

INFESTACIÓN POR SARCOPTES SCABIEI (SARCOPTIDAE) EN UN CONEJO DOMÉSTICO (ORYCTOLAGUS CUNICULUS) EN ECUADOR

INFESTATION BY SARCOPTES SCABIEI (SARCOPTIDAE) IN A DOMESTIC RABBIT (ORYCTOLAGUS CUNICULUS) IN ECUADOR

Jaime Javier Martínez Zambrano¹, Melany Alajo², Jennifer Rodríguez Alvarado³, Ángel Paucar⁴

{jaime.martinez@esPOCH.edu.ec¹, melany.alajo@esPOCH.edu.ec², jennyfer.rodriguez@esPOCH.edu.ec³, dario.paucar@esPOCH.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 17 de julio de 2024 / Fecha de aceptación: 20 de agosto de 2024 / Fecha de publicación: 26 de agosto de 2024

RESUMEN: El presente estudio investiga un caso de sarna sarcóptica en un conejo destinado a fines académicos en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, dentro de la Carrera de Medicina Veterinaria. El animal presentaba síntomas clínicos que incluían prurito, formación de costras en la piel, disminución del apetito y reducción en la frecuencia de defecación. El objetivo principal evaluar sus signos clínicos, determinar su diagnóstico y manifestaciones clínicas, así como detallar su tratamiento en la infestación por *S. Scabiei* en un conejo de la raza *Oryctolagus cuniculus*. La metodología utilizada fue el examen físico y una prueba de raspado de piel, y como resultado se reveló que el paciente tenía formación de costras y alopecia en la nariz junto con lesiones en los dedos y se observó una alta densidad de ácaros mediante microscopía. Confirmando el diagnóstico de escabiosis, y se realizó el tratamiento con ivermectina, complementado con cuidados antisépticos utilizando clorhexidina, demostrando ser efectivo. Sin embargo, la falta de información sobre las condiciones de transporte y ambiente del conejo limita la comprensión del origen del contagio, lo que subraya la necesidad de estudios adicionales sobre la prevalencia de esta infestación en Ecuador, e incluso situaciones de estrés como una posible causa en la infestación de *Sarcoptes* sp.

Palabras clave: Sarna sarcóptica, conejo, raspado, ivermectina

ABSTRACT: The present study investigates a case of sarcoptic mange in a rabbit destined for academic purposes at the Polytechnic School of Chimborazo, within the Veterinary Medicine Career. The animal presented clinical symptoms that included itching, crusting of the skin, decreased appetite and reduction in the frequency of defecation. The main objective was to evaluate its clinical signs, determine its diagnosis and clinical manifestations, as well as detail

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)-Ecuador, <https://orcid.org/0009-0002-3033-993X>, +5930993981084

²Clínica Veterinaria, <https://orcid.org/0009-0005-2293-8109>

³Clínica Veterinaria, <https://orcid.org/0009-0002-2576-1044>

⁴Clínica Veterinaria, <https://orcid.org/0009-0000-3201-1095>

its treatment in the infestation by *S. Scabiei* in a rabbit of the *Oryctolagus cuniculus* breed. The methodology used was the physical examination and a skin scraping test, and as a result it was revealed that the patient had crusting and alopecia on the nose along with lesions on the fingers and a high density of mites was observed by microscopy. Confirming the diagnosis of scabies, treatment was carried out with ivermectin, complemented with antiseptic care using chlorhexidine, proving to be effective. However, the lack of information on the conditions of transport and environment of the rabbit limits the understanding of the origin of the infection, which underlines the need for additional studies on the prevalence of this infestation in Ecuador, and even stress situations as a possible cause in the infestation of *Sarcoptes sp.*

