

CONTROL QUÍMICO DE *Solenopsis invicta* (Buren, 1972) (HYMENOPTERA: FOMICIDAE) EN IRAPUATO, GUANAJUATO, MÉXICO

Oscar Alejandro Martínez-Jaime, Manuel Darío Salas-Araiza✉, Rafael Guzmán-Mendoza, Gustavo Iván Ramírez-Aza y Andrés Balboa-Alcocer

Departamento de Agronomía, División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. Ex-Hacienda "El Copal", Km. 9; carretera Irapuato-Silao. C. P. 36500. Irapuato, Guanajuato, México. Teléfono y Fax 01 462 62 41889.

Autor de correspondencia: dariosalasarai@hotmai.com.

RESUMEN. Debido a la importancia de la hormiga roja de fuego *Solenopsis invicta* como especie con alto potencial invasor en áreas agrícolas y urbanas para México, se planteó el presente trabajo con el objetivo de comparar la eficacia de los ingredientes activos: cipermetrina, imidacloprid y malatión para el control de *S. invicta* en Irapuato, Guanajuato, México. El estudio se llevó a cabo del 27 de marzo al 4 de abril de 2017, utilizando un trozo de salchicha como trampa de captura para contabilizar el número de hormigas antes (lectura 0) y después de la aplicación de los tratamientos con insecticidas (lecturas 1, 2, 3 y 4). Con la prueba de ji-cuadrada se compararon las proporciones medias de reducción poblacional de hormigas de los tratamientos y un testigo (agua). Adicionalmente, con la prueba de medidas repetidas se compararon las medias de las proporciones de los tratamientos a lo largo de los ocho días que abarcó el experimento, resultando que los tres ingredientes activos evaluados mostraron eficacia estadísticamente igual en el control de esta hormiga, por lo que su elección dependerá de su toxicidad, residualidad, impacto ambiental y precio. Finalmente, se sugiere determinar y evaluar los enemigos naturales de este himenóptero para la región del Bajío, lo cual aunado al control cultural y/o mecánico, permitirán proponer estrategias adecuadas de manejo integrado de esta especie.

Palabras clave: Control de plagas, hormiga roja de fuego, insecticidas, trampa cebada.

Chemical Control of *Solenopsis invicta* (Buren, 1972) (Hymenoptera: Formicidae) in Irapuato, Guanajuato, México

ABSTRACT. Due to the importance of the red fire ant *Solenopsis invicta* as a species with high invasive potential in agricultural and urban areas for Mexico, the present work was proposed in order to compare the efficacy of the active ingredients: cypermethrin, imidacloprid and malathion for the control of *S. invicta* in Irapuato, Guanajuato, Mexico. The study was carried out from March 27 to April 4, 2017, using a piece of sausage as a capture trap to count the number of ants before (reading 0) and after the application of the insecticides treatments (readings 1, 2, 3 and 4). With the chi-square test the mean proportions of population reduction of ant from the treatments and a control (water) were compared. Additionally, with the repeated measurements test, the means of the treatments proportions were compared over the eight days that the experiment covered, resulting that the three evaluated active ingredients showed statistically equal efficacy in the control of this ant, so that its choice will depend on its toxicity, residuality, environmental impact and price. Finally, it is suggested to determine and evaluate the natural enemies of this ant for the Bajío region, which together with the cultural and/or mechanical control, will allow proposing adequate integrated management strategies for this species.

Key words: Pest control, red fire ant, insecticides, baited trap.

INTRODUCCIÓN

La hormiga roja de fuego *Solenopsis invicta* (Buren) (Hymenoptera: Formicidae) es originaria de Sudamérica, se cree que fue introducida a Estados Unidos de América en 1930 (Morrison *et al.*, 2004), aunque inicialmente fue reportada por primera vez en 1942 (Tschinkel, 2006), presentando una dispersión rápida para los estados de Texas, Nuevo México, Arizona y California (Jacobson *et al.*, 2006). Esta hormiga debido a características como la elevada tasa reproductiva, omnivorismo, habilidad para diseminarse, comportamiento agresivo y poca efectividad de sus enemigos

naturales, ha ocasionado que alcance altas densidades y una amplia distribución como especie invasora en varias partes del mundo, como en el Caribe (Davis *et al.*, 2001), Nueva Zelanda (Corin *et al.*, 2008), Australia (Natrass y Vanderwoude, 2001), China (Xiong *et al.*, 2008) y Taiwan (Yang *et al.*, 2009). En México se ha reportado para los estados de Tamaulipas, Coahuila y Nuevo León, aunque también fue ubicada en Tabasco (Sánchez-Peña *et al.*, 2005; Vásquez-Bolaños, 2015). En el estado de Guanajuato, se observó por primera ocasión en plantaciones de alfalfa, fresa y frijol un promedio de 280 nidos de *S. invicta* por hectárea (Salas-Araiza *et al.*, 2012).

