

La microencapsulación en insecticidas: una opción eficaz para el control de artrópodos^φ

Wilbert A. Chi-Chim, Carlos Marcial Baak-Baak, Lourdes Talavera-Aguilar,
Julián E. García-Rejón*

Introducción

Algunos artrópodos, como mosquitos, garrapatas y pulgas, son vectores de enfermedades graves que afectan a millones de personas en todo el mundo (Acharya *et al.* 2021). La eliminación de los vectores, o transmisores de patógenos, es crucial para la prevención de enfermedades como el dengue, malaria, zika y chikungunya; sin embargo, los métodos convencionales para combatirlos con insecticidas enfrentan desafíos significativos debido a que estas sustancias químicas manifiestan una degradación rápida, resistencia de los artrópodos y un impacto ambiental negativo (Singh *et al.* 2024).

La microencapsulación de insecticidas surge como una solución prometedora (Alonso *et al.* 2014), ya que cubre al ingrediente activo del insecticida con una cápsula microscópica y permite una liberación controlada y estable del ingrediente activo a pesar de los factores ambientales adversos (humedad, temperatura, viento). Las microcápsulas pueden ser formuladas con varios materiales, como polímeros, gelatina, alginato de sodio, goma arábiga, entre otros (Hirech *et al.* 2003).

La microencapsulación se emplea en productos químicos industriales, acabados textiles, agroquímicos, aditivos alimentarios, cosméticos, sabores y esencias, productos farmacéuticos y adhesivos (Benita 2005). El objetivo de este trabajo es abordar los aspectos generales de los métodos para la microencapsulación en insecticidas como una opción avanzada y efectiva para el control de plagas y vectores de enfermedades tropicales.

^φ Laboratorio de Arbovirología. Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi”. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. CP 97225.

* Autor de correspondencia: julian.garcia@correo.uady.mx

DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5787>



Ventajas de los insecticidas microencapsulados

La microencapsulación de ingredientes activos tiene ventajas importantes en comparación con los métodos tradicionales de aplicación de insecticidas. Las ventajas se relacionan con la eficacia para el control de plagas (alta mortalidad), la seguridad de la salud humana y ambiental y la sostenibilidad a largo plazo. Esto se debe a que la microencapsulación proporciona un mayor efecto residual al evitar la degradación de los ingredientes activos.

Los insecticidas microencapsulados minimizan las aplicaciones repetidas, reducen la exposición de riesgo de la salud del personal operativo y enmascaran los olores. La reducción de las aplicaciones de los insecticidas minimiza la acumulación de compuestos químicos en la naturaleza y de sus efectos tóxicos (Tsuji 2001).

“La microencapsulación de ingredientes activos tiene ventajas importantes en comparación con los métodos tradicionales de aplicación de insecticidas que se relacionan con la eficacia para el control de plagas, la seguridad de la salud humana y ambiental y la sostenibilidad a largo plazo.”

¿Cuáles son los métodos para la microencapsulación de insecticidas?

La microencapsulación implica la creación de microcápsulas (1 a 1000 micras) con el ingrediente activo del insecticida. El material dentro de una microcápsula se conoce como material central y la pared se llama capa, revestimiento, o membrana. Existen metodologías, tanto físicas como químicas, para la microencapsulación y cada una tiene sus propios beneficios y desafíos (Das *et al.* 2011). Entre los procesos físicos está el secado por atomización, extrusión, lecho fluidizado y la coextrusión.

La selección del método más adecuado depende de la naturaleza del insecticida, los requisitos técnicos de producción y las condiciones del proceso para obtener un producto de calidad. Los procesos físicos, como el secado por atomización y la microencapsulación por flujo de líquidos, ofrecen muchas ventajas en el control de calidad y precisión, aunque pueden ser un proceso caro en cuanto a los costos de producción (Pasin *et al.* 2012; Fávoro-Trindade *et al.* 2010; Gharsallaoui *et al.* 2007).