Keywords: *Sarcoptic mange, rabbit, scraping, ivermectin*

INTRODUCCIÓN

La sarna sarcóptica o escabiosis es una enfermedad cutánea altamente contagiosa causada por la especie de ácaro *Sarcoptes scabiei* (1). Se ha informado de esta infestación por ácaros a nivel mundial en al menos 104 especies de huéspedes mamíferos, incluidos mamíferos domésticos y salvajes, así como en humanos (2). El *S. scabiei* es un ácaro excavador y todo su ciclo biológico tiene lugar en el hospedador. Los ácaros hembra fecundados crean pseudotúneles en las capas externas de la piel y ponen huevos en ellos. También pueden encontrarse larvas jóvenes dentro de la piel, mientras que las larvas más viejas, las ninfas y los machos habitan en la superficie cutánea. Los ácaros se alimentan de linfa y células epiteliales desprendidas (3).

El comportamiento alimentario de larvas y ninfas causa provoca dermatológicamente engrosamiento, arrugas, formación de costras, producción de escamas, hiperqueratosis extensa y alopecia alrededor del pabellón auricular, la nariz, los labios, la cara, las piernas, el abdomen, la región perianal y los genitales (4). Los cambios clínicos incluyen anemia, leucopenia y, en casos severos, amiloidosis hepática o renal; además, las infecciones crónicas pueden resultar en anorexia, letargo, emaciación y, en última instancia, la muerte del animal (5).

La sarna sarcóptica en conejos se clasifica como una enfermedad emergente y poco común (5), aunque se han documentado casos en varios países, incluyendo Israel (6), Corea del Sur (7) y Estados Unidos. Esta afección no solo impacta a los conejos destinados a la producción de carne, sino que también afecta a poblaciones silvestres y conejos domésticos. En 2017, la Organización Mundial de la Salud incluyó la sarna sarcóptica en su lista de Enfermedades Tropicales Desatendidas, reconociendo que la transmisión directa a humanos, a través del contacto con conejos infestados por puede provocar dermatitis autolimitada en humanos (8). Así, la sarna sarcóptica es considerada tanto una enfermedad zoonótica como epizoótica, debido a su naturaleza contagiosa que puede afectar simultáneamente a múltiples animales.

El presente artículo tiene como objetivo el describir un caso de infestación por *S. Scabiei* en un conejo de la raza *Oryctolagus cuniculus*, evaluar sus signos clínicos, determinar su diagnóstico y manifestaciones clínicas, así como detallar su tratamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Anamnesis

Un conejo macho de raza Cabeza de León, de 7 meses de edad y con un peso corporal de 1,8 kg, sospechoso a sarna fue revisado por estudiantes y docentes de la carrera de Medicina Veterinaria de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en mayo de 2024. El animal, destinado a fines académicos de reproducción en un proyecto de investigación de la Facultad de Ciencias Pecuarias, se adquirió en la ciudad de Latacunga y se trasladó a Riobamba.

Además, se mencionó el precedente que fue sometido a un contacto con distintas hembras y un posible manejo inadecuado del conejo, lo que permitió que machos y hembras estuvieran juntos sin alguna precaución o control evitando enfermedades. Siguiendo con la indagación, también se reportó que el animal había sido sometido a múltiples traslados entre diferentes instalaciones durante un período de dos semanas, lo que habría generado un estado de ansiedad y depresión en el animal.

Examen clínico

El conejo presentó un cuadro clínico caracterizado por lesiones costrosas en nariz, patas y testículos, pequeñas zonas alopécicas junto a las lesiones y disminución del apetito y la frecuencia defecatoria. Con los datos recabados tras la anamnesis se puede determinar que el lugar de adquisición del animal, el manejo inadecuado del conejo y los constantes y repentinos traslados propiciaron la infestación por *S. Scabiei* en el animal, aludiendo así también otro factor importante como el estrés.

