

Modelado espacial de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) en *Solanum tuberosum* L.



<https://cu-id.com/2247/v38e07>

Spatial modeling of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) in *Solanum tuberosum* L.

✉Lázaro Cuellar Yanes, ✉María de los A Martínez Rivero, ✉Leticia Duarte Martínez, ✉Heyker L Baños Díaz, ✉Ileana Miranda Cabrera *

Laboratorio de Entomología-Acarología, Departamento de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), apartado 10. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN: Para determinar el patrón de disposición espacial de *Myzus persicae* Sulze y predecir la evolución de su dispersión en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), se monitoreó una superficie de 0,5 ha de la variedad 'Gazelle' en las áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba. Se realizaron muestreos con una frecuencia semanal durante el crecimiento vegetativo del cultivo. En cada muestreo se observaron 40 plantas fijas georeferenciadas y en cada planta se realizó el conteo de los áfidos presentes, en tanto, se recolectaron muestras para su identificación. También se calculó la densidad poblacional de áfidos por muestreo y se realizó el análisis exploratorio de esta variable. Se determinó la disposición espacial de los áfidos, según índices para unidades de muestreos no necesariamente contiguas. Mediante la técnica del Kriging ordinario, se realizó el estudio geoestadístico de los datos elaborando mapas de estimación de la densidad de individuos. Luego de ese proceso, el áfido predominante en el cultivo resultó ser *M. persicae*. Los índices de disposición empleados indican una distribución poblacional agregada en la mayoría de las fechas muestreadas. La ubicación en el campo, el tamaño y densidad de los agregados de *M. persicae* en el cultivo de la papa fueron muy variables. El krigeado predice la existencia de zonas de densidad inestable de áfidos y se estima que la población invadirá gran parte del campo. Dada las condiciones de ese agro-ecosistema, esta especie de áfido en papa sigue una tendencia en la que los agregados surgen en los bordes y se desplazan hacia la zona central del cultivo.

Palabras clave: áfido, papa, índices de disposición espacial, Kriging, geoestadística.

ABSTRACT: To determine the spatial disposition pattern of *Myzus persicae* Sulze and predict the evolution of its dispersal in a potato crop (*Solanum tuberosum* L.), an area of 0.5 ha of the variety 'Gazelle' was monitored in the experimental fields of the National Institute of Agricultural Sciences (INCA), Mayabeque, Cuba. Weekly samplings were carried out during the vegetative growth of the crop. In each sampling, 40 geo-referenced fixed plants were examined and the aphids present on each plant were counted, and samples were collected for identification. The aphid population density per sampling was calculated, and the exploratory analysis of this variable was carried out. The spatial disposition of aphids was determined according to indices for sampling units that were not necessarily contiguous. The geostatistical data analysis was carried out by elaborating population density maps using the ordinary Kriging technique. *M. persicae* proved to be the predominant aphid in the crop. The disposition indices used indicate an aggregated population distribution on most of the sampling dates. Field location, size and density of *M. persicae* aggregates in the potato crop were highly variable. Kriging predicts the existence of areas of unstable aphid density, and it is estimated that the population will invade a large part of the field. Due to the conditions of this agro-ecosystem, this aphid species in potato follows a trend in which aggregates emerge at the edges and move toward the central zone of the crop.

Key words: aphid, potato, spatial distribution, indices, Kriging, aggregates.

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) sobresale entre los cultivos alimenticios de mayor importancia a escala mundial. En la actualidad, su plantación está difundida en todas las regiones del mundo, constituyendo, en muchas áreas geográficas, un alimento básico para la población. En Cuba, ocupa el primer lugar entre las raíces y tubérculos, llegándose a plantar cada año entre 10 000 y 15 000 ha (1). Esta solanácea es susceptible a una amplio número de organismos nocivos,

entre los cuales destacan los pulgones o áfidos, siendo *Myzus persicae* (Sulzer) una de las especies que comúnmente se encuentra en el cultivo (2).

Este grupo de insectos extrae savia y nutrientes al alimentarse, de ahí que puede provocar el marchitamiento y en algunos casos, cuando son muy abundantes, la muerte de las plantas. Además, las secreciones salivales de algunas especies de este tipo de parásito son fitotóxicas, por lo que retrasan el crecimiento de la planta, provocan la deformación de las hojas y la formación de agallas (3).