Se sabe que *S. invicta* es una especie generalista con amplio espectro de alimentación (Lassau y Hochuli, 2004), se le ha visto depredando huevos, larvas y adultos de diversos insectos (Panizzi, 2004), consumiendo mielecilla de diferentes áfidos (Rice y Eubanks, 2013), por lo que pueden ser consideradas hormigas depredadoras, herbívoras e incluso carroñeras (Wilson y Hölldobler, 2005). Colonizan hábitats naturales y desplazan a otras hormigas nativas así como a otros himenópteros, tal es el caso de las colmenas de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), a las que les roban miel almacenada, polen e inclusive larvas y pupas, teniendo un impacto ecológico devastador para la agricultura. Diversos estudios reportan a esta hormiga afectando cultivos como papa, soya y algodón (Holway *et al.*, 2002). Se ha determinado que su presencia aumenta la abundancia de áfidos vectores de virus en tomate, debido a la asociación mutualista que guardan entre sí, ya que las hormigas los protegen a cambio de la mielecilla que estos últimos producen (Coppler *et al.*, 2007). Otra característica peculiar de la hormiga de fuego, es que utiliza túneles subterráneos para forrajear, de manera que se reducen tanto el impacto de sus depredadores en la colonia, como el efecto que provocan las altas temperaturas en la superficie del nido (Calcaterra *et al.*, 2008).

Las pérdidas económicas para tratar de eliminar *S. invicta* han sido cuantiosas para países como Estados Unidos de América, Australia y Nueva Zelanda (Gutrich *et al.*, 2007). Dentro de las estrategias empleadas en los programas de manejo de esta especie, se han incluido métodos culturales, de control biológico y uso de insecticidas. En el caso de estos últimos, si la formulación del ingrediente activo es un concentrado emulsionable, se puede asperjar directamente en la superficie de los montículos para disminuir el número y actividad de las hormigas rápidamente (una hora), o en forma lenta (cuatro a seis semanas) si se colocan cebos con productos en formulación granulada (Drees *et al.*, 2013), estos atrayentes son situados en forma de cebos en la parte superior del domo para que las hormigas puedan alimentarse de ellos (Schofield *et al.*, 2010).

El objetivo del presente estudio fue comparar la eficacia de tres ingredientes activos, un piretroide (cipermetrina), un neonicotinoide (imidacloprid) y un organofosforado (malatión), mediante la utilización de una trampa cebada como atrayente, para el control de *S. invicta* en Irapuato, Guanajuato, México.

MATERIALES Y MÉTODO

El presente estudio se realizó en el periodo comprendido del 27 de marzo al 4 de abril de 2017, en el campo experimental del Departamento de Agronomía de la División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato, ubicado en Irapuato, Guanajuato (20°44'39" N, 101°19'39" O) a 1757 msnm, con clima BS(hw)(h)(e) semicálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 2004), presentando una temperatura media anual de 19.4 °C y precipitación de 650 mm anuales (CONAGUA, 2017). Se consideró un área agrícola de aproximadamente dos hectáreas, en donde fueron localizados 16 hormigueros con colonias de *S. invicta* observando densidades similares entre ellas, seguido de esto se procedió a identificar grupos de cuatro montículos en forma aleatoria marcándolos con estacas de un color diferente para cada grupo, identificándolos así para una posterior aplicación de cada tratamiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos (ingredientes activos, nombres comerciales, formulación y costos) utilizados en el control de *S. invicta* en Irapuato, Guanajuato, México.

