

Distribución espacial de las larvas del mosquito verde en un viñedo de regadío en Andalucía, España utilizando el método de SADIE

J. F. RAMÍREZ-DÁVILA, J. L. GONZALES-ANDUJAR, E. PORCAYO-CAMARGO

En el presente trabajo se determinó la distribución espacial de las poblaciones de larvas del mosquito verde *Jacobiasca lybica* en una parcela experimental de regadío en Cádiz, España. Este comportamiento espacial se estableció mediante las técnicas de estadística espacial. Los resultados demostraron que las poblaciones de larvas presentaban una distribución en agregados. Los mapas de densidad elaborados corroboraron la mencionada distribución agregada. Se determinó que el grado de infestación no alcanzaba el 100% de la parcela experimental, lo cual resulta interesante para poder dirigir las medidas de control sobre áreas específicas de infestación. Se logró determinar una estabilidad espacial y temporal a corto plazos de las poblaciones de larvas.

J. F. RAMÍREZ-DÁVILA. Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM. Profesor investigador de la Facultad de Ciencias Agrícolas UAEM Centro universitario el Cerrillo Piedras Blancas km 15 carr. Toluca Ixtlahuaca entronque con Tlachaloya Apartado Postal 829 Tels. 01(722) 296-65-74 y Fax: 296-55-18 Ext: 139. E-mail: jfrd@uaemex.mx.

J. L. GONZALES-ANDUJAR. Departamento de Protección de Cultivos. Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC), Apdo. 4084. 14080 Córdoba, España.

E. PORCAYO-CAMARGO. Pasante de la Facultad de Geografía UAEM. Cerro de Coatepec s/n Ciudad Universitaria, C.P. 50000, Toluca, México.

Palabras clave: *Jacobiasca lybica*, agricultura de precisión.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, de las 10.500 ha que tiene el Marco de Jerez cultivadas con vid, casi el 96% corresponde a la variedad Palomino Fino, 3% a la Pedro Ximénez y un 1% al Moscatel de Chipiona (Moscatel de Alejandría).

El Palomino fino se caracteriza por poseer hojas pentagonales grandes, de color verde oscuro y seno peciolar en V, que presentan en el envés una alta densidad de pelos tumbados entre los nervios. Los racimos suelen estar conformados por un número elevado de bayas, aunque son poco compactos, y aparecen, como mucho, dos por pámpano. Las bayas tie-

nen un tamaño mediano, de un color verde-amarillo muy uniforme, con una piel muy fina.

Se conoce como "mosquito verde" a un grupo de insectos chupadores, cicadélidos, que afectan a la viña y a un gran número de plantas silvestres y cultivadas. Las especies encontradas son varias (FREITAS y AMARO, 2001, MAZZONI *et al.*, 2001).

En España, las dos especies de mosquito verde más comunes sobre el viñedo son *Jacobiasca lybica* (Bergenin & Zanon) y *Empoasca vitis* (Göthe) (Homoptera, Cicadellidae). Estas especies se diferencian entre sí de acuerdo a la forma en que se encuentran las estructuras del tubo anal y

los ápices de los apéndices del pigóforo (OCETE *et al.*, 1999).

Dentro de España, *Jacobiasca lybica* es el mosquito verde más abundante en los viñedos de la zona meridional, hecho que fue puesto de manifiesto por LÓPEZ (1997) en el Marco del Jerez. En dicha comarca, se llegan a superar, en los meses centrales del verano, las 20 formas móviles/hoja joven. También, se ha observado que la puesta y el desarrollo preimaginal tiene lugar sobre los bordes más jóvenes de las viníferas pasando posteriormente, en octubre a establecerse sobre algunos brotes de los portainjertos, cuando el desarrollo del vidueño dominante (Palomino fino), que exhibe ya un elevado nivel de síntomas causados por el cicadélido, se relantiza (OCETE *et al.*, 1999).

Los daños directos se limitan a las hojas. Con su aparato chupador ataca principalmente los nervios de las hojas provocando la decoloración y posterior necrosamientos de los bordes del limbo foliar en variedades blancas, como es el caso del Palomino fino (LÓPEZ, 1997). Ello conlleva una defoliación, cuya intensidad depende del nivel de ataque y de la propia susceptibilidad de la vinífera (BAILLOD *et al.*, 1993a; REBELO y QUARTAU, 1992). También se observan crispaciones del borde con un arrollamiento sobre el envés. Como consecuencia de ello y de la brotación de nuevas yemas, los racimos no llegan a madurar bien, lo que se traduce en un descenso del grado Baumé y los sarmientos no se agostan normalmente (RUIZ CASTRO y MENDIZÁBAL, 1939; RUIZ CASTRO, 1965).

