

Las Nanoemulsiones de aceites esenciales: una alternativa verde para el control de plagas agrícolas y transmisoras de enfermedades tropicales

The Nanoemulsions of essential oils: a green alternative for the control of agricultural pests and transmitters of tropical diseases

Ricardo Diego Duarte Galharo de Albuquerque¹

RESUMEN

Los insectos, arañas y moluscos son importantes en el ecosistema, pero también representan riesgos en salud y agricultura. En países tropicales, transmiten enfermedades graves como malaria y dengue, además de causaren daños en muchas plantaciones de importancia económica como papa y tomate. En este contexto, el control de plagas con pesticidas sintéticos, método más ampliamente utilizado, causa problemas ambientales y resistencia en las plagas, por lo que se buscan alternativas naturales, como el uso de aceites esenciales (AE), conocidos por sus propiedades insecticidas y bajo riesgo ambiental. Los AE contienen terpenoides y fenilpropanoides que actúan como neurotóxicos y disruptores de membrana en plagas, siendo seguros para animales y humanos. Sin embargo, debido a sus características químicas y físico-químicas, estos aceites tienen problemas de solubilidad y estabilidad en medios acuosos, por lo tanto la formulación como nanoemulsión es una alternativa viable para sus usos. Las nanoemulsiones (NEs) son dispersiones entre líquidos inmiscibles, con gotas de tamaño nanométrico, lo que mejora la estabilidad, penetración y efectividad de los compuestos activos. Estudios demuestran que las NEs de AE de eucalipto, albahaca y otras plantas son eficaces contra agentes transmisores de enfermedades, como *Aedes aegypti* y *Schistosoma*, y plagas agrícolas como *Bemisia tabaci* y *Sitophilus zeamais*. Por lo tanto, las NEs de aceites esenciales se presentan como una alternativa eficaz y ecológica en el control de plagas agrícolas y sanitarias, recomendándose su implementación en agricultura y ambientes urbanos.

Palabras clave: Nanoemulsiones, Aceites esenciales, Plagas agrícolas.

ABSTRACT

Insects, spiders and mollusks are important in the ecosystem, but they also represent risks to health and agriculture. In tropical countries, they transmit serious diseases such as malaria and dengue, as well as causing damage to many economically important crops such as potatoes and tomatoes. In this context, pest control with synthetic pesticides, the most widely used method, causes environmental problems and resistance in pests, so natural alternatives are sought, such as the use of essential oils (EOs), known for their insecticidal properties. Due to their chemical and physicochemical characteristics, these oils have solubility and stability problems in aqueous media, therefore the formulation as a nanoemulsion is a viable alternative for their uses. Nanoemulsions (NEs) are dispersions between immiscible liquids, with nanometric-sized droplets, which improves the stability, penetration and effectiveness of the active compounds. Studies show that NEs from EOs of eucalyptus, basil and other plants are effective against disease-transmitting mosquitoes, such as *Aedes aegypti*, and agricultural pests. Therefore, NEs from essential oils

¹ Facultad de Farmacia, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Correspondencia a: richardcabofrio@gmail.com

are presented as an effective and ecological alternative in the control of agricultural and sanitary pests, and their implementation is recommended in agriculture and urban environments.

Keywords: Nanoemulsions, Essential oils, Agricultural pests.

INTRODUCCIÓN

A pesar de ser importantes en sus ecosistemas, los insectos, arañas, moluscos y otros agentes pueden causar perturbaciones en la comunidad, especialmente en las áreas de salud y agricultura. Los países tropicales tienen enfermedades exclusivas que causan morbilidad y mortalidad significativas, como la malaria, la fiebre amarilla, el dengue, la leishmaniasis y la esquistosomiasis, por ejemplo. Estas enfermedades son causadas por agentes etiológicos que dependen de un complejo ciclo biológico para desarrollarse, que incluye parasitosis de mosquitos, caracoles, entre otros. Por tanto, una forma eficaz de reducir la incidencia de estas enfermedades es interrumpir el ciclo de desarrollo del agente etiológico, en la fase de su huésped intermediario. Por otro lado, la importancia del control poblacional de insectos, arañas y moluscos incluye también a aquellos que se alimentan de plantas cultivadas para consumo humano y animal, lo que genera problemas de pérdida de suministro de alimentos a la población, además de cuantiosas pérdidas económicas para los agricultores. Sin embargo, uno de los métodos más eficientes que se utilizan actualmente para controlar las poblaciones de plagas es el uso de pesticidas sintéticos, que a su vez también causan problemas a la comunidad, como toxicidad en los alimentos y contaminación del medio ambiente, además del surgimiento de resistencias a productos químicos por plagas, debido a la exposición prolongada e intensa a los productos. En este sentido, se han impulsado metodologías alternativas de control de plagas, que incluyen el uso de agentes controlantes de origen natural, como extractos de plantas y aceites esenciales, por lo que ya se han realizado una gran cantidad de estudios científicos sobre este tema, demostrando su eficacia contra las plagas, y algunos bioproductos ya han sido desarrollados y comercializados en varios países. Sin embargo, en concreto, muchos de los extractos y aceites naturales activos tienen problemas de formulación, como solubilización y estabilidad, por lo que en los últimos años, los principios de la nanotecnología han ayudado en este sentido, por ejemplo, el desarrollo