Tratamiento	Ingrediente activo	Nombre comercial	Formulación	\$/lt
T ₁	Cipermetrina	Cyperel	25 EC	170
T ₂	Imidacloprid	Imidacloprid	70 PH	505
T ₃	Malathion	Malathion	57 EC	190
T ₄	Agua (Testigo)	-----	-----	-----

En el inicio del experimento (27 de marzo de 2017) se cuantificó la densidad poblacional inicial (lectura 0) de la hormiga roja de fuego en cada domo antes de aplicar los tratamientos, mediante la utilización de un rastrillo agrícola manual, se raspó cada domo contando diez pasadas del rastrillo para uniformizarlo en los 16 nidos, luego se colocó un trozo de salchicha (FUD®) de 3 cm de longitud por un lapso de 10 minutos en cada túmulo perturbado, previa utilización de guantes de hule para no contaminar el cebo con el olor de la mano, pasado este tiempo se retiró la porción de salchicha y se introdujo a un frasco con alcohol, marcado con el número de hormiguero y de tratamiento, posteriormente se llevaron al Laboratorio de Entomología del Departamento de Agronomía y así efectuar el conteo de especímenes. Enseguida se aplicaron los tratamientos utilizando 16 salchichas, las cuales fueron asperjadas con cada insecticida y el agua, en grupos de cuatro; las dosis usadas de los ingredientes activos, se realizaron de acuerdo a lo indicado en la etiqueta de cada producto. Transcurridas cuatro horas se efectuó la lectura 1; al día siguiente la lectura 2, a los tres días la lectura 3 y a los ocho días después de las aplicaciones de los tratamientos se tomó la lectura 4, siguiendo el mismo procedimiento utilizado para el registro de la población inicial.

El número total de individuos de *S. invicta* de la lectura 0 se consideró como el 100 % de la densidad poblacional de cada uno de los 16 hormigueros, con los datos obtenidos en las cuatro lecturas posteriores, se calculó el porcentaje de reducción de la población para cada fecha de conteo siempre con respecto a la lectura 0, después se aplicó la prueba de ji-cuadrada para la comparación de las proporciones medias de los tratamientos en cada lectura (1 a 4). Adicionalmente, utilizando nuevamente estos mismos porcentajes de disminución de individuos y con el fin de realizar un análisis de resultados que permitiera el empleo de todas las lecturas, se aplicó la prueba no paramétrica de medidas repetidas, puesto que se contabilizó el número de hormigas en cada montículo (unidad experimental) a través del tiempo (cinco fechas de conteos). Los datos obtenidos fueron analizados con en el paquete estadístico SAS/STAT (SAS, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la lectura 1 (cuatro horas posteriores a la aplicación de los tratamientos), el valor del estadístico de la prueba ji-cuadrada fue $\chi^2 = 227.8$ con probabilidad $P = 0.0^*$, concluyéndose que existieron diferencias significativas de tres proporciones con respecto a la proporción media general para esta lectura (80.0 %), obteniendo el tratamiento T₁ (cipermetrina) un 96.3 %* y el T₂ (imidacloprid) un 95.4 %* de reducción poblacional de hormigas, siendo los de mejor control inmediato, ya que lograron reducir drásticamente la presencia y actividad de la colonia en la superficie del montículo, mientras que el T₃ (malatión) presentó el 81.7 % y fue el único tratamiento estadísticamente igual a la proporción media global de acuerdo con esta prueba, por último el tratamiento de testigo T₄ (agua) tan solo registró un 37.3 %* de disminución, esto se debió claramente al efecto de los insecticidas. La lectura 2 (un día después de aplicados los tratamientos), mostró un valor de $\chi^2 = 99.8$ con probabilidad $P = 0.0^*$, con diferencias significativas de las cuatro proporciones con relación a la proporción media general (85.8 %), con los porcentajes de

abatimiento en el orden siguiente, el T₂ con el 93.1 %*, el T₃ con el 92.7 %*, el T₁ con el 92.6 %* y finalmente el testigo T₄ con el 60.7 %*. El estadístico $\chi^2 = 90.3$ con probabilidad $P = 0.0^*$ fueron obtenidos para la lectura 3 (a tres días de la aplicación de los tratamientos), determinándose la misma conclusión que en la lectura 1, con una proporción media global de 87.7 % para este caso, correspondiendo a los tratamientos T₁ y T₂ porcentajes de 96.3 %* y 93.1 %*, respectivamente, seguidos del T₃ con 92.7 %, y el T₄ con 65.3 %*. La lectura 4 (ocho días más tarde de aplicados los tratamientos) registró un valor de $\chi^2 = 110.0$ con probabilidad $P = 0.0^*$ y una proporción media general de 84.2 %, con una conclusión idéntica a la de las lecturas 1 y 3, pero con porcentajes de control de 97.5 %* para T₁, 93.5 %* para T₂, 82.3 % para T₃ y 58.7 %* para T₄.