Examen de raspado de piel

El método de diagnóstico de laboratorio de ácaros es el raspado de la piel de los bordes de las lesiones en animales sospechosos. En este caso, se tomaron muestras de una de las extremidades anteriores afectadas utilizando una hoja de bisturí roma nº 10 y humedeciendo la piel con aceite mineral; se raspó una superficie de 2.5 cm² hasta inducir un ligero sangrado. Las muestras obtenidas, que incluían dermis, epidermis, escamas y pelos, fueron procesadas mediante el método de frotis directo y examinadas bajo un microscopio óptico a aumentos de 10x y 40x para determinar la presencia de ácaros.

Tratamiento

El tratamiento eficaz de la sarna en conejos puede lograrse mediante la utilización de parasiticidas o acaricidas específicos. En este estudio, se aplicó un protocolo de tratamiento que incluyó la administración de una pipeta de fluralaner entre las escápulas del conejo, el primer día tras la identificación de la causa de las lesiones. Este tratamiento se complementó con el lavado diario de las áreas afectadas utilizando yodo povidona al 10%, así como la colocación de un collar isabelino para prevenir que el conejo se lastimara debido al intenso prurito.

Al quinto día de control, se realizó un nuevo raspado de la piel, donde se observó que la carga parasitaria era igual o mayor a la del primer día. En respuesta a esta situación, se administró una inyección subcutánea de ivermectina a una dosis de 0,4 mg/kg. Este tratamiento se acompañó de

baños con clorhexidina al 0,3% y de la extracción manual de las costras en las áreas afectadas durante el baño, lo que facilitó su remoción al humedecerlas. No obstante, la extracción de las costras dejó la piel sensible e irritada. Para mitigar estos efectos, se aplicó una crema que contenía gentamicina (como sulfato), clotrimazol, betametasona-17-valerato, lidocaína base (como clorhidrato) y vitamina A palmitato. Esta formulación actuó como ungüento antibacteriano, antimicótico, antiinflamatorio, antipruriginoso y cicatrizante.

Como resultado de este tratamiento, a los cinco días posteriores, el raspado mostró una disminución casi total de la infestación, con ausencia de Sarcoptes adultos, aunque todavía se detectaron huevos del parásito. Para controlar esta situación, se continuaron los baños rutinarios, se realizó una última aplicación de ivermectina subcutánea y se llevó a cabo la desinfección del entorno del conejo y sus alrededores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al conejo de la raza *Oryctolagus cuniculus* se realizó un examen clínico para evaluar la enfermedad en la cual se encontró hiperqueratosis de las extremidades distales como una capa gruesa de costras secas, distribuidas en las superficies dorsales la nariz, bordes del hocico, patas y escroto, además, en los dedos de todas las extremidades revelaron griposis y alopecia. En la figura 1a, b, 2c, se muestra claramente las lesiones.



Figura 1. Lesiones macroscópicas identificadas en el conejo sospechoso de *s. scabiei*. a y b. conejo con ostras secas nariz y hocico costras secas en dedos de las patas.



Figura 2. Lesiones macroscópicas identificadas en el conejo sospechoso de *s. scabiei*. c. costras en ambos testículos.

En el examen microscópico del raspado de piel se observó una alta densidad de ácaros móviles con morfología característica, distribuidos entre los pelos y restos queratinosos. Estos ácaros estaban en todas las fases de su ciclo de vida, incluyendo huevo, larva, ninfa y adulto, además de otras impurezas. La identificación morfológica del ácaro, caracterizado por un cuerpo no segmentado, de forma ovoide, similar a una tortuga, y con cuatro pares de patas, permitió confirmar que las lesiones cutáneas y los signos clínicos observados en el conejo eran atribuibles a *Sarcoptes* sp. En la Figura 3a, b, se visualiza los hallazgos de las Fotomicrografías.