*Correspondencia a: Ileana Miranda Cabrera. E-mail: ileanam@censa.edu.cu

Recibido: 04/02/2023

Aceptado: 20/03/2023

Al mismo tiempo, *Myzus persicae* (Sulzer) puede transmitir enfermedades virales, aún con densidades poblacionales relativamente bajas, lo que puede conducir a la reducción del rendimiento y afectar la calidad del tubérculo (3).

Es de señalar, que la relación entre la densidad de las plagas y las pérdidas en los cultivos está fuertemente influenciada por la heterogeneidad espacial de las mismas y por sus patrones de distribución dentro del campo (4).

De manera que, en los agroecosistemas, es pertinente poder predecir con exactitud la ubicación de las plagas en las distintas fases del cultivo, con el fin de evaluar los puntos de arribo, cuantificar su dispersión o restringir los tratamientos para su control en determinadas superficie (4, 5).

Este trabajo está orientado a determinar el patrón de la disposición espacial de *M. persicae* y predecir la evolución de su dispersión en un cultivo de papa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba (23°00'06.5" N, 82°08'29.4" W), de acuerdo con el sistema de coordenadas Cuba Norte y Proyección Cónica Conforme de Lamber.

Se monitoreó un superficie de 0,5 ha de papa de la variedad 'Gazelle' plantada el 13 de enero de 2022 a una distancia de siembra de 0,30 x 0,90 m. La superficie evaluada colinda al oeste con otros cultivares de papa, al sur con un sembrado de frijoles y al norte y el este con vegetación arvense (Fig. 1A). Se realizaron muestreos con una frecuencia semanal, a partir de los 28 días después de la fecha de plantación hasta la muerte de las plantas. Se observó un total de 40 plantas ubicadas a distancias fijas y georreferenciadas; 30 en las diagonales y el resto distribuidas,

perpendicularmente, en los extremos y en el centro del campo (Fig. 1B). En cada planta se realizó el conteo de los áfidos presentes y se recolectaron muestras para su identificación.

Se determinó la densidad poblacional de áfidos por muestreo y se realizó el análisis exploratorio de esta variable mediante el cálculo de los estadígrafos simples. Para determinar la disposición espacial de los áfidos, se calcularon los índices de distribución asociados a unidades de muestreos no necesariamente contiguas (Tabla 1) (6).

Para predecir la evolución de la dispersión de la población, se realizó el estudio geoestadístico de los datos (11). Se representó la superficie de los modelos espaciales de dispersión de cada muestreo asociados a los semivariogramas. Se empleó la Técnica Análisis Espacial por Interpolación lineal (Kriging), utilizando el paquete geoR de R versión 4.2.1 y para la representación espacial se empleó el sistema Surfer V. 16.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 90 % de las especies de áfidos identificadas, a partir de las muestras recolectadas, se correspondieron con individuos de *M. persicae* y el resto se ubicó en los géneros *Aphis* Linneo, 1758 y *Aulacorthum* Mordvilko, 1914.

Esta especie se ha convertido en una de las plagas más importantes del mundo, debido a su amplia gama de hospedantes, su frecuente aparición, rápida diseminación y magnitud de los daños que ocasiona (12, 13). También se considera el más eficiente vector de virus (14), al ser capaz de transmitirlo en más de 100 especies diferentes de plantas (15). La incidencia de *M. persicae* se aprecia desde el segundo muestreo (35 días después de la plantación: DDP) con una densidad promedio de 0,53 áfidos por planta, cifra que se puede considerar baja. En la segunda fecha de mues-