El conocimiento de la distribución espacial de las poblaciones de insectos plaga es de gran importancia para la elaboración de programas de manejo integrado. Tal conocimiento permite el desarrollo exacto y eficiente de métodos de muestreo, de técnicas de control y de valoraciones de riesgo.

Dentro de los nuevos desarrollos de la estadística espacial ha aparecido recientemente una nueva metodología llamada SADIE (Análisis Espacial por Índices de Distancia) que ha sido desarrollada por el Dr. Joe N. Perry del Dpto. de Entomología y Nematología de Rothamsted Experimental Station (Reino Unido).

SADIE identifica el modelo espacial para datos bidimensionales, con un índice asociado de la agregación y de una prueba para la desviación de la aleatoriedad basada en un algoritmo de atracción, el cual incorpora un modelo biológico para la dispersión de individuos de un origen en el que a cada individuo se le asigna un territorio dinámico (PERRY, 1995; PERRY *et al.*, 1996). Con este método se hace uso de los datos concernientes a cada muestreo y no hay restricción en la ubicación de las unidades muestrales. Las técnicas del SADIE se desarrollaron específicamente para realizar análisis espaciales de datos de poblaciones ecológicas agregadas, especialmente de datos recolectados en lugares con referencia espacial, los cuales tienen un patrón dinámico y desigual, donde frecuentemente hay una alta proporción de valores cero en el muestreo y la abundancia puede tener una estructura de covarianza no estacionaria (caso que no contempla la Geoestadística). PERRY *et al.*, (1999) ha extendido estos métodos para proporcionar un índice de agregación para cada una de las unidades muestrales, para medir el grado en el cual contribuye cada observación por unidad de muestreo a la agregación total. Además, los grupos se identifican separadamente, ya sea como anexos o como apartados. Estas técnicas también han sido utilizadas para proporcionar índices y pruebas de asociación espacial (PERRY, 1998). Actualmente, la citada metodología se está utilizando con éxito en el análisis de la distribución espacial de insectos de importancia económica (PERRY y KLUKOWSKI, 1997).

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el estudio del comportamiento espacial del mosquito verde se establecieron tres parcelas experimentales en El Centro de Investigación y Formación Agraria "Rancho de la Merced". En el año 2006 se muestreo sobre una parcela experimental de regadío. Los muestreos se realizaron durante la fase de mayor actividad del insecto que se corresponde entre los meses de Junio y Octubre (TOLDO, 1992).

Se estableció una parcela experimental de regadío. Cada una constaba de 1925 cepas de la variedad Palomino Fino, separadas entre sí por aproximadamente 1 m, con una extensión de 3,700 m² cada una. En cada parcela se estableció una malla rectangular (OLIVER y WEBSTER, 1990) de 35 x 55 cepas. Se muestreo cada dos líneas, partiendo inicialmente de la primera línea, es decir, en total se muestrearon 35 líneas, de cada línea muestreada se tomaron 7 cepas para cada muestreo, con un intervalo de 9 cepas entre sí, por lo tanto, en cada parcela se muestrearon 126 cepas. Los muestreos fueron realizados durante 5 fechas que abarcaron la etapa más importante del ciclo biológico de la especie, tal y como lo menciona TOLEDO (1992).

En cada muestreo de la parcela experimental se contó el número total de larvas del mosquito verde hallados en 10 hojas por cepa tomadas al azar según la metodología establecida por LÓPEZ (1997).

Las cepas muestreadas en las cinco fechas se señalaron con antelación en la base con pintura fluorescente color blanco y con una etiqueta que identificaba su posición indicando la línea y columna correspondiente. Las cepas muestreadas en la parcela fueron georeferenciadas para tener una ubicación espacial precisa de las mismas, para ello se utilizó un GPS.

En cada fecha correspondiente se muestrearon las 126 ya descritas en cada uno de estas parcelas, se contabilizó el número total de larvas del mosquito verde *J. lybica* presentes en 10 hojas por cepa, y se realizó un promedio del insecto por cepa. Estas hojas eran seleccionadas al azar abarcando en la selección hojas de la parte superior, media e inferior. El muestreo fue similar tanto en la parcela con riego como en la parcela sin riego.