Los métodos químicos involucran la polimerización interfacial, polimerización por emulsión, polimerización en suspensión, evaporación por solvente, la inclusión molecular y coacervación compleja (Fig. 1). Estos métodos químicos ofrecen ventajas en su producción, como la capacidad de crear capsulas con propiedades específicas y un control preciso sobre la liberación del ingrediente activo. Además, pueden controlar el tamaño de las microcápsulas y aumentar la estabilidad del insecticida encapsulado; no obstante, cada método tiene sus

propias ventajas y desafíos (Saghafi *et al.* 2021; Kermasha *et al.* 2018; Alonso *et al.* 2014; Hill *et al.* 2013; Hirech *et al.* 2003).

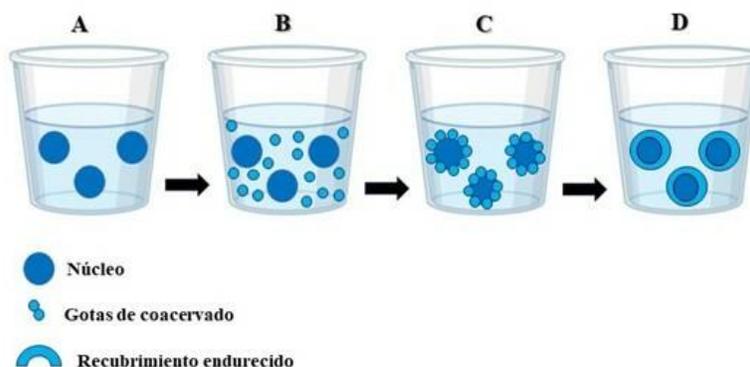


Figura 1. Proceso de producción de microcápsulas con el método de coacervación en fase líquida. (A) material del núcleo suspendido en una fase acuosa, (B) adición del coacervado, (C) recubrimiento del polímero líquido alrededor del núcleo, (D) gelificación y solidificación de la pared de la microcápsula.

¿Cuál es la forma más efectiva y económica de microencapsular insecticidas?

La selección del método más eficiente y económico debe basarse en una evaluación detallada de las propiedades del insecticida, las características deseadas del producto final y los recursos disponibles para la producción (Alonso *et al.* 2014). La atomización, también conocido como secado por aspersión, es una técnica popular para microencapsular por su eficiencia, control del tamaño de partícula y capacidad para manejar grandes volúmenes de producción (Gharsallaoui *et al.* 2007). La inclusión molecular con ciclodextrinas es otra forma efectiva para realizar microencapsulados y mejora la solubilidad, estabilidad y liberación controlada de insecticidas.

Las ciclodextrinas son oligosacáridos cíclicos con una estructura única que les permite formar complejos de inclusión con varias moléculas, incluyendo insecticidas. Sin embargo, en comparación con los otros métodos el complejo de inclusión es un método más seguro, simple, económico y son compuestos naturales de bajo costo e inofensivos para el ambiente (Alonso *et al.* 2014). Otras de las razones para elegir este método es su solubilidad en agua, demostrando su capacidad para sintetizar productos y disminuyendo su riesgo ambiental, así como disminución de la mano de obra y el costo del proceso (Gouin 2004).

“La selección del método más eficiente y económico debe basarse en una evaluación detallada de las propiedades del insecticida, las características deseadas del producto final y los recursos disponibles para la producción.”

Aplicaciones prácticas de los insecticidas microencapsulados

Los insecticidas microencapsulados tienen aplicaciones prácticas en la gestión de los programas de control de plagas. Esta tecnología tiene aplicaciones y ventajas, desde la agricultura proporcionando una protección continua contra plagas, como las de pulgones, orugas, ácaros, hasta la salud pública en el control de insectos, vectores de enfermedades (de pulgas, garrapatas, chinches, mosquitos, cucarachas y entre otros artrópodos) (Fig. 2). Los insecticidas microencapsulados en pintura también brindan esta tecnología contra insectos rastreros y voladores por su efecto residual duradero (Acharya *et al.* 2021; Singh *et al.* 2024).