Finalmente, el estadístico de la prueba de medidas repetidas fue $F = 10.7$ con una probabilidad de $P = 0.001^*$, lo que indicó que al menos la media de un tratamiento es estadísticamente diferente a las demás a lo largo de las cinco fechas de conteo, posteriormente se aplicaron pruebas de t para cada par de medias de mínimos cuadrados, resultando que los primeros tres tratamientos se ubicaron en el grupo estadístico “a” con los porcentajes siguientes: T₁ con 96.6 %, T₂ con 95.0 % y T₃ con 90.0 %, mientras que en el grupo “b” solamente se tuvo al tratamiento control T₄ con 64.4 %, por lo que se observó una tendencia similar en los insecticidas para controlar la hormiga en cada lectura usando las pruebas de ji-cuadrada, deduciéndose que hubo consistencia en ambas pruebas estadísticas, es decir, los ingredientes activos evaluados mostraron una eficacia similar en el control de *S. invicta*, por lo menos durante los ocho días que abarcó el presente estudio.

En todos los conteos se observó una disminución de la población de *S. invicta*, no solamente en los hormigueros donde se aplicaron los insecticidas, sino también en aquellos donde se suministró agua (testigo), lo cual podría explicarse por el hecho de que se trata de una especie poligínica (Deyrup *et al.*, 2000), es decir, es muy probable que existieran varias reinas y que tal vez algunos nidos estuvieran interconectados, lo que provocó que resultaran afectados por las aplicaciones de insecticidas. Esto posiblemente demuestre la alta capacidad de reproducción y supervivencia de este formícido, con el resurgimiento nuevamente de la colonia como lo señalan Oi *et al.* (2008); en muchos casos la hormiga al combatirla no muere, al respecto Huang *et al.* (2016) observaron que los tratamientos químicos de origen orgánico dejan al formícido vivo, pero con deficiencias locomotrices.

En este trabajo, el control de la hormiga roja de fuego con los insecticidas utilizados fue estadísticamente igual, por lo que para una elección adecuada del ingrediente activo, se deben considerar además otros aspectos, tales como la toxicidad, residualidad, impacto ambiental y precio de los productos; sin embargo, la cipermetrina fue el ingrediente activo que logró una eficacia ligeramente superior en la mayor parte de los conteos (Fig. 1), lo que coincidió con lo encontrado por McCoy *et al.* (2001), quienes determinaron que el uso de piretroides en trampas cebadas reducen el número de individuos de *S. invicta* durante las dos primeras semanas de manera importante, aunque también señalaron que después de algún tiempo la población se reestablece, esto puede atribuirse a los diferentes grados de sensibilidad de las fases de desarrollo de esta especie, particularmente las larvas del cuarto estadio, que debido a su fuerte actividad enzimática, mostraron la más baja sensibilidad a tres insecticidas, incluida la beta-cipermetrina (Yan *et al.*, 2011). En este sentido, Drees *et al.* (2013) manifestaron que el control químico solo proporciona periodos relativamente cortos de supresión de las colonias, requiriendo aplicaciones periódicas que incrementan los costos, pero aun así existe la posibilidad de que, si se mantienen las condiciones ambientales favorables para el insecto, en un periodo de alrededor de 18 meses, la colonia puede continuar con la reinvasión de áreas adyacentes.

Por la importancia que representa la erradicación de *S. invicta* una vez que logra adaptarse en una región, es necesario continuar estudiando estrategias de manejo integrado, que involucren no

solo el uso de productos químicos por mayores lapsos de tiempo que el que se presentó en este estudio, sino también el empleo de labores mecánicas y potenciales enemigos naturales como agentes de control biológico para esta zona en particular.