Se realizó una exploración estadística de los datos originales de las poblaciones de larvas del mosquito verde, para cada muestreo, parcela y año correspondiente. Cuando fue necesario se realizó una transformación logarítmica de los datos [$\log_{10}(n+1)$] para normalizarlos.

Análisis Espacial por Índices de Distancia (SADIE)

El objetivo de SADIE es establecer el modelo espacial de una población muestreada midiendo la distancia a la cual pueden desplazarse los individuos de la muestra observada.

PERRY (1995a) indicó que para datos recolectados en ubicaciones específicas el uso de la distancia para la regularidad es muy adecuado. El demostró cómo distinguir no aleatoriedad en la forma de heterogeneidad estadística, de la no aleatoriedad espacial. PERRY (1995b) desarrollo y extendió el uso del índice de la distancia para la regularidad (I_a) para el establecimiento de la estructura espacial de las poblaciones de insectos. Además, introdujo dos diagramas de diagnóstico como ayuda a la interpretación y un índice nuevo para estimar el número de focos de agrupamiento de una población, el índice J_a . Además señalo que la escala de muestreo es un determinante importante del patrón espacial total. ALSTON (1996) corroboró que la distancia para la regularidad (D) proporciona bases más adecuadas para elaborar un índice, ya que el índice de agrupamiento desarrollado por PERRY y HEWITT (1991) tiene serias limitaciones para detectar múltiples grupos, amontonamientos o parches.

En el presente trabajo se utilizaron el índice basado en la distancia para la regularidad I_a y el índice J_a , basado en la distancia del agrupamiento PERRY (1995a,b) y PERRY (1998) para establecer el modelo de distribución de las poblaciones de larvas en la parcela experimental.

Una muestra es agregada si $I_a > 1$, la muestra es espacialmente aleatoria si $I_a = 1$, y la muestra es regular si $I_a < 1$. Como en el caso del índice I_a , valores de $J_a > 1$ usualmente indican una muestra agregada, $J_a = 1$ representan datos espacialmente aleatorios y $J_a < 1$ muestras regulares. Los valores del índice J_a sirven para corroborar los resultados obtenidos con el índice I_a . Además, este índice se utiliza para discriminar entre patrones espaciales donde hay un único agrupamiento importante para el cual sus valores son significativamente mayores que la unidad, y en donde hay dos o más agrupamien-

Cuadro 1. Valor de los índices I_a y J_a y sus respectivas probabilidades P_a y Q_a en la población de larvas de mosquito verde.

Fecha	I_a	P_a	J_a	Q_a
27-06-2006	1,53	0,009 ^s	1,21	0,180 ^{ns}
25-07-2006	1,63	0,010 ^s	1,22	0,107 ^{ns}
30-08-2006	1,74	0,015 ^s	1,24	0,315 ^{ns}
27-09-2006	1,87	0,019 ^s	1,26	0,241 ^{ns}
28-10-2006	1,40	0,004 ^s	1,15	0,416 ^{ns}

ns: no significativo al 5% s: significativo al 5%.

tos para los cuales su valor no es significativamente diferente de la unidad o incluso menor que ella. Para determinar la significación con respecto a la unidad se utiliza su probabilidad respectiva (Q_a) (PERRY, 1998). Los valores de I_a y J_a para conteos aleatorios no están correlacionados, por lo que se pueden utilizar 2000 aleatorizaciones en el software empleado para obtener sus respectivos valores.

El programa utilizado en este trabajo para determinar los valores y las probabilidades de ambos índices fue el SADIE 1.22 (PERRY *et al.*, 1996) (programa cedido por el Dr. Perry). Para elaborar los mapas de densidad poblacional de las larvas del insecto plaga se utilizó el programa Surfer 9.0. De los mapas laborados se estableció la superficie infestada para ello, se utilizó nuevamente el programa Surfer 9.0.

RESULTADOS

En lo referente a las larvas se puede ver en el Cuadro 1 que en todos los muestreos el valor del índice I_a fue superior a uno. Tal hecho permite asegurar que las larvas se distribuyeron de forma agregada. El valor de 1,87 registrado en la fecha del 27 de Septiembre fue el valor más alto alcanzado por el índice I_a y el menor se halló el 27 de Junio, el cual fue 1,53.

Los valores del índice J_a también resultaron ser mayores a uno en todas las fechas de muestreo, pero no de forma significativa, a pesar de ello también establecen la agregación. El valor más elevado de este índice fue 1,25 registrado

en la fecha de muestreo del 27 de Septiembre y el más bajo 1,15 hallado en la fecha del 28 de Octubre (Cuadro 1).

