

EMULGELES BIOADHESIVOS CON ACEITES ESENCIALES: UNA NUEVA ESTRATEGIA PARA EL TRATAMIENTO EN LIENDRES DEL PIOJO *PEDICULUS CAPITIS*

E. Sosa-Quiroga ^{1*}; A. Fañani ^{2,3}; E. Guzmán ^{4,5}; A. Jimenez-Kairuz ^{6,7}; A. Lucia ^{2,8}; S. Magui ^{6,7}; A. Toloza ¹

¹ Centro de Investigaciones de Plagas e Insecticidas (UNIDEF, MINDEF, CONICET) Departamento 15, CITEDEF, J. B. de La Salle 4397, 1603 Villa Martelli, Pcia. de Buenos Aires, Argentina.

² Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (INEDES, CONICET-UNLu), Luján, Buenos Aires, Argentina.

³ Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Lujan, Ruta 5 y Avenida Constitución – (6700), Lujan, Buenos Aires, Argentina.

⁴ Departamento de Química Física, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, España.

⁵ Instituto Pluridisciplinar, Universidad Complutense de Madrid, España.

⁶ Unidad de Investigación y Desarrollo en Tecnología Farmacéutica (UNITEFA), CONICET, Edificio Ciencias 2, Ciudad Universitaria, Córdoba X5000HUA, Argentina.

⁷ Departamento de Ciencias Farmaceuticas, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba, Edificio Ciencias 2, Ciudad Universitaria, Córdoba X5000HUA, Argentina.

⁸ Centro de Investigación en Sanidad Vegetal (CISaV), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, Argentina.

*E-mail: Pichuechuepeluche4@gmail.com

Resumen. Este estudio evaluó la efectividad de emulgeles bioadhesivos con componentes de aceites esenciales (AEs) como tratamiento contra las liendres del piojo de la cabeza, *Pediculus humanus capitis*. Los emulgeles, formulados con monoterpenos como eugenol, linalol y timol, tanto encapsulados como libres, se probaron en diversas combinaciones. Se realizaron bioensayos de inmersión para medir la mortalidad de las liendres y se usó ANOVA para analizar los resultados. Los emulgeles mostraron actividad ovicida significativa, indicando que son una opción prometedora para combatir los piojos resistentes a insecticidas tradicionales.

Palabras claves. Aceites esenciales, *Pediculus humanus capitis*, emulgeles, monoterpenos, pediculosis.

1 INTRODUCCION

El piojo de la cabeza, *Pediculus humanus capitis* es un parásito que afecta principalmente a niños en edad escolar en todo el mundo, causando irritación en la piel, picazón y un mayor riesgo de infecciones secundarias debido al rascado, lo que puede llevar a estigmatización social. Los tratamientos tradicionales suelen incluir pediculicidas con insecticidas piretroides, como la permetrina, pero en Argentina se ha detectado un alto nivel de resistencia a estos compuestos, lo que disminuye su eficacia. Estudios previos en el país han mostrado una tasa de infestación promedio del 30%. Recientemente, se ha investigado el uso de emulgeles bioadhesivos como una estrategia novedosa para mejorar la liberación de principios activos en tratamientos tópicos. Estos emulgeles, que combinan emulsiones con agentes gelificantes, permiten una liberación controlada y estable de los ingredientes activos. En este contexto, el estudio se centra en la evaluación de la actividad insecticida de emulgeles formulados con aceites esenciales (AEs) y sus componentes, provenientes de plantas aromáticas nativas de Argentina, en huevos de piojos resistentes a la permetrina. Este enfoque busca ofrecer una alternativa más eficaz y práctica a los tratamientos actuales, abordando el problema de la resistencia a insecticidas mediante el uso de formulaciones naturales.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Material biológico

Se recolectaron liendres de la cabeza de niños que asisten a escuelas primarias de la provincia de Buenos Aires. Las liendres fueron transportadas al laboratorio y fueron cuidadosamente examinadas y seleccionadas bajo un estereomicroscopio OLYMPUS SZ4045 (OLYMPUS Corp., Tokio, Japón).

