los valores de k y b (Figura 1), concuerdan con los resultados de otros autores, que los mencionan como típicos indicadores de la disposición espacial contagiosa de *P. ulmi* (Croft y otros, 1976; Mowery y otros, 1980; Zahner y Baumgaertner, 1984).

Los mayores porcentajes de ajuste al test χ^2 , fueron para las distribuciones Neyman tipo A y binomial negativa, confirmando la información proporcionada por los índices de agregación (Cuadro 2). El grado de ajuste fue determinado mediante el uso del índice de dispersión (ID) (Southwood, 1971) y el indicador de la desviación significativa a la normal (d) mostró el grado definitivo de ajuste a los diferentes modelos matemáticos, siendo las distribuciones Neyman tipo A y binomial negativa, las que mejor interpretaron a las poblaciones de *P. ulmi*, debido al comportamiento agregado de *P. ulmi* sobre la hoja y de estos agregados en hojas infestadas, dispuestas al azar en la copa del árbol.

El buen ajuste de las frecuencias observadas a la distribución binomial negativa permite utilizar este modelo matemático para describir la agregación de *P. ulmi* dentro del árbol, confirmando los resultados obtenidos por otros autores (Bliss y Fisher, 1953; Bliss y Owen, 1958; Pielou, 1960; Croft y otros, 1976; Mowery y otros, 1980; Zahner y Baumgaertner, 1984).

Mediante el método desarrollado por Bliss y Owen (1958), se calculó el valor $2,3 \leq k_c \leq 3,3$, que fue re-

CUADRO 1. Valores de medias, variancias, índices de agregación ($l\delta$) y parámetros k , para *P. ulmi*

TABLE 1. Values of means, variances, indices of aggregation ($l\delta$) and parameters k , for *P. ulmi*

Fecha	Repetición (árbol)	\bar{x}	s^2	s^2/\bar{x}	$l\delta$	k_1
26.01.85	1	0,42	0,48	1,12*	1,23	3,59
	2	0,40	0,42	1,15*	1,13	7,90
	3	0,30	0,42	1,40*	2,32**	0,78
04.02.85	1	1,59	5,76	3,63*	2,65**	0,60
	2	1,31	3,00	2,29*	1,98**	1,02
	3	0,49	0,78	1,61*	2,27**	0,79
08.02.85	1	1,49	1,09	0,73*	0,82	4,54
	2	1,17	2,97	1,73*	1,43**	2,34
	3	0,99	1,13	1,14*	1,14**	7,02
15.02.85	1	2,56	5,77	2,25*	1,48**	2,05
	2	2,97	2,10	0,71*	0,90	10,12
	3	2,06	1,70	0,83	0,92	11,90
23.02.85	1	2,13	5,10	2,40*	1,65**	1,52
	2	3,17	5,99	1,89*	1,28**	3,60
	3	1,96	4,08	2,08*	1,55**	1,81
02.03.85	1	3,71	5,32	1,43*	1,12**	8,57
	2	3,14	2,37	0,76*	0,92	12,88
	3	3,23	2,46	0,76*	0,93	13,50
09.03.85	1	2,44	3,36	1,38*	1,15**	6,41
	2	2,52	3,87	1,53*	1,12**	4,73
	3	1,94	2,16	1,12*	1,06	16,83
15.03.85	1	3,64	9,07	2,49*	1,41**	2,44
	2	1,00	1,49	1,49*	1,49**	2,03
	3	1,11	1,57	1,41*	1,37**	2,71
23.03.85	1	10,17	23,69	2,33*	1,13**	7,66
	2	6,85	21,27	3,08*	1,30**	3,30
	3	7,11	26,96	3,79*	1,39**	2,55

* Valor estadísticamente diferente de 1, ($P \leq 0,05$), según test de desviación estándar (Rabinovich, 1980).