de nanoemulsiones con aceites esenciales que presentan notable actividad biológica.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE ACEITES ESENCIALES

En los últimos años, los aceites esenciales (AE) de plantas aromáticas han ganado popularidad entre agricultores orgánicos y consumidores conscientes del medio ambiente debido a su uso como insecticidas de bajo riesgo, antifúngicos, reguladores del crecimiento y repelentes, entre otros. Contienen en promedio entre 20 y 80 compuestos identificados diferentes, siendo los principales los terpenoides (monoterpenos y sesquiterpenos) y, en menor medida, los fenilpropanoides. Los monoterpenos pueden incluir hidrocarburos como α -pineno y D-limoneno, alcoholes como cadinol, aldehídos como citronelal, cetonas como tuyona y éteres como 1,8-cineol. La composición de los AE varía según la especie vegetal. Por ejemplo, el eucalipto (*Eucalyptus globulus*) contiene principalmente 1,8-cineol, mientras que el cilantro (*Coriandrum sativum*) se caracteriza por linalool. Dentro de una misma especie, como el tomillo (*Thymus vulgaris*), pueden existir quimiotipos definidos por compuestos principales, como timol o carvacrol. Se estima que unas 17,500 especies de plantas superiores producen AE, concentrándose en familias como Myrtaceae, Lauraceae, Lamiaceae y Asteraceae. En términos biológicos, los AE tienen efectos como repelentes, insecticidas y reguladores del crecimiento en insectos, siendo útiles para controlar plagas en cultivos y hogares. Entre sus mecanismos de acción se puede destacar la actividad neurotóxica, que incluye la inhibición de la acetilcolinesterasa (AChE), la disrupción de receptores GABA y la estimulación del sistema octopaminérgico, mientras también puedan actuar como irruptores de membrana, causando la pérdida de contenidos citoplasmáticos y la destrucción celular. Además, los AE son productos de bajo riesgo para los animales, con una toxicidad relativamente baja en mamíferos y una persistencia ambiental corta, de modo que su uso medicinal ha sido ampliamente estudiado, destacando su seguridad y efectividad en diversas aplicaciones.

NANOEMULSIONES

Las nanoemulsiones (NEs) se definen como una mezcla termodinámicamente inestable de dos fases líquidas inmiscibles en la que la fase

dispersa se encuentra típicamente en el rango de tamaño nanométrico de 20 a 500 nm. En resumen, podemos decir que las NEs son emulsiones convencionales con un tamaño de gota en el rango nanométrico, también se clasificando como una miniemulsión termodinámicamente inestable. Además, estos sistemas poseen fases acuosa, oleosa y tensoactivos. Pueden ser de tipo agua en aceite o aceite en agua, y se obtienen mediante métodos de alta y baja energía. Presentan mayor resistencia a la cremación y sedimentación, siendo transparentes o translúcidas y mantienen su estabilidad por períodos prolongados, a veces con un reflejo azulado. Tienen la capacidad de incorporar una gran cantidad de sustancias lipofílicas y pueden transportar sustancias tanto en la fase externa como en la interna.

Como ventajas del punto de vista biológico, estos sistemas ofrecen mayor protección de sustancias activas y mejor estabilidad de las mismas, además de un mejor poder de penetración cutánea y una entrega más efectiva de los activos en su lugar de acción. También permiten la dispersión de extractos y aceites poco solubles en agua, lo que es de gran utilidad cuando se lleva en cuenta que los insectos, moluscos y otras plagas poseen sus ciclos biológicos la mayor parte del tiempo en ambientes acuosos.