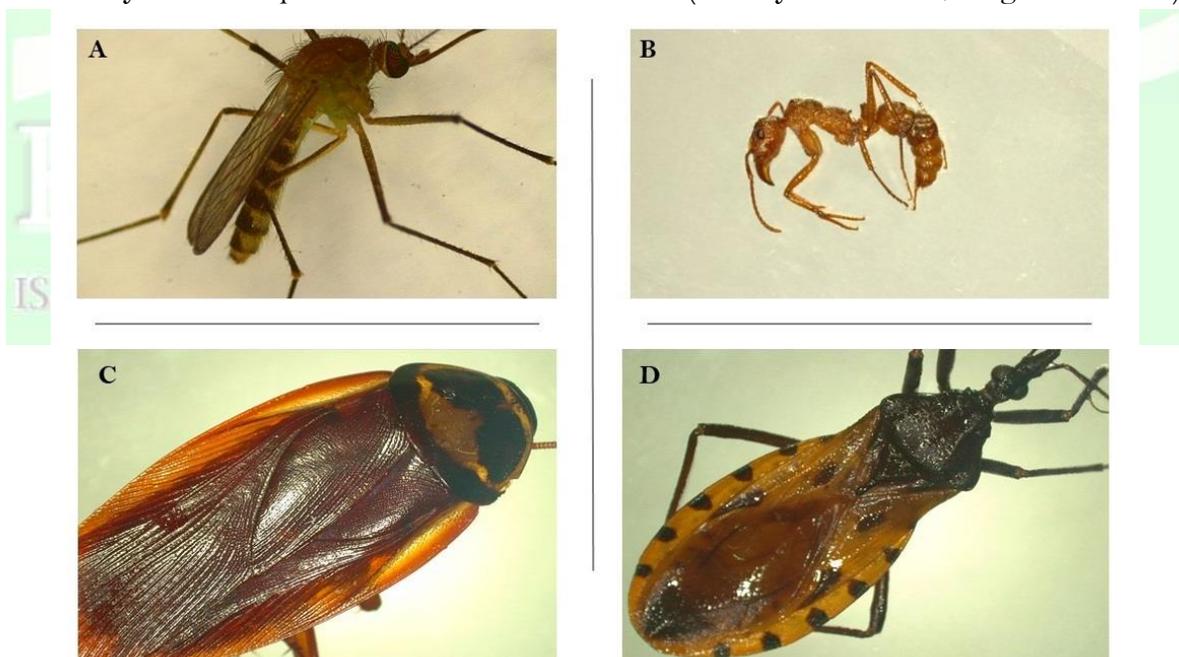


Figura 2. Insectos conocidos por ser plagas comunes en áreas urbanas y rurales: A) mosquito *Culex quinquefasciatus*, B) hormiga *Atta cephalotes*, C) cucaracha *Periplaneta australasiae*, D) chinche *Triatoma dimidiata*. Su capacidad para adaptarse a diversos ambientes, junto con su comportamiento y hábitos alimenticios, las hace eficientes en la transmisión de enfermedades.

La microencapsulación de repelentes contra insectos es otra de las aplicaciones prácticas de esta tecnología avanzada para proteger los ingredientes activos, como el DEET (N, N-dietil-meta-toluamida), picaridin y aceites esenciales. Estos repelentes son usados para evitar la picadura de mosquitos (*Aedes aegypti* vector del virus dengue, zika y chikungunya) y de otros

insectos que se alimentan de sangre (Acharya *et al.* 2021). Por lo tanto, es importante promover el uso de los insecticidas microencapsulados en México, lo cual contribuiría a mejorar el control de artrópodos vectores de manera más efectiva.

“Los insecticidas microencapsulados tienen aplicaciones prácticas en la gestión de los programas de control de plagas”.

