

Aceites esenciales microencapsulados: Una innovación natural para repeler insectos^φ

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

Introducción

Las enfermedades transmitidas por picadura de artrópodos causan millones de muertes cada año y representan una seria amenaza para la salud pública en todo el mundo (Misni *et al.* 2017). Enfermedades como el dengue, Zika y la fiebre chikungunya, son infecciones causadas por virus transmitidos por mosquitos de importancia en salud pública (Conti *et al.* 2013).

La defensa efectiva contra la picadura de mosquitos es la protección con repelentes, ya que éstos evitan el contacto con estos insectos y, por lo tanto, reducen el riesgo de transmisión de patógenos (Fig. 1) (Misni *et al.* 2017). Los repelentes sintéticos son eficaces; sin embargo, pueden causar daños en la salud humana como irritación, dolor, lagrimeo y en el ambiente, como acumulación de sustancias químicas en cuerpos de agua (Khanikor *et al.* 2013).

Los aceites esenciales son una alternativa natural de origen vegetal (Nerio *et al.* 2010). Al ser naturales, estos aceites son biodegradables, económicos y fáciles de conseguir, y pueden obtenerse de la canela, clavo y el geraniol, y son repelentes contra mosquitos sin recurrir a grandes cantidades de productos químicos; sin embargo, su efecto resulta limitado ya que se evaporan rápidamente (Maia y Moore 2011).

Para resolver este problema, la microencapsulación ha sido desarrollada para proteger los aceites y permitir su liberación gradual que permite su efecto repelente se prolongue eficazmente (Chung *et al.* 2013). El objetivo de este trabajo es describir los aceites esenciales microencapsulados y cómo se pueden usar como repelente natural contra insectos.

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

* wilbertth.chi@correo.uady.mx

DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.6882>



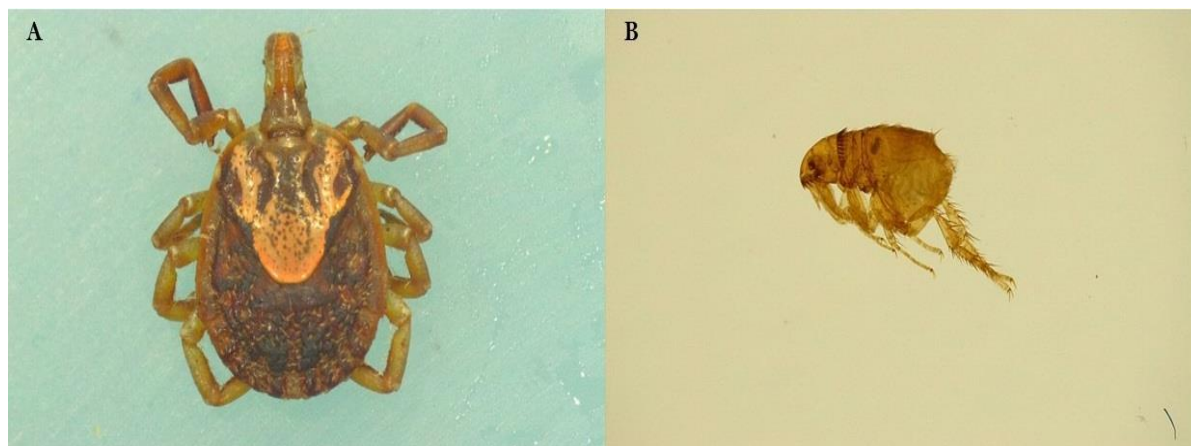


Figura 1. Artrópodos de importancia sanitaria como modelos para la evaluación de aceites esenciales microencapsulados con efecto repelente: **A)** garrapata (hembra de *Amblyomma mixtum*) y **B)** pulga (*Ctenocephalides felis*). Estos organismos son grupos taxonómicos relevantes en estudios de control y prevención mediante estrategias alternativas y sostenibles.

¿Qué son los aceites esenciales y cómo repelen insectos?