ESTUDIOS DE NANOEMULSIONES COMO ALTERNATIVA DE CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS

Ejemplos de NEs de aceites esenciales con actividad contra agentes transmisores de enfermedades incluyen las de eucalipto contra las larvas de *Culex quinquefasciatus*, un huésped intermediario de *Wuchereria bancrofti*, que causa la filariasis, así como las de *Ocimum basilicum* contra las larvas de *Aedes aegypti*, que transmite los virus del dengue, la fiebre amarilla, Fiebre Zika, Chikungunya y Mayaro. También se encuentran NEs con actividad sobre moluscos del género *Biomphalaria* transmisores de esquistosomiasis, como es el caso de la NE procedente del aceite esencial de *Xylopiya ochrantha*. Por otro lado, también existen numerosos estudios que prueban la actividad de los NE contra plagas de importancia agrícola, incluido el NE del aceite esencial de eucalipto contra las ninfas de *Bemisia tabaci*, un insecto que ataca varios cultivos importantes de América del Sur, como la papa y el tomate, además del NE de *Ocotea elegans*, que mostró buenos resultados contra *Dysdercus peruvianus*, plaga de gran importancia en los campos de algodón,

y de *Myristica fragrans*, que ha demostrado eficacia contra *Sitophilus zeamais*, una plaga global que degrada granos almacenados como arroz, maíz y sorgo.

En conclusión, las nanoemulsiones de aceites esenciales se han presentado como alternativas reales, eficaces y ecológicas en el combate de plagas de importancia agrícola y sanitaria, por lo que se deben realizar esfuerzos para la implementación paulatina de estos productos en los sistemas de producción agrícola y en los ambientes urbanos.

REFERENCIAS

- Araújo, F. D. P., Albuquerque, R. D. D. G. D., Rangel, L. D. S., Caldas, G. R., Tietbohl, L. A. C., Santos, M. G., Rocha, L. (2019). Nanoemulsion containing essential oil from *Xylopiya ochrantha* Mart. produces molluscicidal effects against different species of *Biomphalaria* (*Schistosoma* hosts). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 114, e180489. <https://doi.org/10.1590/0074-02760180489>.
- de Sousa dos Santos, E. L. V., Cruz, J. N., da Costa, G. V., de Sá, E. M. F., da Silva, A. K. P., Fernandes, C. P., Souto, R. N. P. (2024). Essential Oil of *Ocimum basilicum* against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*: Larvicidal Activity of a Nanoemulsion and In Silico Study. *Separations*, 11(4), 97. <https://doi.org/10.3390/separations11040097>.
- Echeverría, J., & Duarte Galhardo de Albuquerque, R. D. (2019). Nanoemulsions of essential oils: new tool for control of vector-borne diseases and in vitro effects on some parasitic agents. *Medicines*, 6(2), 42. <https://doi.org/10.3390/medicines6020042>.
- Jesser, E., Yeguerman, C. A., Urrutia, R. I., Murray, A. P., Domini, C., & Werdin-González, J. O. (2023). Development and characterization of nanoemulsions loaded with essential oil and β -cypermethrin and their bioefficacy on insect pest of economic and medical importance. *Pest Management Science*, 79(11), 4162-4171. <https://doi.org/10.1002/ps.7613>.
- Nascimento, L. M., Apolinario, R., Machado, F. P., Correa, A. L., Caldas, G. R., Ruppelt, B. M., Feder, D. (2020). Effects of nanoemulsion and essential oil from the leaves of *Ocotea elegans* against *Dysdercus peruvianus*. *Research, Society and Development*, 9(10), e909108424-e909108424. <https://doi.org/10.3390/rsd9109091>.

- doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8424.
- Nuryanti, N. S. P., Budiarti, L., Dulbari, D., Sutrisno, H., Sudrajat, D., Yuriansyah, Y., Maharani, J. S. (2023). Activity of nanoemulsion botanical insecticides from *Myristica fragrans* and *Jatropha curcas* essential oil against *Sitophilus zeamais*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(10). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241042>.
 - Sugumar, S., Clarke, S. K., Nirmala, M. J., Tyagi, B. K., Mukherjee, A., & Chandrasekaran, N. (2014). Nanoemulsion of eucalyptus oil and its larvicidal activity against *Culex quinquefasciatus*. *Bulletin of entomological research*, 104(3), 393-402. <https://doi.org/10.1017/S0007485313000710>.
 - Wahba, T. F., Abd-Elatef, E. A., & Wahba, M. N. (2024). Field effectiveness of some essential oil emulsions against the whitefly *Bemisia tabaci* (GENN.) that infest potato plants in Egypt. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s41348-024-00944-8>.