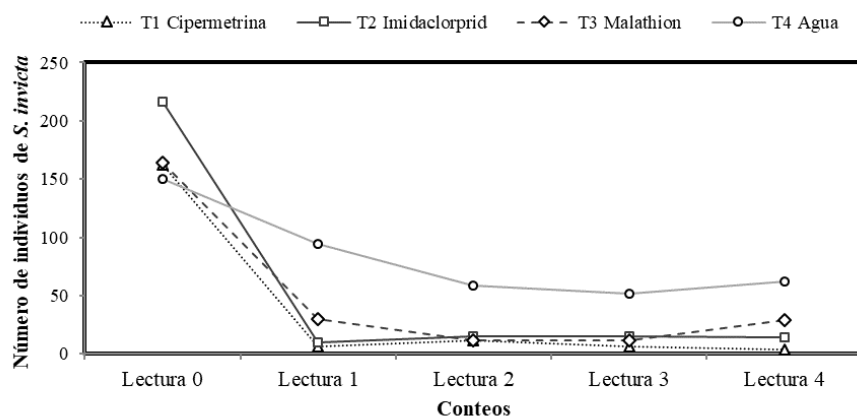


Figura 1. Número de individuos de *S. invicta* capturados a través de cinco conteos del 27 de marzo al 4 de abril de 2017 en Irapuato, Guanajuato, México.

CONCLUSIONES

El control de *S. invicta* fue similar con los ingredientes activos: cipermetrina, imidacloprid y malathion, durante los ocho días que abarcó el presente ensayo; por lo que es conveniente comparar precios para usar el producto más barato en aplicaciones para el control de esta hormiga.

Se considera como el primer trabajo relacionado con el control de la hormiga de fuego en El Bajío Guanajuatense, la cual está dispersándose cada vez más, afectando la producción hortícola y las áreas de esparcimiento.

Se recomienda hacer aplicaciones semanales en la misma colonia para evitar rebrotes, hasta comprobar que no haya actividad en el hormiguero.

Agradecimientos

A Carlos Blanco del USDA-APHIS Biotechnology Regulatory Service por sus valiosas sugerencias para la realización de este trabajo.

Literatura Citada

- Calcaterra, L. A., Livore, J. P., Delgado, A. and J. A. Briano. 2008. Ecological dominance of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*, in its native range. *Oecologia*, 156(2): 411–421. doi: [10.1007/s00442-008-0997-y](https://doi.org/10.1007/s00442-008-0997-y).
- CONAGUA. 2017. Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=181:guanajuato&catid=14:normales-por-estacion. (Fecha de consulta: 25-X-2017).
- Corin, S. E., Ritchie, P. A. and P. J. Lester. 2008. Introduction pathway analysis into New Zealand highlights a source population ‘hotspot’ in the native range of the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*). *Sociobiology*, 52: 129–143.
- Coppler, L. B., Murphy, J. F. and M. D. Eubanks. 2007. Red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) increase the abundance of aphids in tomato. *Florida Entomologist*, 90: 419–425. doi: [10.1653/0015-4040\(2007\)90\[419:RIFAHF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[419:RIFAHF]2.0.CO;2).
- Davis, L. R. Jr., Vander Meer, R. K. and S. D. Porter. 2001. Red imported fire ants expand their range across the West Indies. *Florida Entomologist*, 84: 735–736. doi: [10.2307/3496416](https://doi.org/10.2307/3496416).