Son combinaciones volátiles de compuestos orgánicos, y mezclas de terpenoides y compuestos aromáticos relacionados (Nerio *et al.* 2010), que forman parte de los metabolitos secundarios de las plantas (Lee 2018). Los componentes químicos en los aceites esenciales, como los monoterpenoides, sesquiterpenoides y alcoholes, son los que tienen efectos repelentes.

Estos compuestos interactúan con proteínas de unión a odorantes (OBP) y receptores odorantes (OR) en los insectos, interfiriendo con la detección de señales químicas para localizar al hospedero. Como resultado, los insectos se desorientan y disminuyen su capacidad para reconocer estímulos atractivos y se reduce el contacto con el hospedero (Fig. 2) (Sathantriphop *et al.* 2015).

“Son combinaciones volátiles de compuestos orgánicos y mezclas de terpenoides y compuestos aromáticos relacionados, que forman parte de los metabolitos secundarios de las plantas.”



Figura 2. Aceites esenciales de origen vegetal utilizados como materia prima para la microencapsulación, un método novedoso y natural como repelente contra insectos.

Los aceites esenciales se obtienen de las hojas, flores y tallos de plantas, como *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus globulus*, *Lavandula angustifolia*, *Mentha piperita* y *Ruta chalepensis*. La extracción se realiza mediante hidroddestilación o de solventes. Debido a su alta volatilidad, los aceites esenciales pueden ser microencapsulados para mejorar su estabilidad, reducir su evaporación y prolongar su efecto repelente. Esta estrategia permite aumentar su eficacia y duración en aplicaciones prácticas (Bakry *et al.* 2016; Pino y Aragüez 2021).

El problema de los repelentes tradicionales

Los compuestos químicos, como el DEET (N,N-dietil-3-metilbenzamida, antes conocido como N,N-dietil-m-toluamida), IR3535 y picaridina, son efectivos como repelentes ya que bloquean los receptores olfativos del insecto (receptor olfativo, ORx) (Lee 2018). Estos receptores detectan el l-octen-3-ol, que es un compuesto en sudor y aliento humanos. Sin embargo, estos compuestos no bloquean la capacidad del insecto para reconocer el dióxido de carbono (Lee 2018).

El uso prolongado de repelentes, como el DEET, puede causar irritación cutánea, reacciones alérgicas en la piel o intoxicaciones por inhalación en seres humanos (Lee 2018). Estos riesgos son más relevantes, especialmente en niños. Además, su uso continuo plantea preocupaciones por acumulación en ambientes cerrados y su impacto ambiental.

En contraste, los aceites esenciales y sus metabolitos específicos repelen varias especies de insectos sin afectar la salud del ser humano. En consecuencia, esto les confiere un potencial considerable ya que incluso pueden presentar mayor actividad que algunos repelentes sintéticos (Nerio *et al.* 2010).

“El uso prolongado de repelentes, como el DEET, puede causar irritación cutánea, reacciones alérgicas en la piel o intoxicaciones por inhalación en seres humanos.”

Microencapsulación polimérica: protección y efecto prolongado

La microencapsulación es un proceso donde una estructura de matriz envuelve un núcleo o elemento activo y separa la molécula bioactiva de su entorno hasta que se libera en respuesta a factores externos (Bakry *et al.* 2016). El componente de pared que protege la molécula bioactiva se selecciona a partir de una amplia variedad de polímeros naturales o sintéticos, dependiendo de las propiedades que se buscan en el producto terminado (Pino y Aragüez 2021). Sin embargo, el proceso metodológico para la microencapsulación de aceites esenciales inicia con la preparación del compuesto activo para que sea incorporado en una emulsión o complejo con material encapsulante.

Posteriormente, se aplican técnicas como secado por aspersión, coacervación, gelificación o liofilización para formar las microcápsulas. Estas estructuras protegen el aceite esencial de factores externos. Finalmente, son liberados de forma gradual bajo condiciones ambientales específicas (Chung *et al.* 2013; Estevinho *et al.* 2013; Bakry *et al.* 2016).

La microencapsulación no solo mejora la eficacia del aceite esencial, sino que permite utilizar menores cantidades para obtener el mismo efecto repelente, lo que la hace una alternativa económica y sostenible. Se ha comprobado que encapsular aceites esenciales protege y controla la liberación de los compuestos volátiles, lo que prolonga su efecto repelente. (Fig. 3) (Chung *et al.* 2013).