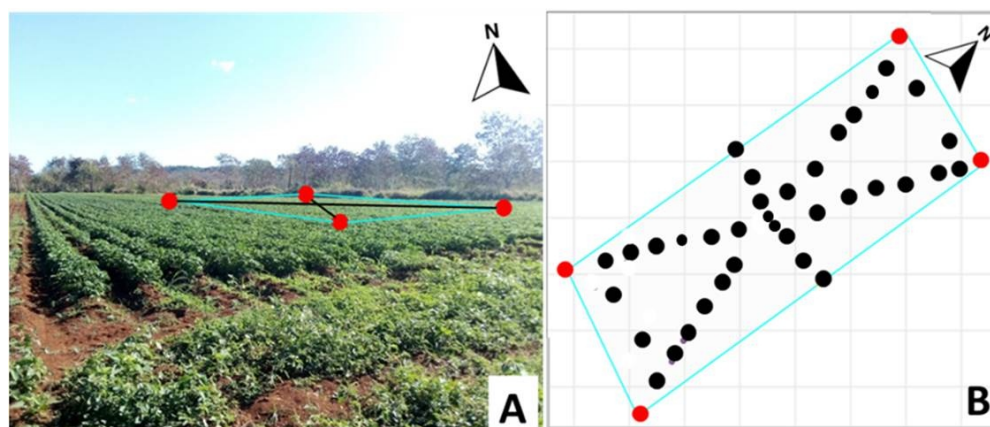


Figura 1. Cultivo de papa (variedad 'Gazelle') monitoreado en áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba. A. ubicación de la superficie muestreada; B. distribución y orientación de los puntos muestreados en el cultivo. /Potato crop ('Gazelle' variety) monitored in experimental areas of the National Institute of Agricultural Sciences (INCA), Mayabeque, Cuba. A. location of the sampled area; B. distribution and orientation of the points sampled in the crop.

treo fue inferior (0,15 áfidos/planta). Para las últimas fechas muestreadas se evidenció un aumento en la cantidad de áfidos por planta (en promedio 3,50 áfidos) con la mayor dispersión de la población en el último muestreo (55 DDS: S2= 24,21) (Tabla 2).

Según, Giordanengo *et al.* (16) las poblaciones de *M. persicae* rara vez alcanzan densidades poblacionales suficientemente altas, como para causar un daño evidente por alimentación directa. Sin embargo, este áfido, aún en bajas densidades, es vector competente del virus del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV)(17) y el virus Y de la papa (PVY)(18, 19). Por esta razón, representan una gran amenaza para la producción comercial de papa, de ahí la importancia del seguimiento de sus poblaciones en este cultivo (20).

Los índices de disposición calculados indicaron una distribución agregada de los áfidos en la mayoría de las fechas de muestreo, excepto el índice de Morisita para el segundo muestreo, donde se presentó un patrón de distribución uniforme (55 DDS: Iδ=0,46) (Tabla 2). Estos resultados se corresponden con los reportados para otras especies de áfidos en otros cultivos (5, 19, 20), así como para *M. persicae* en pimiento (*Capsicum annum* L.) (21).

En general, los patrones de distribución de poblaciones de artrópodos, incluidos los pulgones, en ecosistemas agrícolas suelen presentar algún nivel de agregación (19, 22). Este tipo de distribución puede ser el resultado de factores físicos que favorecen un

ambiente heterogéneo, por lo cual no todas las áreas son igualmente atractivas o receptivas para los insectos. De igual manera, pueden jugar un papel significativo factores biológicos, como el tipo de reproducción, la acción localizada de enemigos naturales o el despliegue de ciertas conductas sociales (25, 26, 27).

En el caso de poblaciones de insectos plaga, capaces de alcanzar altas densidades de individuos en determinadas zonas y que presentan gran movilidad dentro de los cultivos, es posible que una distribución agregada provoque un mayor impacto en el rendimiento, respecto al previsto para una población equivalente que este distribuida de manera uniforme o al azar (4).

En los mapas de predicción de la densidad de individuos en puntos no muestreados (Fig. 2), se observó que la distribución espacial agregada de *M. persicae* en el cultivo de papa fue temporal y espacialmente heterogénea en las distintas fechas de muestreo.

Inicialmente (35 DDS) los áfidos se concentran en una gran colonia en contacto con el borde este del campo, y se notan las primeras proyecciones de densidades medias y bajas hacia el oeste, aunque no llegan a alcanzar la totalidad de esta zona ni a formar grupos individuales.

Este arreglo cambia completamente para la segunda fecha (42 DDS), para la que se predice un foco de agregación de elevada densidad de individuos que tiene su centro en el borde norte, con una proyección hacia el borde este de dos pequeños centros de agregación de densidades medias y bajas y dos grupos

Tabla 1. Índices de disposición espacial empleados cuando las unidades de muestreo no están necesariamente contiguas. / Spatial pattern Indices used when the sampling units are not necessarily contiguous.