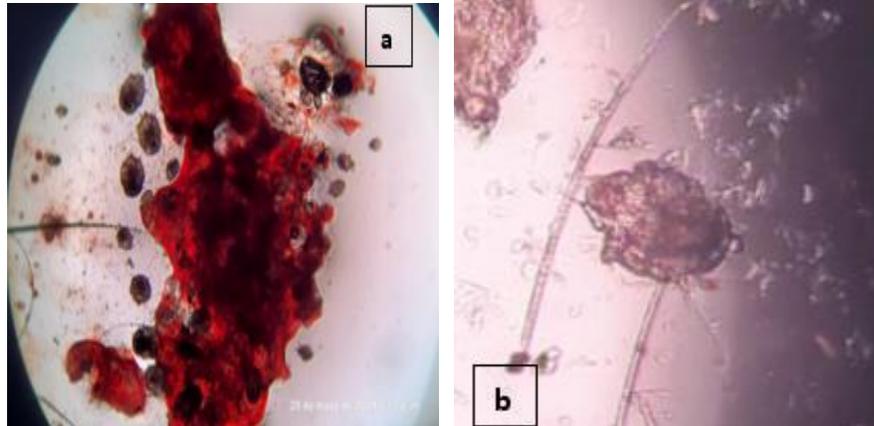


Figura 3. Fotomicrografías del acaro sarcóptico del raspado de piel del conejo. a. ácaros en diferentes fases reproductivas, en raspado cutáneo de la nariz. b. morfología de *scarcoptes* sp.

Se puede observar que al día 5 días del control, las lesiones dérmicas del conejo se mantuvieron y el mismo o mayor número de ectoparásitos. A partir de los 15 días post tratamiento el conejo empezó con un aumento de peso y un estado de actividad más dinámico, y para los 20 días el conejo se encontraba totalmente libre de lesiones macroscópicas y saludable como se muestra en la Figura 3 donde se puede notar la recuperación de las zonas afectadas.

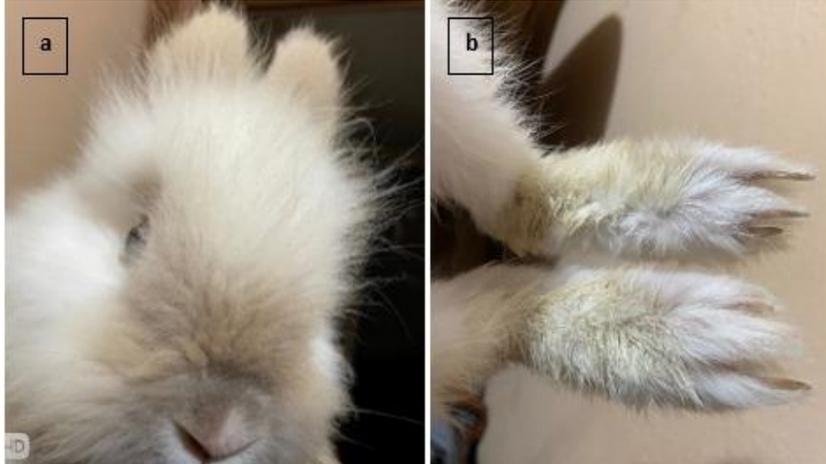


Figura 4. Recuperación del conejo en las áreas mayormente afectadas.

DISCUSIÓN: En nuestro estudio se realizaron los procedimientos tradicionales respectivos para el diagnóstico del ectoparásito acariforme *Sarcoptes scabiei*, mediante raspado cutáneo, aceite de inmersión y la examinación exhaustiva con ayuda de microscopía óptica, favoreciendo la visualización eficiente de los parásitos adultos determinando características similares a las descritas por estudios previos (10) (11), las cuales se exponen como descamación epitelial como mayor evidencia, junto con pápulas enrojecidas eritematosas con acción pruriginosa, alopecia, escamación de epitelio, y las regiones típicas en conejos correspondiente a la nariz, pabellón auricular externo, labio superior e inferior, región genital, cuello y patas (10).