Figura 3. β -Ciclodextrina, un compuesto natural que se utiliza para microencapsular aceites esenciales, lo cual permite una liberación gradual, una estrategia innovadora para mejorar la estabilidad y un rendimiento más efectivo como repelente contra insectos.

Bioagrocencias

¿Cómo los aceites esenciales microencapsulados repelen insectos?

ISSN 2007 - 431 X

Los insectos detectan olores cuando las moléculas volátiles se unen a proteínas receptoras en las dendritas ciliadas de neuronas olfativas especializadas, localizadas en sus antenas y palpos maxilares (Maia y Moore 2011). Algunos compuestos en los aceites esenciales, como las OR83b, interfieren con estos receptores olfativos alterando la capacidad del insecto para reconocer olores atractivos del huésped (Maia y Moore 2011).

En mosquitos, estos compuestos actúan en fase de vapor formando una nube repelente alrededor del usuario, lo que dificulta su orientación hacia el hospedero (Zhu *et al.* 2001). En este contexto, la microencapsulación permite una liberación controlada y sostenida de los compuestos activos, manteniendo esta barrera química más tiempo, aumentando su efectividad y reduciendo la necesidad de aplicaciones frecuentes (Chung *et al.* 2013).

Beneficios y aplicaciones prácticas

La microencapsulación de los aceites esenciales aporta beneficios como repelente de insectos. Uno de los más importantes es la liberación del repelente durante un periodo prolongado y de manera controlada y gradual. La presencia de una cubierta en el aceite esencial aumenta su eficacia ya que impide su evaporación y controla su volatilidad (o liberación) (Chung *et al.* 2013; Misni *et al.* 2017).

Las técnicas de microencapsulación de aceites esenciales, y otros compuestos, pueden incorporarse en productos químicos industriales, acabados textiles, agroquímicos, aditivos alimentarios, cosméticos y productos farmacéuticos, así como pinturas murales repelentes de insectos que contienen propiedades insecticidas encapsuladas. Además, presentan varias aplicaciones adicionales amigables con el ambiente (Murtaza *et al.* 2023; Chi-Chim *et al.* 2024).

Desafíos

Durante su uso, los aceites encapsulados pueden experimentar modificaciones por factores ambientales, lo que provoca una disminución en su volatilidad (Bakry *et al.* 2016). Los materiales encapsulantes son otro factor, ya que pueden formar paredes con diferentes propiedades físicas y químicas.

Es importante evaluar la viabilidad del agente encapsulante tomando en cuenta aspectos como su estabilidad térmica y oxidativa, la eficiencia de encapsulación, su capacidad para proteger el compuesto activo frente a condiciones ambientales. También, es importante identificar cómo actúa la liberación del ingrediente activo de manera controlada y mantener la integridad estructural de las microcápsulas (Estevinho *et al.* 2013).

El futuro de los repelentes naturales

El futuro de los repelentes naturales apunta hacia el desarrollo de formulaciones más precisas, eficaces, seguras y sostenibles a través del uso de nuevas herramientas y técnicas como la microencapsulación del ingrediente activo. Estas técnicas permiten combinar compuestos naturales con materiales biodegradables, mejorando la estabilidad de los aceites esenciales, controlando su liberación y prolongando su efecto repelente (Misni *et al.* 2017; Bakry *et al.* 2016). La investigación científica actual se centra en perfeccionar y optimizar tanto los compuestos naturales microencapsulados como los polímeros utilizados, para lograr una mayor funcionalidad. En este contexto, las técnicas de síntesis biológica y las innovaciones en proceso de fabricación libres de disolventes se perfilan como alternativas prometedoras para una producción escalable (Rahaman y Moshwan 2026).

“Las técnicas de microencapsulación de aceites esenciales, y otros compuestos, pueden incorporarse en productos químicos industriales, acabados textiles, agroquímicos, aditivos alimentarios, cosméticos y productos farmacéuticos, así como pinturas murales repelentes de insectos que contienen propiedades insecticidas encapsuladas.”