En la Figura 1 se encuentran agrupados los mapas de densidad de las poblaciones de larvas. En ellos se aprecia perfectamente los agregados en los cuales se distribuyeron las larvas.

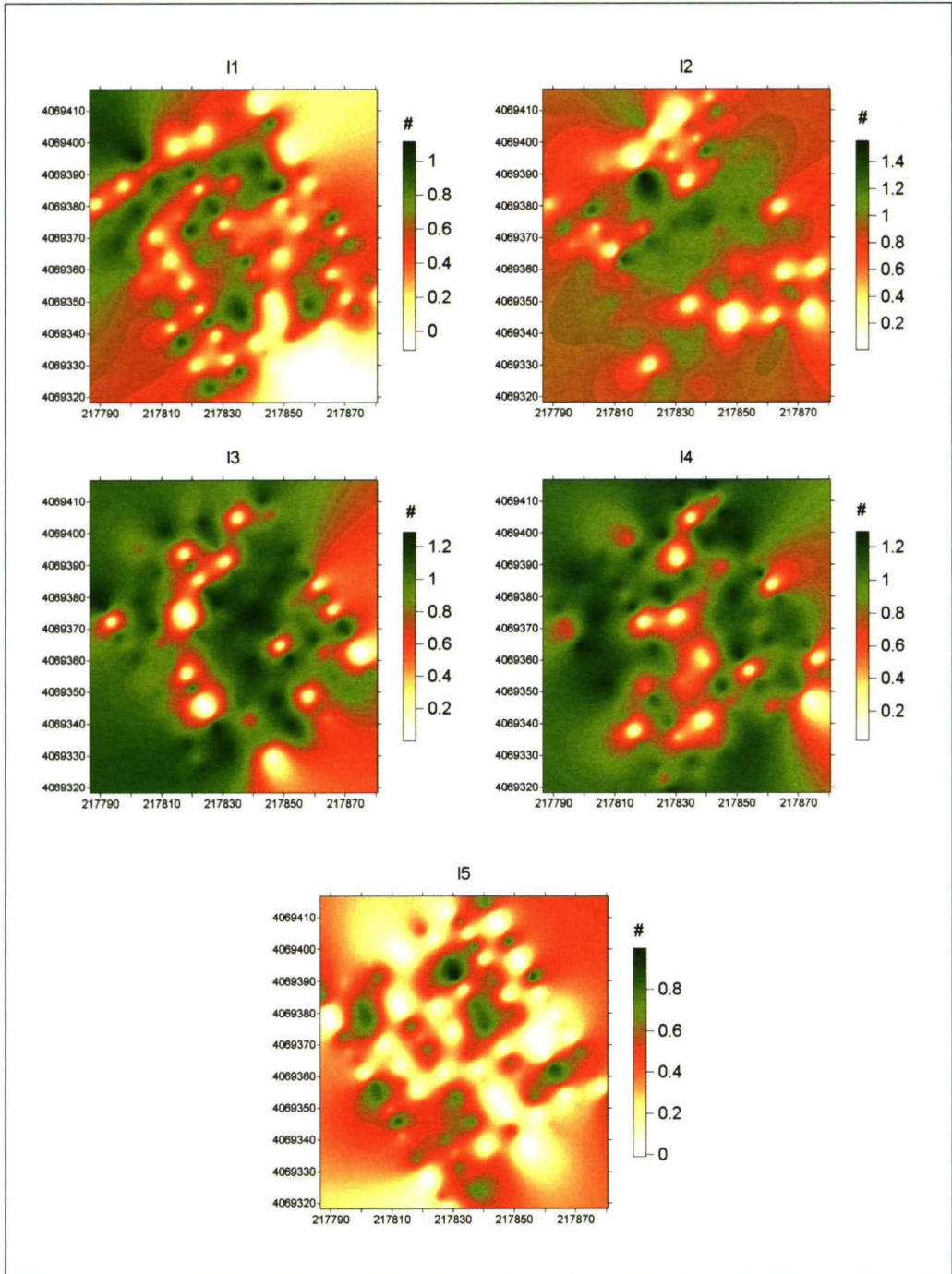
En los mapas se observa que al haber densidades altas de larvas, también hubo una gran cantidad de centros de agregación dispersados en toda la parcela.

La existencia de una cantidad considerable de centros de agregación corrobora lo detectado por el índice J_a .

Se procedió a conocer el área que realmente necesitaba manejo en la parcela experimental. Para ello, se estableció el porcentaje de área infestada y no infestada en los mapas elaborados. Los resultados se detallan en el Cuadro 2.