2.2 Materiales utilizados en la formulación de los Emulgeles

Como componentes de la fase oleosa de los emulgeles se utilizaron emulsiones conteniendo eugenol (99 % de pureza), linalol (97 % de pureza), timol (99,5 % de pureza) y la combinación eugenol-linalol en una proporción (1:3), en concentración del 2,5 % p/p añadidos en una solución acuosa de Poloxámero 407. También se utilizaron monoterpenos puros en la combinación eugenol-timol en una proporción 3:1 y para los controles se utilizó aceite mineral (vaselina líquida-180, Pura Química, Córdoba, Argentina).

Para la parte acuosa del emulgel se utilizó el interpolímero de carbómero tipo A (Carbopol Ultrez 10, Lubrizol, EE. UU.) como agente gelificante bioadhesivo. Se utilizaron otros excipientes de grado farmacéutico como propilenglicol (Parafarm, CABA, Argentina), polisorbato-60 (Parafarm, CABA, Argentina), monoestearato de sorbitán (Parafarm, CABA, Argentina), solución de hidróxido de sodio 0,1 N (Anedra, Buenos Aires, Argentina) y agua purificada.

2.3 Preparación de emulgeles

Se utilizó la composición de una formulación optimizada de emulgel desarrollada en un trabajo previo [2]. Los emulgeles se prepararon dispersando el interpolímero de carbómero tipo A en agua utilizando un agitador a 580 rpm (Decalab Fbr, CABA, Argentina). los surfactantes (polisorbato-60, monoestearato de sorbitán), fueron previamente calentados entre 30 y 32°C y se agregaron los monoterpenos puros o emulsiones. Con ayuda de agitación mecánica se agregó a los emulgeles y se incorporó el propilenglicol. Se adiciono una solución de hidróxido de sodio a 1,0 N para obtener el pH final entre 6,5 y 7, llevándose a peso final del emulgel con agua Milli Q. Finalmente, los emulgeles se homogeneizaron durante 2 minutos con un agitador a 580 rpm. Se prepararon lotes de 25 g de emulgel conteniendo AEs al 5% y lotes de emulgeles con vaselina al 5% (como control).

2.4 Bioensayos

Los ensayos consistieron en lotes de 10 huevos que se pegaron en una cinta doble faz sobre un portaobjetos, se los sumergio posteriormente en 1 ml de cada emulgel durante 10 minutos en la tapa de una placa de Petri (diámetro de 5,5 cm) [3]. Después del período de exposición, los huevos se enjuagaron con 100 ml de agua. Los huevos expuestos se observaron a los 7 días para evaluar mortalidad. Durante este periodo, los huevos se mantuvieron sobre el portaobjetos dentro de recipientes plásticos cerrados con agua destilada añadida para crear un ambiente de alta humedad. Estos recipientes se colocaron en una cámara ambiental ajustada a $18 \pm 0,5$ °C y $70 - 80 \pm 1\%$ de humedad relativa en la oscuridad [4]. El control consistió en huevos sumergidos en emulgel con vaselina como reemplazo de la fase oleosa del compuesto activo siguiendo los mismos procedimientos que el grupo tratado. Cada experimento se replicó al menos tres veces.

2.5 Ensayos estadísticos

La actividad insecticida se evaluó mediante bioensayos de inmersión. Se determinó el porcentaje de mortalidad y se realizó un análisis de la varianza (ANOVA).