Autor	Índice	Umbral
Fisher <i>et al.</i> (7)	$I_F = \frac{S^2}{\bar{X}}$	>1 agregado 1 aleatorio <1 uniforme
David y Moore (8)	$ICS = \frac{S^2}{\bar{X}} - 1$	>0 agregado 0 aleatorio <0 uniforme
Morisita (9)	$I_\delta = \frac{n\bar{X}IP}{n\bar{X} - 1}$	>1 agregado 1 aleatorio <1 uniforme
Lloyd (10)	$IP = \frac{\bar{X} + \frac{S^2}{\bar{X}} - 1}{\bar{X}}$	Tamaño del agregado

Tabla 2. Incidencia y distribución espacial de *Myzus persicae* en cultivo de papa de la variedad 'Gazelle' en las áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba./Incidence and spatial distribution of *Myzus persicae* in a potato crop of 'Gazelle' variety in the experimental areas of the National Institute of Agricultural Sciences (INCA), Mayabeque, Cuba.

DDS	media	varianza	Índices de disposición espacial			
			IF	ICS	IP	Iδ(
35	0,53	2,92	5,57	4,57	5,09	5,35
42	0,15	0,18	1,23	0,23	0,38	0,46
50	3,45	18,58	5,38	4,38	7,83	7,89
55	3,55	24,21	6,82	5,82	9,37	9,44

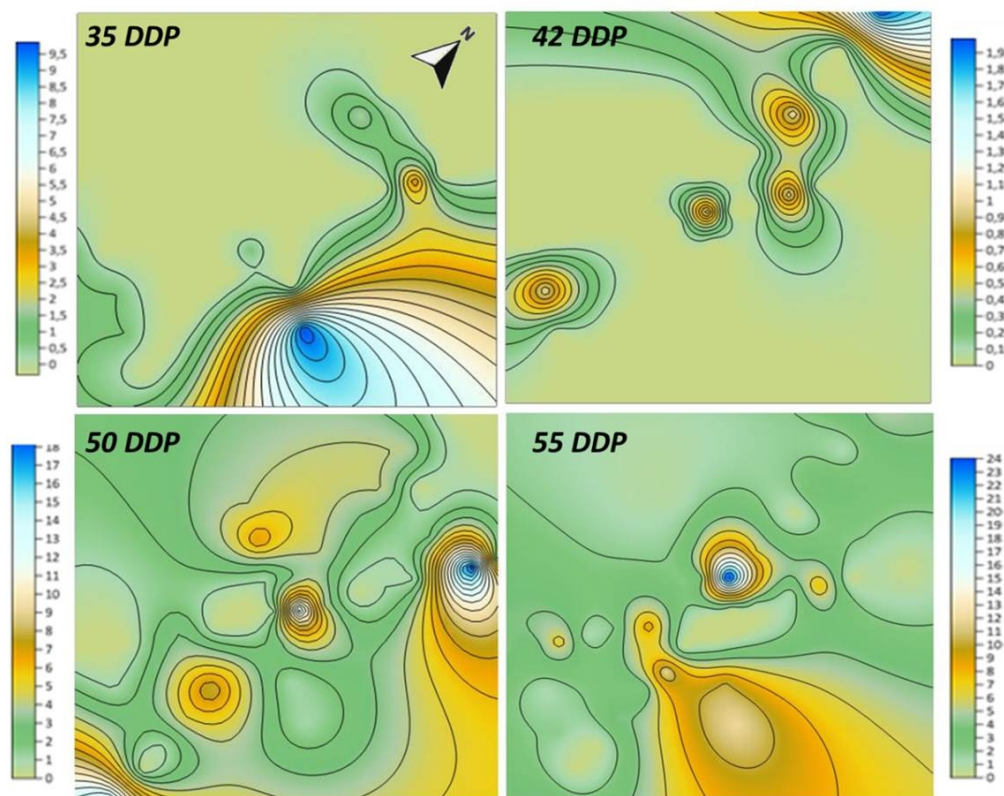


Figura 2. Pronóstico de la dispersión de *Myzus persicae* en cultivo de papas de la variedad 'Gazelle' en las áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) provincia Mayabeque, Cuba (periodo octubre-diciembre 2020). / Forecast of the dispersion of *Myzus persicae* in a potato crop of the 'Gazelle' variety in the experimental areas of the National Institute of Agricultural Sciences (INCA), Mayabeque province, Cuba (October-December 2020).

pequeños individuales, uno en el centro y otro en contacto con el borde sur del campo.