** Valor estadísticamente diferente de 1 ($P \leq 0,05$), según test de F (Poole, 1974).

CUADRO 2. Porcentaje de ajuste de las distribuciones de frecuencia observadas de *P. ulmi* a las esperadas de varios modelos matemáticos

TABLE 2. Percentage of fit of the observed frequency distributions of *P. ulmi* to the expected frequency distributions of various mathematical models

Distribución	O/o de tablas ajustadas	O/o de tablas con d N.S.
B. positiva	14,00	—
Poisson	48,14	29,6
Neyman tipo A	66,60	63,9
B. negativa	59,30	70,4
Logarítmica	3,70	—

$$d = \sqrt{2x^2 - \sqrt{2g} - 1} \text{ (Elliot, 1970)}$$

lativamente constante para un rango de medias entre 2-7 arañitas por hoja (Cuadro 3), situación muy favorable: las densidades que se necesitan estimar son de 4 a 6 arañitas por hoja; correspondiendo a los niveles de daño económico considerados por los agricultores. La evaluación de k_C fue satisfactoria para la mayoría de las medias, a pesar de los casos donde no hubo ajuste a la normal (d), no incidiendo en el uso de k_C , debido a que los rangos de medias que no son interpretados, son muy bajos o muy altos, no involucrando la estimación de las medias que estén próximas a los niveles de daño económico.

Para estimar el número de hojas a muestrear por árbol (n) se ocupó la fórmula de Rojas (1964), que funda-

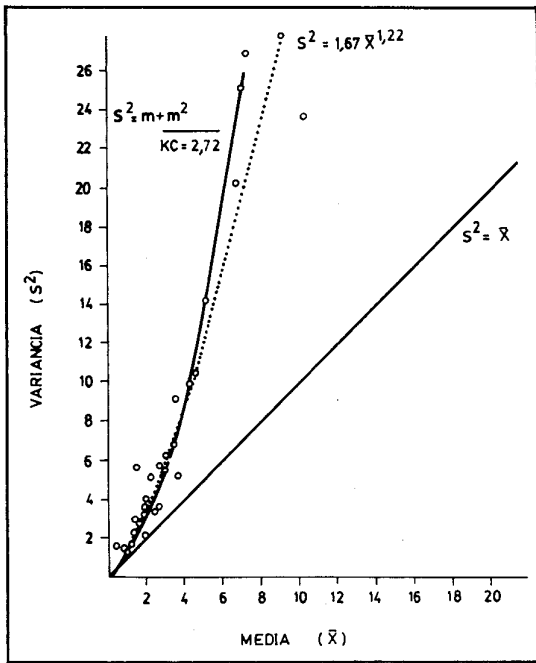


FIGURA 1. Relación entre variancia y media de *P. ulmi*/árbol, ajuste a la función de potencia de Taylor y distribución binomial negativa.

FIGURE 1. Variance as a function of mean mite density per tree, and fit to Taylor power law and negative binomial distribution.

CUADRO 3. Variancias de la distribución binomial negativa observada (k_3) y esperada (k_c) y test de significación para sus diferencias

TABLE 3. Variances for the observed (k_3) and estimated (k_c) negative binomial distribution and test for significance of their differences

Fecha	Repetición (árbol)	$s^2(k_3)$	$s^2(k_c)$	d
04.02.85	1	4,96	2,69	4,64*
	2	2,77	2,06	2,05*
	3	0,92	0,59	3,16*
08.02.85	2	2,88	2,98	0,18
	3	1,14	1,29	0,71
15.02.85	1	5,12	5,41	0,30
23.02.85	1	4,81	4,10	1,08
	2	4,81	4,10	1,08
	3	4,72	3,63	1,80
02.03.85	1	5,64	7,88	1,90
09.03.85	1	3,72	4,24	0,76
	2	3,61	4,44	1,20
	3	2,15	3,08	2,03*
15.03.85	1	7,54	7,66	0,10
	2	1,46	1,43	0,17
	3	1,79	1,64	0,60
22.03.85	1	24,56	41,52	2,86*
	2	19,50	21,07	0,44
	3	21,51	22,43	0,22

*Diferencia significativa según test (Z 0,05/2 = 1,96).

menta la precisión de la estimativa de n, en el valor de coeficiente de variación (C.V.) y el grado de agregación (k). En el Cuadro 4, se observa que al disminuir el C.V. el número de muestras aumenta y en la Figura 2 se observa que al disminuir el grado de agregación disminuye el número de muestras, quedando relativamente estable después de cuatro arañitas por hoja, en todos los grados de agregación.

