



Efectividad de la fotobiomodulación en caninos con alopecia X: impacto en crecimiento piloso e hiperpigmentación.

Effectiveness of photobiomodulation in canines with alopecia X: impact on hair growth and hyperpigmentación.

Mvz Esp Katherine Chaguay Villamar Dermatoterapia Dermatología Veterinaria. Guayaquil Ecuador

Mvz Esp Msc Verónica Pareja Mena Dermavet Cevet. Quito Ecuador

Dmvz Esp Msc Matilde Lorena Zapata Saavedra. Utmach Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuaria. Machala Ecuador
e-mail para correspondencia vetkathy@hotmail.com

PALABRAS CLAVE:

Alopecia, fototerapia, terapias alternativas, regeneración pilosa, tratamiento no invasivo

RESUMEN

La alopecia X canina es un trastorno dermatológico de etiología incierta que afecta principalmente a razas con subpelaje denso, caracterizándose por la pérdida simétrica de pelo y la hiperpigmentación de la piel en áreas afectadas. Dada la limitada efectividad y los efectos secundarios de los tratamientos convencionales, este estudio evaluó la eficacia de la fotobiomodulación con Phovia como alternativa menos invasiva. Se incluyeron cuatro perros diagnosticados clínicamente con alopecia X y se les aplicó un protocolo estandarizado de fotobiomodulación dos sesiones semanales durante 12 semanas, aunque en unos casos se extendió el tiempo hasta ver crecimiento piloso. Los resultados mostraron mejoras notables en la regeneración capilar, alcanzando hasta un 90% en algunos pacientes, con variabilidad en los tiempos de respuesta. Adicionalmente, se observaron mejoras significativas en la textura y la hiperpigmentación cutánea sin efectos adversos reportados. Estos hallazgos sugieren que la fotobiomodulación con Phovia puede ser una opción terapéutica viable, segura y eficaz para el tratamiento de la alopecia X, destacándose sobre otros métodos convencionales por su tolerancia y baja incidencia de efectos secundarios. Se recomienda realizar estudios adicionales que exploren la optimización de los protocolos y la combinación de Phovia con otras terapias dermatológicas.

ABSTRACT:

Alopecia X is a non-inflammatory, symmetrical hair loss condition of unknown etiology, predominantly affecting dog breeds with dense undercoats. It is commonly characterized by bilateral alopecia, skin hyperpigmentation, and absence of systemic signs. Due to the limited efficacy and potential side effects associated with conventional treatments, this study aimed to evaluate the efficacy and safety of Phovia photobiomodulation therapy as a non-invasive therapeutic alternative. Four dogs clinically diagnosed with alopecia X were treated using a standardized light therapy protocol, applied twice weekly over a 12-week period. In cases with delayed response, the treatment was extended until notable hair regrowth was achieved. The results demonstrated significant improvements in hair density, with up to 90% regrowth observed in some patients. Additionally, enhancements in skin texture and a reduction in hyperpigmentation were recorded. No adverse effects were reported during the treatment period. These findings support the potential of Phovia phototherapy as a safe, well-tolerated, and effective option for managing alopecia X in dogs. Further research is warranted to standardize treatment parameters and assess long-term outcomes, including the potential for combination with other dermatological therapies.

Key words:

Alopecia, phototherapy, alternative therapies, hair regeneration, non-invasive treatment.

INTRODUCCIÓN:

La alopecia X canina es un trastorno dermatológico caracterizado por la pérdida bilateral simétrica de pelo, no inflamatoria y progresiva, y puede acompañarse de hiperpigmentación en las áreas afectadas. Afecta principalmente al tronco y las zonas proximales de las extremidades, mientras que la cabeza y extremidades distales suelen quedar indemnes. (1) (3) (10) (11)

El término "X" se atribuye a la falta de conocimiento sobre sus causas exactas, y sus respuestas a tratamientos convencionales son diversas e inconsistentes. (3) Este trastorno se ha vinculado a una disfunción en el ciclo folicular, con folículos pilosos detenidos en la fase telógena, impidiendo que el folículo entre en la fase anágena de crecimiento, y una eventual hiperpigmentación en las áreas afectadas, que en casos severos da lugar a una apariencia de "piel negra". (4)