Para la tercera fecha (50 DDS), se distinguen predicciones para la mayor parte del área plantada, siendo evidente la formación de varios agregados; tres de elevada densidad de individuos, dos de ellos ubicados hacia los bordes y uno en el centro del campo. Además, en la zona central se aprecian dos grupos de densidad media.

Para la última fecha (55 DDS), destaca solamente la predicción de un agregado de elevada densidad de individuos en el centro del área cultivada y de una gran área para densidades medias, que alcanza el borde este de la misma.

En general, en las predicciones se observa que, aunque existen zonas de densidad variable de áfidos, se estima que la población invadirá gran parte del campo (Fig. 2), sugiriendo que una proporción considerable de individuos logra establecerse con éxito en este cultivo.

La ubicación en el campo, el tamaño y densidad de los agregados de *M. persicae* en el cultivo de la papa fueron muy variables (Fig. 2). Estos resultados coinciden con los reportados por Fievet *et al.* (5) para pulgón de los cereales *Sitobion avenae* F. durante el periodo vegetativo del trigo. En este estudio se eviden-

ció que la distribución espacial y el tamaño medio de las colonias de las poblaciones del áfido cambiaban muy rápidamente y que los agregados experimentaban reestructuración, especialmente a pequeña escala.

Al parecer, *M. persicae* en papa sigue una tendencia en la que los agregados surgen en los bordes y se desplazan hacia la zona central del cultivo (Fig. 2). Es probable que ese tipo de dinámica espacial esté dirigida mayormente por el proceso de colonización. En este sentido se ha descrito que los áfidos colonizan el cultivo de la papa desde sus alrededores. Usualmente, las formas aladas protagonizan esta invasión y no siempre se distribuyen de una forma aleatoria. Las colonias de pulgones se forman alrededor de los alados establecidos con éxito, lo cual resulta en una distribución agregada de ápteros, incluso al principio de la colonización, cuando las densidades totales son bajas (19). Las colonias formadas se redistribuyen en el cultivo de acuerdo a su preferencia para alimentarse y reproducirse, así como a la disponibilidad, calidad y fenología de las plantas hospedantes y al clima. Es la capacidad de las poblaciones de pulgones de desplazarse caminando o volando dentro de los cultivos lo que, fundamentalmente, determinará la propagación de enfermedades; incluso, pequeñas poblaciones de áfidos que sean extremadamente móviles pueden infestar un gran número de plantas (26).

Este patrón contrasta con la tendencia general de la distribución de los áfidos; se ha propuesto que la fase inicial de la colonización es aleatoria y deviene contagiosa, en la medida que cada áfido logre reproducirse y aumentar su población (27).

En este trabajo se confirma la distribución agregada de *M. persicae*, esta vez en el cultivo de la papa en nuestro país. Lo corroborado puede ser útil para establecer estrategias para el manejo de este insecto vector. El conocimiento del patrón de distribución espacial de las plagas permite diseñar programas de muestreos más orientados, seleccionar métodos adecuados para la selección de datos y estimar el tamaño de las poblaciones, entre otros (20, 28).

Por otra parte, la información que brinda la predicción calculada por el Kriging ordinario, permite conocer cómo se comporta la población de *M. persicae* en cuanto a densidad de individuos y su ubicación dentro del cultivo la papa. Este tipo de pronóstico favorece el desarrollo de estrategias de control de plagas, en las que la aplicación de las disímiles medidas se pueda orientar espacialmente. Obtener más información sobre la dispersión de los áfidos en el campo permite afinar las técnicas de control encaminadas, no solo a reducir su incidencia en el cultivo sino también a interrumpir el movimiento de los áfidos (26). El control dirigido permite a los agricultores planificar y aplicar estrategias de manejo para reducir el impacto de plagas en el rendimiento (29), con los consiguientes ahorros económicos y beneficios medioambientales (4,28).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al técnico Livan Luzardo por su contribución en el posicionamiento de los puntos de muestreo, asentamiento de los datos e identificación de muestras, y también a Leonel Reyes Paseiro por su participación en los muestreos, toma de fotos, ubicación y georeferenciación de los puntos muestreados. Asimismo, el agradecimiento a Adayakni Sánchez Castro y Lizandra Guerra Arzuaga por su colaboración durante los muestreos.