- Deyrup, M., Davis, L. and S. Cover. 2000. Exotic ants in Florida. *Transactions of the American Entomological Society*, 126: 293–326.
- Drees, B. M., Calixto, A. A. and P. R. Nester. 2013. Integrated pest management concepts for red imported fire ants *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). *Insect Science*, 20(4): 429–438. doi: [10.1111/j.1744-7917.2012.01552.x](https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2012.01552.x).
- García, E. 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen: para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana*. Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F. 90 pp.
- Gutrich, J. J., Van-Gelder, E. and L. Loope. 2007. Potential economic impact of introduction and spread of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*, in Hawaii. *Environmental Science and Policy*, 10(7): 685–696. doi: [10.1016/j.envsci.2007.03.007](https://doi.org/10.1016/j.envsci.2007.03.007).
- Huang, S. Q., J. T. Fu., H. H. Xu. and Z. X. Zhang. 2016. Insecticidal activity of the methanol extract of *Pronephrum megacuspe* (Thelypteridaceae) and its active component on *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomologist*, 99(4): 634–638.
- Holway, D. A., Lach, L., Suárez, A. V., Tsutsui, N. D. and T. J. Case. 2002. The causes and consequences of ant invasions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33: 181–233. doi: [10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150444](https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150444).
- Jacobson, A. L. Thompson, D. C., Murray, L. and S. F. Hanson. 2006. Establishing guidelines to improve identification of fire ants *Solenopsis xyloni* and *Solenopsis invicta*. *Journal of Economic Entomology*, 99(2): 313–322. doi: [10.1093/jee/99.2.313](https://doi.org/10.1093/jee/99.2.313).
- Lassau, S. A. and D. F. Hochuli. 2004. Effects of habitat complexity on ant assemblages. *Ecography*, 27: 157–164. doi: [10.1111/j.0906-7590.2004.03675.x](https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2004.03675.x).
- McCoy, C. W., Stuart, R. J., Jackson, I., Fojtik, J. and A. Hoyte. 2001. Soil surface applications of chemical for the control of neonate *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) and their effect on ant predators. *Florida Entomologist*, 84(3): 327–335.
- Morrison, L. W., Porteer, S. D., Daniels, E. and M. D. Korzukhin. 2004. Potential global range expansion of the invasive fire ant *Solenopsis invicta*. *Biological Invasions*, 6: 183–191. doi: [10.1023/B:BINV.0000022135.96042.90](https://doi.org/10.1023/B:BINV.0000022135.96042.90).
- Nattrass, R. and C. Vanderwoude. 2001. A preliminary investigation of the ecological effects of red imported fire ants (*Solenopsis invicta*) in Brisbane. *Ecological Management and Restoration*, 2: 220–223.
- Oi, D. H., Williams, D. F., Pereira, R. M., Horton, P., Davis, T. S., Hyder, A. H., Bolton, H. T., Zeichner, B. C., Porter, S. D., Lynn, A., Boswell, M. L. and G. Williams. 2008. Combining biological and chemical controls for the management of red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *American Entomologist*, 54 (1): 46–55. <https://doi.org/10.1093/ae/54.1.46>.
- Panizzi, A. R. 2004. Southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae). Pp. 2057–2059. In: J. L. Capinera, (Ed.). *Encyclopedia of Entomology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Rice, K. B. and M. D. Eubanks. 2013. No enemies needed: cotton aphids (Hemiptera: Aphididae) directly benefit from red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) tending. *Florida Entomologist*, 96(3): 929–932. doi: [10.1653/024.096.0329](https://doi.org/10.1653/024.096.0329).
- Salas-Araiza, M. D., Mackay, W. P. and E. Salazar-Solís. 2012. First report of the red imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) from central Mexico. *Entomological News*, 122(1): 93–94. doi: [10.3157/021.122.0113](https://doi.org/10.3157/021.122.0113).
- Sánchez-Peña, S. R., Patrock, R. J. W. and L. A. Gilbert. 2005. The red imported fire ant is now in Mexico: Documentation of its wide distribution along the Texas–Mexico border. *Entomological News*, 116(5): 363–366.
- SAS, 1995. *User's guide for linear models*. Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.
- Schofield, K., Drees, B. M. and B. Summerlin. 2010. Worker ant foraging response on and near mounds of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren. *Southwestern Entomologist*, 35(4): 533–537. doi: [10.3958/059.035.0405](https://doi.org/10.3958/059.035.0405).

- Tschinkel, W. R. 2006. *The Fire Ants*. Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, USA. 723 pp.
- Vásquez-Bolaños, M. 2015. Taxonomía de Formicidae (Hymenoptera) para México. *Métodos en Ecología y Sistemática*, 10(1): 1–53.
- Wilson, E. O. and B. Hölldobler. 2005. The rise of the ants: A phylogenetic and ecological explanation. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 102: 7411–7414. doi: [10.1073/pnas.0502264102](https://doi.org/10.1073/pnas.0502264102).
- Xiong, Y., Chen, J. D., Gu, Z. Y., Wu, X. H., Wan, F. H. and X. Y. Hong. 2008. The potential suitability of Jiangsu Province, east China for the invasive red imported fire ant, *Solenopsis invicta*. *Biological Invasions*, 10: 475–481. DOI: [10.1007/s10530-007-9145-6](https://doi.org/10.1007/s10530-007-9145-6).
- Yan, Q., Zeng, X. N. and J. Z. Miao. 2011. Insecticide sensitive and metabolic enzyme activity of the larvae of the red imported fire ant (*Solenopsis invicta* Buren). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 27(18): 293–296.
- Yang, C. C. S., Shoemaker, D. D., Wu, J. C., Lin, Y. K., Lin, C. C., Wu, W. J. and C. J. Shih. 2009. Successful establishment of the invasive fire ant *Solenopsis invicta* in Taiwan: Insights into interactions of alternate social forms. *Diversity and Distributions*, 15(4): 709–719. doi: [10.1111/j.1472-4642.2009.00577.x](https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2009.00577.x).