Es común en razas con subpelaje denso como el Pomerania, Samoyedo, Chow Chow y Malamute de Alaska.(2)(9) Keeshonds y poodles miniatura o toys, (12) aunque ésta última tiene un tipo de pelaje completamente diferente.(13) Los machos parecen ser más susceptibles, aunque la condición también se presenta en hembras. (14)(15)(4)(3)(16) La enfermedad afecta principalmente a adultos jóvenes, pudiendo presentarse antes del año de edad y otros desarrollar la enfermedad hasta los 4 o 5 años. (13) Se ha sugerido que factores genéticos juegan un papel importante, pues se ha observado la condición predominantemente en linajes específicos, sugiriendo una herencia de predisposición genética en estas razas. (14)(3)

La etiología exacta sigue siendo incierta. Se han propuesto múltiples teorías, principalmente relacionadas con desequilibrios hormonales que incluyen las hormonas sexuales y de crecimiento. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que no todos los perros afectados presentan anomalías hormonales significativas,

sugiriendo que otros mecanismos están involucrados en la patogénesis. (14)(15) Entre las teorías, se ha explorado la implicación de la vía de señalización de los receptores de estrógeno, y aunque se han realizado estudios para evaluar el papel de estos receptores en el ciclo del pelo, los resultados han sido variados y no concluyentes.(4)(3)(14)

Esta alopecia no es pruriginosa y está acompañada de hiperpigmentación en las áreas afectadas. (3) No se asocia a síntomas sistémicos, diferenciándola de otras afecciones endocrinas, lo que implica que el diagnóstico clínico de la alopecia X es principalmente un proceso de exclusión. Se deben descartar otras causas de alopecia mediante pruebas adicionales como análisis de sangre para evaluar la función tiroidea y adrenal, y biopsias cutáneas. Además, las pruebas cutáneas, como el raspado de piel y la citología, se realizan para excluir infecciones que podrían explicar la pérdida de pelo. (2)(15)(17)

Los criterios diagnósticos incluyen la observación de la simetría en la pérdida de pelo, la ausencia de prurito y la exclusión de patologías sistémicas mediante pruebas diagnósticas complementarias. (17)(2)

El diagnóstico histopatológico permite diferenciarla de otras causas posibles de alopecia. Las biopsias de piel muestran características típicas, como la detención del ciclo folicular en las fases telógena y kenógena. Esto significa que los folículos pilosos permanecen en una fase de reposo sin entrar en la fase anágena de crecimiento, que es esencial para la regeneración del pelo. También se observa queratinización tricolémica excesiva, comúnmente conocida como folículos en flama (*flame follicles*), que se caracterizan por picos de queratina fusionada que sobresalen del folículo, dando un aspecto ardiente, y junto con hiperqueratosis ortoqueratósica, atrofia folicular y epidermis delgada con hiperpigmentación. (18)(14)(3)(19) Fig. 1

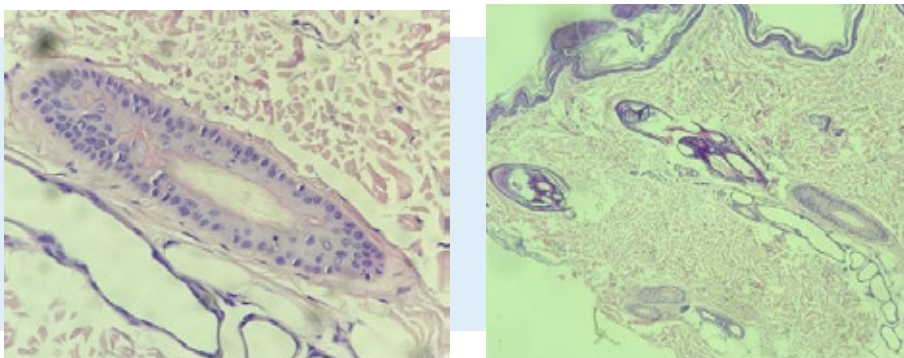


Fig. 1. Histopatología obsérvese folículos pilosos telogénicos con excesiva queratinización triquilemal, llamado "flame follicles" Fuente: Dra. Lorena Zapata.