La investigación que da origen a los resultados presentados en la presente publicación recibió fondos de la Oficina de Gestión de Fondos y Proyectos Internacionales bajo el código PN211LH009-012, referido al proyecto “Pronóstico de la distribución de las principales plagas de *Solanum tuberosum* L. en correspondencia con el desarrollo del cultivo en escenarios climáticos futuros”, perteneciente al Programa Nacional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Cuba.

REFERENCIAS

1. Roberqui MM, Mompié EJ. Evaluación del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum*, L.) a par-

- tir del comportamiento de las temperaturas. Cultivos Tropicales [Internet]. 2015;1(36):93-7. Recuperado: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/945>
2. Van Emden HF, Harrington R. Aphids as crop pest [Internet]. Vol. 5 Cambridge, USA: CABI Digital Library; 2007 [citado. Recuperado: <http://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9780851998190.0000>
3. Xu Y, Gray SM. Aphids and their transmitted potato viruses: A continuous challenge in potato crops. J Integr Agric. 2020;19(2):367-75. DOI: [10.1016/S2095-3119\(19\)62842-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62842-X)
4. Ferguson AW, Klukowski Z, Walczak B, Clark SJ, Mugglestone MA, Perry JN. Spatial distribution of pest insects in oilseed rape: Implications for integrated pest management. Agric Ecosyst Environ. 2003;95(2-3):509-21. DOI: [10.1016/S0167-8809\(02\)00200-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00200-1)
5. Fievet V, Dedryver CA, Plantegenest M, Simon JC, Outreman Y. Aphid colony turn-over influences the spatial distribution of the grain aphid *Sitobion avenae* over the wheat growing season. Agric For Entomol. 2007;9(2):125-34. DOI: [10.1111/j.1461-9563.2007.00331.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2007.00331.x)
6. Ledo A, Condés S, Montes F. Revisión de índices de distribución espacial usados en inventarios forestales y su aplicación en bosques tropicales. Revista Peruana de Biología. 2012; 19(1):113-24. DOI: [10.15381/rpb.v19i1.799](https://doi.org/10.15381/rpb.v19i1.799)
7. Fisher MA, Thornton HG, Mackenzie WA. The accuracy of the plating method of estimating the density of bacterial populations with particular reference to the use of thornions agar medium with soil samples. Ann Appl Biol. 1922; 9(3-4): 325-59. DOI: [10.1111/j.1744-7348.1922.tb05962.x](https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1922.tb05962.x)
8. David FN, Moore PG. Notes on contagious distributions in plant populations. Ann Bot. 1954;18(1):47-53. DOI: [10.1093/oxfordjournals.aob.a083381](https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a083381)
9. Morisita M. Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. Mem Fac Sci Kyushu Univ Ser E. 1959;2(4):22.
10. Lloyd M. Mean Crowding. J Anim Ecol. 1967;36(1):1. DOI: [10.2307/3012](https://doi.org/10.2307/3012)
11. Gallardo A. Geostadística. Ecosistemas. 2006;15(3):48-58.
12. Sharma S, Sood AK, Ghongade DS. Assessment of losses inflicted by the aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) to sweet pepper under protected environment in northwestern Indian Himalayan region. Phytoparasitica. 2022;50(1):51-62. DOI: [10.1007/s12600-021-00951-7](https://doi.org/10.1007/s12600-021-00951-7)
13. He Y, Jiang W, Ding W, Chen W, Zhao D. Effects of PVY-Infected Tobacco Plants on the Adaptation of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphid-