Conclusión

La microencapsulación de los aceites esenciales tiene un potencial para su uso como repelente contra artrópodos, como mosquitos, ya que mejora la protección, estabilidad y liberación de los compuestos volátiles. Aunque existen algunos retos para la estabilidad de los materiales encapsulantes, su uso es innovador en la industria textil, en cosméticos, pintura y otras áreas de uso práctico. Los aceites microencapsulados son una alternativa viable frente a los repelentes convencionales y son una solución prometedora y respetuosa con el ambiente.

Referencias

- Bakry A, Abbas S, Ali B, Majeed H, Abouelwafa MY, Mousa A y Liang L. 2016. Microencapsulation of essential oils: A comprehensive review of benefits, techniques and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 15(1):143-182.
- Chi-Chim WA, Baak-Baak CM, Talavera-Aguilar L y García-Rejón JE. 2024. La microencapsulación en insecticidas: una opción eficaz para el control de artrópodos. *Bioagrociencias* 17(2):68-73.
- Chung SK, Seo JY, Lim JH, Park HH, Yea MJ y Park HJ. 2013. Microencapsulation of essential oil for insect repellent in food packaging system. *Journal of Food Science* 78(5):E709-E714.
- Conti B, Leonardi M, Pistelli L, Profeti R, Ouerghemmi I y Benelli G. 2013. Larvicidal and repellent activity of essential oils from wild and cultivated *Ruta chalepensis* L. (Rutaceae) against *Aedes albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae), an arbovirus vector. *Parasitology Research* 112:991-999.
- Estevinho BN, Rocha F, Santos L y Alves A. 2013. Microencapsulation with chitosan by spray drying for industry applications -a review. *Trends in Food Science & Technology* 31(2):138-155.
- Khanikor B, Parida P, Yadav RNS y Bora D. 2013. Comparative mode of action of some terpene compounds against octopamine receptor and acetyl cholinesterase of mosquito and human system by the help of homology modeling and docking studies. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 3(2):6-12.
- Lee MY. 2018. Essential oils as repellents against arthropods. *BioMed Research International* 1:6860271.
- Maia MF y Moore SJ. 2011. Plant-based insect repellents: a review of their efficacy, development and testing. *Malaria Journal* 10:S11.
- Misni N, Nor ZM y Ahmad R. 2017. Repellent effect of microencapsulated essential oil in lotion formulation against mosquito bites. *Journal of Vector Borne Diseases* 54:44-53.
- Murtaza M, Hussain AI, Kamal GM, Nazir S, Chatha SAS, Asmari M, Uddin J y Murtaza S. 2023. Potential applications of microencapsulated essential oil components in mosquito repellent textile finishes. *Coatings* 13(8):1467.
- Nerio LS, Olivero-Verbel J y Stashenko E. 2010. Repellent activity of essential oils: a review. *Bioresource Technology* 101(1):372-378.
- Pino JA y Aragüez Y. 2021. Conocimientos actuales acerca de la encapsulación de aceites esenciales: *Revista CENIC Ciencias Químicas* 52(1):10-25.

- Rahaman MT y Moshwan MM. 2026. Sustainable functionalization of biodegradable materials for mosquito repellent textiles: a review of sources, application, and research directions. *Hybrid Advances* 12:100600.
- Sathantriphop S, Achee NL, Sanguanpong U y Chareonviriyaphap T. 2015. The effects of plant essential oils on escape response and mortality rate of *Aedes aegypti* and *Anopheles minimus*. *Journal of Vector Ecology* 40(2):318-326.
- Zhu BC, Henderson G, Chen F, Fei H y Laine RA. 2001. Evaluation of vetiver oil and seven insect-active essential oils against the Formosan subterranean termite. *Journal of Chemical Ecology* 27:1617-1625.

Chi-Chim WA, Baak-Baak CM, Talavera-Aguilar L, García-Rejón JE. 2026. Aceites esenciales microencapsulados: Una innovación natural para repeler insectos. *Bioagrociencias* 19 (1): 118-125.
DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.6882>