El porcentaje de área sin infestar se encontró entre 34,1% y 7,9% en los mapas de estimas, con un valor medio de 18,6%. De forma general el área libre de infestación se vio reducida conforme aumento la densidad de las larvas con excepción de la fecha del 30-08 en el que hubo un pequeño aumento de tal superficie cuando el promedio de larvas se seguía incrementando. En el último muestreo, al reducirse significativamente la densidad de larvas, el área libre de infestación aumentó considerablemente.

Se halló que el área sin infestar se encontró entre 84% y 52,8% del área total para el caso de las ninfas, con un valor medio de 31,52%. De igual forma al aumentar la densidad de las



Figuras 1. Mapas de densidad de las larvas de *J. lybica* en las cinco fechas de muestreo de la Parcela con Riego del año 2006. h1= 27-06, h2= 25-07, h3= 30-08, h4= 27-09 y h5= 28-10

Cuadro 2. Porcentaje de superficie infestada y no infestada.

Estadio/Fecha	Krigado	
	% Infestado	% No Infestado
Larvas		
27-06-2006	73,8	26,2
25-07-2006	88,8	11,2
30-08-2006	86,4	13,6
27-09-2006	92,1	7,9
28-10-2006	65,9	34,1

ninfas disminuyó el porcentaje de superficie sin infestar, con una pequeña excepción el 27-09 donde a pesar de registrarse la mayor densidad de ninfas, el área libre de infestación aumentó ligeramente con respecto a la del muestreo anterior. En el último muestreo esta superficie libre de infestación aumentó de forma significativa al reducirse notoriamente la densidad de ninfas.

DISCUSIÓN

Según los resultados del índice J_a las poblaciones de larvas se distribuyeron por varios centros de agregación, ya que sus valores no fueron significativamente diferentes de uno.

Los centros de agregación con densidades más altas se localizaron en la parte central-izquierda en la mayoría de los mapas. Al parecer la colonización de la parcela por medio de las larvas provino de las cepas de vid de una parcela vecina situada al lado izquierdo de la misma, tal y como se puede apreciar en el mapa del primer muestreo. Las cepas más vigorosas de la parcela se hallaban en esta zona, por lo que las larvas las prefirieron.

Al ir aumentando las densidades medias de las poblaciones de larvas se fue reduciendo generalmente el área libre de infestación, ya que las larvas se dispersaron por una parte considerable de la parcela experimental. El área libre de infestación aumentó en el último muestreo al disminuir la población de larvas.

Como demuestran los resultados obtenidos, el mosquito verde de forma natural no invade el 100% del área que infesta, es decir, la infestación no es uniforme sobre el área afectada. Lo anterior resulta muy interesante ya que las plantas de la parcela de estudio se encontraban en excelente estado fisiológico, lo que demuestra que este no fue un factor determinante para que el mosquito verde no se distribuyera por toda el área de estudio.

Lo hallado en este trabajo abre las puertas a una aplicación dirigida de las medias de control sobre las áreas que realmente están infestadas con el insecto plaga, lo cual hace factible obtener ahorros económicos y medioambientales al reducir el consumo de insecticidas e implementar los métodos de la agricultura de precisión en el manejo de este insecto plaga.

Desde su desarrollo la utilización del Análisis Espacial por Índices de Distancia (SADIE) para estimar la distribución espacial de poblaciones de insectos, se ha incrementado. Con el tiempo este método ha manifestado ser de gran utilidad en la determinación de patrones espaciales que reflejan el comportamiento en el campo de dichas poblaciones entomológicas (HOLLAND *et al.*, 2000). Comparado con otros métodos empleados para la misma función el SADIE ha demostrado su eficiencia y su fiabilidad para determinar la asociación y la agregación de poblaciones de insectos (PERRY *et al.*, 2002).

ABSTRACT

RAMÍREZ-DÁVILA, J. F., J. L. GONZALES-ANDUJAR, E. PORCAYO-CAMARGO. 2008. Behavior of the space of green mosquito larvae in vineyard irrigated land in Andalucía, Spain using the SADIE. *Bol. San. Veg. Plagas*, **34**: 607-613.

In the present study we determined the spatial distribution of the populations of larvae green mosquito *Jacobiasca lybica* in an experimental plot of irrigated land in Cadiz, Spain. This behavior space was established by the techniques of spatial statistics. The results showed that populations of larvae submitted an aggregate distribution. The density maps produced corroborated the above aggregate distribution. It was determined that the degree of infestation not reached 100% of the sample plot, which is interesting to be able to direct control measures on specific areas of infestation. It was possible to identify a spatial and temporal stability in the short deadlines for the populations of larvae.