Como la condición básica de un análisis de variancia es que la distribución de frecuencia debe ser de tipo normal con variancia independiente de la media, se utilizó la transformación $\log(x + 1)$ (Wadley, 1950), para estabilizar la variancia de la distribución binomial negativa que interpreta los datos observados. Luego, se efectuó el ANDEVA, para las poblaciones de *P. ulmi* según estratificación horizontal (profundidad), cuadrantes, estratos y entre árboles (Cuadro 5). Se concluyó que: las poblaciones medias no varían significativamente entre las diferentes profundidades; las que ocupan los estratos (superior e inferior) y cuadrantes (norte, sur, este y oeste) varían significativamente en una de las nueve fechas; y la variación de las

CUADRO 4. Número de muestras (n = hojas/árbol), calculadas con diferentes densidades de *P. ulmi* por hojas (\bar{x}) y coeficientes de variación (C.V.)

TABLE 4. Sample size (n = leaves/tree), calculated with different densities of *P. ulmi* per tree (\bar{x}) and coefficients of variation (C.V.)

C.V.:	0,30	0,20	0,10
\bar{x}	n	n	n
0,5	26	59	237
1	15	34	137
2	10	23	87
3	8	18	70
4	7	16	62
5	6	14	57
6	6	14	54
7	6	14	51
8	5	11	50
9	5	11	42
10	5	11	42

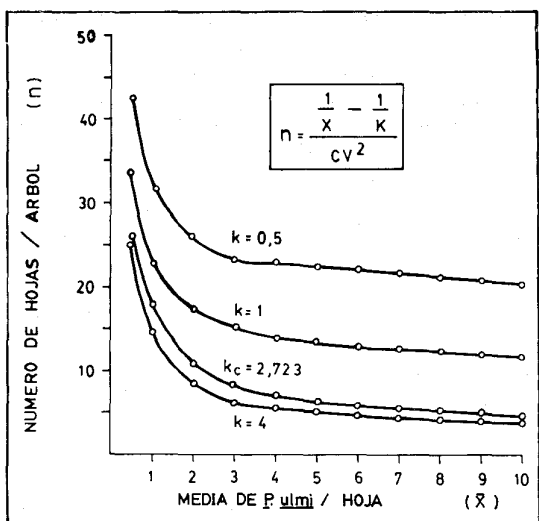


FIGURA 2. Número de muestras requeridas para estimar la densidad media de *P. ulmi*, con diferentes valores del parámetro k.

FIGURE 2. Number of leaves required to estimate the mean density of *P. ulmi*, for varying values of the parameter k.

poblaciones entre los tres árboles, son significativamente distintas en cuatro de las nueve fechas, corroborando la variabilidad entre árboles que presenta *P. ulmi* en el huerto (Croft y otros, 1976; Mowery y otros, 1980; Croft y Hoyt, 1983).

De acuerdo con los resultados, se puede afirmar que, dentro del árbol, la disposición espacial de *P. ulmi* fue de tipo contagiosa, formando agregados en las hojas. Este comportamiento quedó reflejado por los valores de los índices de agregación y por los valores de k y b, de la distribución binomial negativa y función de potencia de Taylor, respectivamente. El cálculo de k_c permitió interpretar la agregación de *P. ulmi* en un rango de medias poblacionales económicamente importante, posibilitando de esta manera calcular el número mínimo de muestras para estimar tales densidades. Finalmente, las variaciones de población de *P. ulmi* son significativas entre árboles pero no dentro del árbol, lo que obliga planificar otros estudios para conocer la disposición espacial dentro del huerto y determinar el número mínimo de árboles necesarios para conocer la media poblacional de ácaros en el huerto.