Las lesiones identificadas, poseen una cierta limitación al desconocer el grado de extensión de manera objetiva, por ello resulta favorable la manera de estadificar la extensión de las costras producidas en el conejo por infestación de *S. scabiei* como lo expresa un estudio dedicado a descubrir los factores de resistencia a la infestación (12), clasificando por puntuación numérica de entre 0 a 4 para la aparición de las lesiones en las extremidades, agregando que valores extras corresponden a lesiones reportadas en nariz y orejas, coincidiendo con la información obtenida, el conejo que se reportó en nuestro caso de estudio se obtendría una puntuación de 3, puesto que las lesiones encontradas son inferiores a 15cm², enfatizando que tales aspectos son importantes en futuras evaluaciones clínicas.

En este mismo estudio se identifica un orden de apareamiento de las lesiones probado en 10 individuos, siguiendo una secuencia que empieza por las extremidades traseras anteriores y posteriores, la raíz de la garra, siguiendo hacia proximal por la región de las patas, hasta llegar a la porción craneal y por último la rostral, coincidiendo con la evolución de las lesiones en nuestro estudio de caso (12).

El diagnóstico complementario que se podría usar por su rapidez y economía es la hematología que, en casos de infestación temprana, otorga un diagnóstico presuntivo de ectoparásitos, evitando llegar a la manifestación clínica evidente como sucedió en nuestro estudio. Estudios recientes de la última década (13) reportan recuentos de neutrofilia, eosinofilia y linfopenia, con hallazgos de alteración en neutrófilos por presencia concomitante de infección por bacterias

oportunistas en la piel, las cuales van a proliferarse por el ambiente húmedo encontrado en las patas, como se evidenció en nuestro caso.

En diferencias al tema diagnóstico de la infestación, existen pruebas alternativas efectivas en la identificación del parásito a diferencia del raspado cutáneo convencional que se efectuó en nuestro caso reportado, por ello se encuentra la prueba de Hidróxido de Potasio, que tras la obtención de lesiones epidérmicas (costras) maceradas en KOH (10%) junto a agua en fase de ebullición, los estadios adultos así como fases previas del parásito mueren y la piel se disuelve, permitiendo una visualización óptima del parásito (*S. Scabiei*). Sin embargo, implica dificultades en sus costos y alteración de la muestra (11).

En un estudio que se realizó en 12 conejos, se utilizó como en nuestro caso de estudio una isoxazolina (fluralaner), sin embargo, con cierta diferencia a nuestro caso clínico, puesto que utilizaron 25ml/kg a dosis única por vía oral, esta correspondía a una dosificación con alto índice de seguridad al no observarse efectos adversos de toxicidad en todos los animales tratados, además que se discute el uso de desinfectantes que favorecen la eliminación del parásito en el entorno ambiental del conejo, utilizando desinfectante en aerosol (1% de butóxido de piperonilo, 0,3 de permetrina, y 0,2% de tetrametrina), lo cual esta estrategia no se utilizó en nuestro caso, por último se menciona que el efecto prolongado que produjo la isoxazolina, hizo que se encontraran los animales desprovistos del ácaro y signos de lesiones dérmicas a los 21 días (14).

Respecto a la prevalencia de la sarna sarcóptica en conejos, un trabajo investigativo realizado en Kuala Lumpur correspondía 9,29%, siendo este significativo en relación con 140 conejos. En la prevalencia del sexo se descubrió que esta era mayor en machos (53,86%) que en hembras (30,88%), esto podría explicar del porque los machos son los principales transmisores del ácaro por montas con fines reproductivos y la prevalencia de las lesiones afectaban más en hembras que en machos según un estudio reciente (15).

Respecto a la edad, en el mismo estudio se contrastó la información existente con la nuestra indicando una mayor prevalencia en animales de edades tempranas que en adultos y gerontes, por el desarrollo de la inmunidad adaptativa al parásito (15).

Para el diagnóstico del parásito mediante el uso de microscopía óptica, la principal limitación en su identificación morfológica corresponde a la experiencia y experticia del investigador, clínico, etc. Puesto que la enfermedad de la sarna sarcóptica, se puede confundir con otra gama de enfermedades dermatológicas como la demodicosis y la tiña, pero la principal forma de diferenciarla corresponde a que *S. scabiei* produce lesiones en la epidermis más profunda que las anteriormente mencionadas (16).