- didae). *Insects*. 2022;13(12):1-12. DOI: [10.3390/insects13121120](https://doi.org/10.3390/insects13121120)
14. Walker SR. Incremento poblacional de *Myzus persicae* (Sulzer) sobre tres crucíferas hortícolas en laboratorio. *Agric Técnica*. 2003;63(1):10-4. DOI: [10.4067/S0365-28072003000100002](https://doi.org/10.4067/S0365-28072003000100002)
 15. Musa F, Krasniqi D, Musa S. Aphid complex associated with potato in agro-climatic conditions of Kosovo. *Agron Res*. 2020;18(1):206-15.
 16. Giordanengo P, Vincent C, Alyokhin A, editor. *Insect Pests of Potato*. Oxford, UK: Elsevier Inc; 2013.
 17. Pinheiro PV, Wilson JR, Xu Y, Zheng Y, Rebelo AR, Fattah-Hosseini S, et al. Plant viruses transmitted in two different modes produce differing effects on small RNA-mediated processes in their aphid vector. *Phytobiomes J*. 2019;3(1):71-81. DOI: [10.1094/PBIOMES-10-18-0045-R](https://doi.org/10.1094/PBIOMES-10-18-0045-R)
 18. Alvarez AE, Garzo E, Verbeek M, Vosman B, Dicke M, Tjallingii WF. Infection of potato plants with potato leafroll virus changes attraction and feeding behavior of *Myzus persicae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2007;125(2):135-44. DOI: [10.1111/j.1570-7458.2007.00607.x](https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2007.00607.x)
 19. Srinivasan R, Alvarez JM. Effect of Mixed Viral Infections (Potato Virus Y-Potato Leafroll Virus) on Biology and Preference of Vectors *Myzus persicae* and *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae). *J Econ Entomol*. 2007; 100(3): 646-55. DOI: [10.1093/jee/100.3.646](https://doi.org/10.1093/jee/100.3.646)
 20. Kolychikhina MS, Beloshapkina OO, Phiri C. Change in potato productivity under the impact of viral diseases. *Conf Ser: Earth Environ Sci*. 2021;663:012035. DOI: [10.1088/1755-1315/663/1/012035](https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012035)
 21. Verma SC, Negi S. Spatial distribution of green peach aphid, *Myzus persicae* Sulzer and its parasitoid, *Aphelinus asychis* Walker in bell pepper under polyhouse conditions. *J Entomol Zool Stud*. 2018;6(3):776-80.
 22. Taylor LR. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annu Rev Entomol*. 1984;29:321-58. DOI: [10.1146/annurev.en.29.010184.001541](https://doi.org/10.1146/annurev.en.29.010184.001541)
 23. Cadahia D. Repartición espacial de las poblaciones en Entomología aplicada. *Bol Serv Plagas*. 1977;3(1):219-33.
 24. Elliott N, Kieckhefer RW. Response by coccinellids to spatial variation in cereal aphid density. *Popul Ecol*. 2000;42(1):81-90. DOI: [10.1007/s101440050012](https://doi.org/10.1007/s101440050012)
 25. Nilsen C, Paige J, Warner O, Mayhew B, Sutley R, Lam M, et al. Social aggregation in pea aphids: Experiment and random walk modeling. *PLoS One*. 2013;8(12):e83343. DOI: [10.1371/journal.pone.0083343](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083343)
 26. Narayandas GK, Alyokhin AV. Interplant movement of potato aphid (Homoptera: Aphididae) in response to environmental stimuli. *Environ Entomol*. 2006;35(3):733-9. DOI: [10.1603/0046-225X-35.3.733](https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.3.733)
 27. Southwood TRE, Henderson PA, editor. *Ecological Methods*. 3.^a ed. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd Editorial Offices; 2000.
 28. González Andújar J, Ocete Rubio R, López Martínez M, Ramírez Dávila J. Modelización y mapeo de la distribución espacial de las ninfas del mosquito verde "*Jacobiasca lybica*" (Bergevin & Zanon) (Hemiptera, Cicadellidae) en viñedo. *Boletín Sanid Veg Plagas*. 2005;31(1):119-32.
 29. Codod CB, Severns PM, Sparks AN, Srinivasan R, Kemerait RC, Dutta B. Characterization of the spatial distribution of the whitefly-transmitted virus complex in yellow squash fields in Southern Georgia, USA. *Front Agron*. 2022;4:1-21. DOI: [10.3389/fagro.2022.930388](https://doi.org/10.3389/fagro.2022.930388)

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores: Lázaro Cuellar Yanes **Análisis formal, Curación de datos, Investigación, Escritura-Borrador original, Redacción: Revisión y Edición.** María de los A. Martínez Rivero **Investigación, metodología, Redacción: Revisión y Edición.** Leticia Duarte Martínez **Supervisión, Redacción: Revisión y Edición.** Heyker L. Baños Díaz **Supervisión, Redacción: Revisión y Edición.** Ileana Miranda Cabrera **Conceptualización, Administración de proyectos, metodología, software, visualización, Redacción: Revisión y Edición.**

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)