3 RESULTADOS

Los resultados indicaron que el emulgel más eficaz fue el que contenía eugenol-timol puro en proporción 3:1 con un porcentaje de mortalidad del 96,8%, seguido de la combinación eugenol-linalol en proporción 1:3 con un porcentaje de 83,3%, el linalol presento una mortalidad del 80,8%, el timol un 46,7%, mientras que el eugenol presento el porcentaje más bajo de mortalidad con un 14,81%. El análisis ANOVA reveló diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). El emulgel con eugenol-timol demostró la mayor eficacia, con un promedio de mortalidad de 96,97% ($\pm 9,36\%$ error estándar), significativamente mayor que todos los demás tratamientos ($p < 0.01$). Este resultado destaca a la combinación de eugenol-timol como el tratamiento más

efectivo en el control de liendres. El emulgel con linalol y el emulgel con eugenol-linalol mostraron porcentajes de mortalidad alta, con promedios de 82,13 y 82,23% ($\pm 9,36\%$ error estándar), respectivamente. Mientras que el emulgel con timol resultó tener una actividad ovicida intermedia con un promedio de 48,29 % ($\pm 9,36\%$ error estándar), y el menos efectivo fue el eugenol con un promedio de mortalidad de 14,54% ($\pm 9,36\%$ error estándar).

4 DISCUSION Y CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio destacan la superioridad de la combinación de eugenol-timol puro en proporción 3:1 para el control de liendres de *Pediculus humanus capitis*. Este tratamiento logró un porcentaje de mortalidad promedio del 96,97%, superando significativamente a los demás emulgeles evaluados. La eficacia observada sugiere una fuerte sinergia entre eugenol y timol, lo que potencia su acción ovicida y lo convierte en el tratamiento más prometedor de los probados. Este hallazgo es particularmente relevante en la búsqueda de alternativas naturales y efectivas para el control de infestaciones de piojos, donde la reducción del uso de químicos sintéticos es cada vez más demandada. Por otro lado, las combinaciones de eugenol-linalol y linalol también demostraron altos niveles de eficacia, con porcentajes de mortalidad promedio de 83,3% y 80,8%, respectivamente. Estos resultados indican que el linalol es un compuesto eficaz por sí solo, aunque su potencial puede ser aún mayor cuando se combina con eugenol. En contraste, el emulgel con timol solo presentó una actividad ovicida intermedia, con un 46,7% de mortalidad, lo que sugiere que su eficacia es menor cuando no se combina con otros AEs. El eugenol, cuando se aplicó solo, resultó ser el menos eficaz, con un porcentaje de mortalidad del 14,81%. Sin embargo, su contribución a las combinaciones con timol y linalol demuestra que, aunque su acción aislada sea limitada, en combinación puede incrementar significativamente la eficacia de los tratamientos. En conjunto, estos resultados subrayan la importancia de las interacciones sinérgicas entre AEs en el desarrollo de tratamientos pediculicidas. La combinación de eugenol-timol no solo es la más efectiva, sino que también podría representar una alternativa viable y natural a los tratamientos convencionales, especialmente en un contexto donde la resistencia a los productos químicos sintéticos es una preocupación creciente. Estos hallazgos sugieren que la combinación de AEs podría optimizarse aún más para maximizar su eficacia y seguridad, lo que abre la puerta a futuros estudios y aplicaciones en la lucha contra infestaciones de piojos.

6 REFERENCIAS

1. Picollo, M.I., Vassena, C., Casadio, A., Massimo, J., Zerba, E., 1998. Laboratory studies of susceptibility and resistance to insecticides in *Pediculus capitis* (Anoplura: Pediculidae). J. Med. Entomol. 35, 814–817.
2. Ochoa-Andrade, A., Parente, M.E., JimenezKairuz, A.F., Boinbaser, L. and Torregrosa, A. Study of the influence of formulation variables in bioadhesive emulgels using response surface methodology. AAPS Pharm. Sci. Tech. 18, 2269–2278 (2017).
3. Lucia, A., Toloza, A.C., Guzman, E., Ortega, F., Rubio, R.G., 2017. Novel polymeric micelles for insect pest control: encapsulation of essential oil monoterpenes inside a triblock copolymer shell for head lice control. PeerJ. 5, e3171.
4. Gallardo, A., Mougabure-Cueto, G., Vassena, C., Picollo, M.I., Toloza, A.C., 2012. Comparative efficacy of new commercial pediculicides against adults and eggs of *Pediculus humanus capitis* (head lice). Parasitol. Res. 110, 1601–1606.