En relación con protocolos de tratamiento con antiparasitarios externos utilizando lactonas macrocíclicas, un estudio que se utilizó Doramectina en conejos angora existe similitud en su uso y propósito contra la sarna sarcóptica con nuestro trabajo, sin embargo, explica que aplicar tal familia de fármacos por vía inyectable subcutánea en lugar de baños con desinfectantes, posee ventajas de mayor efectividad y rapidez terapéutica, generando un menor estrés en su manejo terapéutico (17).

En contraste a nuestro caso, la ivermectina utilizada en dosis de 0,2 a 0,4 mg/kg de peso corporal administrada por vía subcutánea una vez cada 2 semanas durante 2 a 3 tratamientos, suele ser un tratamiento sencillo, seguro y eficaz como se menciona en un estudio experimental en conejos infestados por *S. scabiei* (18). La estrategia de bañar a los pacientes con clorexidina al 2%, según un artículo que analizaba la reducción de la supervivencia de *A. baumannii* (bacteria aeróbica estricta), esta concentración confería protección eficiente ante patógenos oportunistas, explicando así el uso en nuestro caso de estudio, puesto que, tras la caída de las costras, los animales están susceptibles a infecciones secundarias (19).

CONCLUSIONES

Este artículo presenta un caso de infestación por *Sarcoptes scabiei* en un conejo de la raza *Oryctolagus cuniculus*, destacando la importancia de evaluar los signos clínicos y las manifestaciones asociadas a esta patología. A través del análisis microscópico de las lesiones cutáneas, se confirmó el diagnóstico de escabiosis, y el tratamiento con ivermectina, complementado con cuidados antisépticos utilizando clorhexidina, demostró ser efectivo. Sin embargo, la falta de información sobre las condiciones de transporte y ambiente del conejo limita la comprensión del origen del contagio, lo que subraya la necesidad de estudios adicionales sobre la prevalencia de esta infestación en Ecuador, e incluso situaciones de estrés como una posible causa en la infestación de *Sarcoptes sp.* Por lo tanto, es esencial implementar medidas higiénicas adecuadas y considerar la investigación de nuevos acaricidas o el desarrollo de vacunas para mejorar el manejo de esta enfermedad y prevenir su transmisión zoonótica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arlian, Larry G, and Marjorie S Morgan. "A review of *Sarcoptes scabiei*: past, present and future." *Parasites & vectors* vol. 10,1 297. 20 Jun. 2017, doi:10.1186/s13071-017-2234-1
2. Bornstein S, Mörner T, Samuel WM. *Sarcoptes scabiei* and sarcoptic mange. In: Samuel WM, Pybus MJ, Kocan AA, editors. *Parasitic Diseases of Wild Mammals*. 2nd ed. Ames, USA: Iowa State University Press; 2001. pp. 107–119
3. Pence, D B, and E Ueckermann. "Sarcoptic mange in wildlife." *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)* vol. 21,2. 2002: 385-98.
4. Kachhawa JP, Kachhawa S., Srivastava M., Chahar A., Singh NK Manejo terapéutico en conejos. *Intas Polivet* . 2013; 14 (2):306–308.
5. Scott DW, Miller WH Jr., Griffin CE. *Dermatoses of Pet Rodents, Rabbits, and Ferrets*. Muller & Kirk's *Small Animal Dermatology*. 2001;1415-1458. doi:10.1016/B978-0-7216-7618-0.50025-0
6. Eshar, D. Prevalence of sarcoptic mange in pet rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in Israel. *Israel Journal of Veterinary Medicine* 2010. 65: 140-141.
7. Choe S, Kim S, Na KJ, et al. First Infestation Case of Sarcoptic Mange from a Pet Rabbit *Oryctolagus Cuniculus* in Republic of Korea. *The Korean journal of parasitology* vol. 58,3. 2020;58(3):315-319. doi:10.3347/kjp.2020.58.3.315
8. Engelman, D., Fuller, L. C., Steer, A. C., & International Alliance for the Control of Scabies Delphi panel. Consensus criteria for the diagnosis of scabies: A Delphi study of international