CUADRO 5. Valores de F, obtenidos mediante análisis de variancia de las poblaciones de *P. ulmi*, según las diferentes fuentes de variación

TABLE 5. Values of F, obtained through analysis of variance of the *P. ulmi* populations, according to various sources of variation

Fuentes de variación	G.L.	Fecha de Muestreo								
		26.01.85	04.02.85	08.02.85	15.02.85	23.02.85	02.03.85	09.03.85	15.03.85	23.03.85
Profund.	2	1,407	0,287	0,716	0,666	0,319	1,758	0,167	0,564	1,453
Cuadran.	3	0,812	0,894	0,135	0,449	2,015	0,235	3,273*	1,448	1,248
Estratos	1	1,918	0,280	0,002	6,840*	0,011	0,307	0,035	0,154	0,883
Arboles	2	0,554	13,710*	1,250	0,668	6,40*	0,117	2,126	11,749*	9,309*

Los valores originales de las poblaciones de *P. ulmi* para cada fuente de variación, fueron transformados a log. (x + 1).

*Diferencia significativa a 0,05

RESUMEN

Las distribuciones binomial negativa y Neyman tipo A describieron adecuadamente la agregación de *P. ulmi* dentro del árbol. Los ácaros formaron agregados en las hojas y estos presentaron una disposición al azar dentro de la copa del árbol.

El número mínimo de muestras fue determinado para estimar la densidad de ácaros con diferentes grados de agregación y niveles de coeficientes de variación. Un

número de muestras relativamente estable fue obtenido sobre cuatro arañitas por hojas.

Fue posible comprobar mediante el análisis de variancia, que la mayor variabilidad entre las poblaciones medias de *P. ulmi* ocurre entre árboles, sugiriendo la realización de estudios concernientes con la disposición de arañitas entre los árboles del huerto.

LITERATURA CITADA

- BLISS, C.I. and FISHER, R.A. 1953. Fitting the negative binomial distribution to biological data. *Biometrics* 9: 176-196.
- BLISS, C.I. and OWEN, A.R.G. 1958. Negative binomial distribution with a common K. *Biometrika* 45: 37-58.
- CROFT, B.A., WELCH, S.M., and DOVER, M.J. 1976. Dispersion statistics and sample size estimates for populations of the mite species *Panonychus ulmi* and *Amblyseius fallacis* on apple. *Envir. Entomol.* 5: 227-234.
- CROFT, B.A. and HOYT, S.C. 1983. Integrated management of insect pest of pome and stone fruits. Wiley Interscience Publication, New York. 454 p.
- ELLIOT, J.M. 1979. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Sci. Publ. Freshw. Bio. Ass. Sci. Pub.* N° 25. 148 p.
- FISHER, R.A. 1953. Note on the efficient fitting of the negative binomial. *Biometrics* 9: 197-200.
- HARTCOURT, D.G. 1961. Spatial pattern of the imported cabbage worm, *Pieris brassicae*, on cultivated cruciferae. *Can. Entomol.* 93: 945-952.
- MOWERY, D.P., HULL, A.L., and ASQUITH, D. 1980. Two new sampling plans for european red mite surveys on apple utilizing the negative binomial distribution. *Envir. Entomol.* 9: 159-163.
- NACHMAN, G. 1981. Temporal and spatial dynamics of an acarine predator-prey system. *Jour. Anim. Ecol.* 50: 435-451.
- PIELOU, D.P. 1960. Contagious distributions 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.
- POOLE, R.W. 1974. An introduction to quantity ecology. Mc Graw Hill, N.Y. 525 p.
- RABINOVICH, E.J. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Edit. Continental. México. 313 p.
- ROJAS, R.A. 1964. La binomial negativa y la estimación de la intensidad de plagas en el suelo. *Fitotecnia Latinoamericana* 1: 27-36.
- SOUTHWOOD, T.R. 1971. Ecological methods. Chapman and Hall, London. 391 p.
- TAYLOR, L.R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insects populations. *Ann. Rev. Entomol.* 29: 321-357.
- WADLEY, F.M. 1950. Notes on the form of distribution of insect and plant populations. *Ann. Ent. Soc. Am.* 43: 581-589.
- ZAHNER, Ph. and BAUMGAERTNER, J. 1984. Sampling for *Panonychus ulmi* (Koch) (Acarina: Tetranychidae) and *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) feeding on apple trees. *Res. Pop. Ecol.* 26: 97-112.