Key words: *Jacobiasca lybica*, precision agriculture.

REFERENCIAS

- ALSTON, R. 1996. Statistical analysis of animal populations. Thesis PhD thesis, University of Kent. UK.
- BAILLOD, M., CHARMILLOT, P., JEREMI, M., MEYLAN, A., VALLOTON, R., ANTONIN, PH., HÄCHLER, M., LINDER, C., PERRIER, J. 1993 a. Protección intégrée et stratégies de lutte contre les ravageurs de la vigne. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **25**: 23-29.
- FREITAS, J., AMARO, P. 2001. "Explosion" de Cicadelle verte dans la region du Douro au Portugal en juillet/aout 1998. *Integrated Control in Viticulture IOBC wprs Bulletin* **24** (7): 217-219.
- HOLLAND, M., WINDER, L., PERRY, J. 2000. The impact of dimethoate on spatial distribution of beneficial arthropods in winter wheat. *Ann. Appl. Biol.* **136**: 93-105.
- LOPEZ, M. A., 1997. Incidencia de *Kaloterme flavicollis* (Fabr.) (Isoptera, Kalotermitidae) En el Marco del Jerez/ Ensayos de técnicas blandas de control sobre plagas del viñedo. Tesis Doctoral. Univ. Sevilla. 477 Pp.
- MAZZONI, V., COSCI, A., LUCCHI, SANTINI, L. 2001. Occurrence of leaf hoppers (Auchenorrhyncha, Cicadellidae) in three vineyards of the pisa district. *Integrated Control in Viticulture IOBC wprs Bulletin* **24** (7): 267-271.
- OCETE, R., LÓPEZ, A., QUARTAU, J., PÉREZ, A. 1999. La problemática actual de los Mosquitos Verdes (Homoptera, Cicadellidae) en diversas zonas vitícolas españolas. *Viticultura/Enología profesional*, **63**: 16-20.
- OLIVER, M. A., WEBSTER, R. 1990. Statistical Methods in soil and land resource survey. Oxford university press, Oxford. 232 Pp.
- PERRY, J. N., HEWITT, M. 1991. A new index of aggregation for animal counts. *Biometrics*. **47**: 1505-1518.
- PERRY, J. 1995 a. Spatial aspects of animal and plant distribution in patchy farmland habitats. In *Ecology and Integrated Farming Systems*. Eds. D. M. Glen, M. A. Greaves, H. M. Anderson. Chichester, England . Wiley. 221-242 Pp.
- PERRY, J. 1995 b. Spatial Analysis by distance indices. *Journal of Animal Ecology*. **64**: 303-314.
- PERRY, N., KLUKOWSKY, Z. 1997. Spatial distributions of counts at the edges of sample areas. VI Conferencia de la sociedad de biometría. Córdoba, España. Pp. 103-108.
- PERRY, J., PARKER, W., ALDERSON, L., KORIE, S., BLOOD-SMITH, J., MCKINLAY, R., ELLIS, S. A. 1998. Simulation of counts of aphid over two hectares of Brussels sprout plants. *Computers and Electronics in Agriculture*. **21**: 33-51.
- PERRY, J., WINDER, L., HOLLAND, J., ALSTON, R. 1999. Red - blue plots for detecting clusters in count data. *Ecology Letters*. **2**: 106-113.
- PERRY, J., LEBHOLD, A., ROSENBERG, M., DUNGAN, J., MIRITI, M., JAKOMULSKA, A., CITRON-POUSTY, S. 2002. Illustration and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial patterns in ecological data. *Ecography*. **25**: 578-600.
- REBELO, M., QUARTAU, J. 1992. Aspectos preliminares sobre a dinâmica populacional de Cigarrinhas (Homoptera: Cicadellidae) Asociadas a castas da vinha no alentejo. II Simposio da Vitivinicultura do Alentejo. Univ. Evora. 199-208 Pp.
- RUÍZ CASTRO A., MENDIZABAL, M. 1939. La roya colorada producida por *Empoasca lybica* De Bergeriu (Hem. Hom.) en los parrales de Almería. *Bol. Pat. Veg. Ent. Agraria*, (7).
- RUÍZ CASTRO, A. 1965. Plagas y enfermedades de la vid. INIA. Madrid.

(Recepción: 16 junio 2008)

(Aceptación: 13 agosto 2008)