- experts. PLoS neglected tropical diseases, 2018. 12(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006549>
9. Abd El-Ghany W. A. (2022). Mange in Rabbits: An Ectoparasitic Disease with a Zoonotic Potential. *Veterinary medicine international*, 2022, 5506272. <https://doi.org/10.1155/2022/5506272>
 10. Arlian, L. G., Runyan, R. A., & Estes, S. A. (1984). Cross infestivity of *Sarcoptes scabiei*. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 10(6), 979–986. [https://doi.org/10.1016/s0190-9622\(84\)80318-7](https://doi.org/10.1016/s0190-9622(84)80318-7)
 11. Wei, W., Ren, Y., Shen, N., Song, H., Xu, J., Hua, R., Zhang, H., Angel, C., Gu, X., Kuang, L., Xie, Y., Peng, X., Xie, X., & Yang, G. (2019). Comparative analysis of host resistance to *Sarcoptes scabiei* var. *cuniculi* in two different rabbit breeds. *Parasites & Vectors*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3764-5>
 12. Casais, R., Dalton, K. P., Millán, J., Balseiro, A., Oleaga, Á., Solano, P., Félix Goyache, Fernández, A., & Parra, F. (2014). Primary and secondary experimental infestation of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) with *Sarcoptes scabiei* from a wild rabbit: Factors determining resistance to reinfestation. *Veterinary Parasitology*, 203(1-2), 173–183. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.03.001>
 13. Abdelaziz, E., Elbahy, N., El-Bahrawy, A., Elkhatam, A., & AbouLaila, M. (2022). Prevalence, hematological, serum biochemical, histopathology, and molecular characterization of *Sarcoptes scabiei* in naturally infected rabbits from Minoufiya Governorate, Egypt. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 36, 100788. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2022.100788>
 14. d’Ovidio, D., & Santoro, D. (2021). Efficacy of Fluralaner in the Treatment of Sarcoptic Mange (*Sarcoptes scabiei*) in 12 Pet Rabbits. *Topics in Companion Animal Medicine*, 43, 100528. <https://doi.org/10.1016/j.tcam.2021.100528>
 15. Kumar, V., Mustofa Helmi Effendi, Nunuk Dyah Retno Lastuti, Nusdianto Triakoso, & Maudika Pamela Fiorenza. (2022). Prevalence and Severity of Scabies (*Sarcoptes scabiei*) on Rabbits in Kuala Lumpur City. *Journal of Parasite Science*, 6(1), 23–23. <https://doi.org/10.20473/jops.v6i1.34286>
 16. Yulia Farida Yahya, Inda Astri Aryani, Merlina Juhendy, & Tiar Marina Octyvani. (2019). Comparison of videomicroscope and dermoscopy examination in detecting *Sarcoptes scabiei*. *Journal of Physics Conference Series*, 1246(1), 012068–012068. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1246/1/012068>
 17. Huseyin Voyvoda, Bulent Ulutas, Eren, H., Tulin Karagenc, & Goksel Bayramli. (2005). Use of doramectin for treatment of sarcoptic mange in five Angora rabbits. *Veterinary Dermatology*, 16(4), 285–288. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2005.00446.x>
 18. Kumar, A., Kumar, R., & Archana, K. N. (2018). A successful treatment report on rabbits infected with sarcoptic mange. *Pharma Innov J*, 7(2), 1-3.
 19. Martínez Reséndez, M. F. (2024). El impacto de los baños de clorhexidina en la colonización del paciente críticamente enfermo y su entorno (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).