Conclusiones

La microencapsulación de insecticidas es una forma innovadora y efectiva para el control de artrópodos que ofrece muchos beneficios en comparación con las formulaciones tradicionales. La microencapsulación permite una liberación controlada y sostenida del ingrediente activo y maximiza la efectividad del insecticida reduciendo riesgos para el ambiente y la salud humana. Por su seguridad, bajo riesgo al ambiente y bajo costo, la microencapsulación basada en ciclodextrinas es uno de los métodos más recomendados. El uso de insecticidas microencapsulados para el control de plagas y vectores de enfermedades está siendo adoptado en varios países por su eficacia, seguridad y sostenibilidad donde han encontrado mejoras significativas en sus programas de manejo integral de plagas. También, han verificado una reducción de la incidencia de enfermedades transmitidas por vector lo que demuestra el potencial de esta tecnología para enfrentar desafíos globales en salud pública.

Referencias

- Acharya BN, Ahirwar R, Dhiman S, Yadav K, Pandey P y Sukumaran D. 2021. Deltamethrin Microencapsulation in Emulsion Paint Binder and Its Long-Term Efficacy Against Dengue Vector *Aedes aegypti*. *Frontier in Public Health* 9:686122.
- Alonso ML, Laza JM, Alonso RM, Jiménez RM, Vilas JL y Fañanás R. 2014. Pesticides microencapsulation. A safe and sustainable industrial process. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology* 89: 1077-1085.
- Benita S. 2005. *Microencapsulation: Methods and Industrial Applications*, Second Edition. CRC Press. 781pp.
- Das S, David S, Rajabalaya R, Mukhopadhyay H, Halder T, Palanisamy M, Khanam J y Nanda A. 2011. Microencapsulation techniques and its practices. *International Journal of Pharmaceutical Science and Technology* 6: 1-23.
- Fávaro-Trindade CS, Santana AS, Monterrey-Quintero ES, Trindade MA y Netto FM. 2010. The use of spray drying technology to reduce bitter taste of casein hydrolysate. *Journal Food Hydrocolloids* 24: 336-340.

- Gharsallaoui A, Roudaut G, Chambin O, Voilley A y Saurel R. 2007. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International* 9: 1107-1121.
- Gouin S. 2004. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends Food Science Technology* 15:330-347.
- Hirech K, Payan S, Carnelle G, Brujes L y Legrand J. 2003. Microencapsulation of an insecticide by interfacial polymerisation, *Powder Technology* 130: 324-330.
- Hill L, Gomes CL y Taylor TM. 2013. Characterization of beta-cyclodextrin inclusion complexes containing essential oils (trans-cinnamaldehyde, eugenol, cinnamon bark, and clove bud extracts) for antimicrobial delivery applications. *Lwt - Food Science and Technology* 51: 86-93.
- Kermasha S, Aziz S, Gill JK y Neufeld RJ. 2018. Microencapsulation of esterified krill oil, using complex coacervation. *Journal of Microencapsulation* 35: 36 - 48.
- Pasin B, Azón CG y Garriga A. 2012. Microencapsulation in alginate for food. *Technologies and applications. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 1: 130-151.
- Saghafi H, Zarkesh F y Kooshyar H. 2021. Coacervation process for preparation of encapsulate Lambda-Cyhalothrin. *SRPH Journal of Fundamental Sciences and Technology* 2:1-5.
- Singh B, Kumar D, Kumar G, Saroha P, Vikram K, Gupta SK y Singh H. 2024. Insecticidal Paint: An Alternate Integrated Vector Management Strategy for Mosquito Control. *Process Safety and Environmental Protection* 186: 486-494.
- Tsuji K. 2001. Microencapsulation of pesticides and their improved handling safety. *Journal of Microencapsulation* 2:137-47.

ISSN 2007 - 431 X

Chi-Chim WA, Baak-Baak CM, Talavera-Aguilar L, García-Rejón JE. 2024. La microencapsulación en insecticidas: una opción eficaz para el control de artrópodos. *Bioagrociencias* 17 (2): 68-73.
DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5787>