Estudios han indicado que la presencia de "flame follicles", es una característica más común en la alopecia X que en otras dermatopatías, ayudando a diferenciar esta condición de otras formas de alopecia no inflamatoria. (19)(17)(3)

La terapéutica abarca una variedad de enfoques, que incluyen terapias hormonales, tratamientos cosméticos y procedimientos más invasivos.

La suplementación con melatonina ha sido considerada el tratamiento de elección para los pacientes esterilizados, ya que contribuye al crecimiento de los folículos afectados, aunque no se tiene certeza de su mecanismo de acción. (21) Asimismo, el uso del trilostano, un inhibidor competitivo de la deshidrogenasa 3 -hidroxiesteroide, produjo un recrecimiento

total del pelo en un 85% de Pomeranias y en todos los Poodle miniatura entre cuatro y ocho semanas. (22) En casos más severos de alopecia X, se han explorado tratamientos más invasivos, como el *microneedling* (2) y el uso de implantes hormonales como los de deslorelina, han mostrado resultados prometedores, especialmente en perros machos enteros.(15) (9) (2) (21) (23)

Estos tratamientos se utilizan de manera individual o combinada, dependiendo de la respuesta clínica observada y las necesidades del paciente.

La elección del tratamiento depende de múltiples factores, incluyendo la salud general del animal, la gravedad de la condición y las preferencias del propietario.

Fotobiomodulación (PBM) con Phovia como Terapia Alternativa:

Phovia es una tecnología de PBM que utiliza un sistema de luz LED y un gel foto conversor, el cual transforma la luz LED en longitudes de onda específicas mediante el uso del gel foto conversor, permitiendo una penetración óptima y una respuesta biológica dirigida. Esto promueve la regeneración tisular, mejora la salud cutánea y reduce la inflamación y acelera el proceso de cicatrización.(4) También se ha demostrado su efectividad en el tratamiento de infecciones bacterianas cutáneas y en la estimulación del crecimiento del pelo en zonas afectadas por alopecia. (4) Asimismo, ha mostrado ser seguro, con mínimas o nulas reacciones adversas, posicionándose como una opción viable para el manejo de condiciones dermatológicas.

Este tratamiento ha mostrado resultados favorables en el mejoramiento de la textura cutánea, la reducción de la hiperpigmentación y la estimulación del crecimiento capilar en diversas patologías dermatológicas caninas, aunque los estudios específicos en alopecia X son limitados. (7) (4) Investigaciones recientes la convierte en una opción viable para pacientes con alopecia X que no responden o no toleran otros tratamientos. (9) Además, las terapias con dispositivos LED y LLLT o terapia láser de bajo nivel han evidenciado beneficios notables en el crecimiento del pelo en pacientes con alopecia, especialmente cuando se emplean parámetros específicos de frecuencia y duración de las sesiones. (24) Este estudio tiene como objetivo evaluar la efectividad de la fotobiomodulación Phovia en la estimulación del crecimiento capilar, la mejora de la textura cutánea y la reducción de la hiperpigmentación en perros diagnosticados con alopecia X. También propone una alternativa no invasiva y segura frente a los tratamientos convencionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales:

Se utilizó equipo Phovia, gel cromóforo, gafas protectoras, espátulas, solución salina, guantes, gasas, reloj, libreta de apuntes y cámara de teléfono celular. (Fig 2)



Fig. 2. Materiales utilizados en el estudio
Procedimiento Experimental

Selección y Diagnóstico de Pacientes:

Los 4 perros de raza Pomerania participantes (2 hembras 2 machos) fueron seleccionados tras una evaluación clínica y dermatológica completa con signos característicos de Alopecia X (pérdida simétrica de pelo, hiperpigmentación y ausencia de prurito). Tuvieron exclusión de otras patologías mediante exámenes de sangre hormonales y de infecciones secundarias, y 2 con ausencia de tratamientos previos y los otros 2 con nada de respuesta a tratamientos previos de melatonina, trilostano, castración. En 2 perros se realizó histopatología para confirmar el diagnóstico y los otros 2 fue por diagnóstico clínico de exclusión. Se pide aprobación del propietario para participar en el estudio.

Aplicación de la Terapia Phovia:

Se siguió un protocolo estandarizado: Fig. 3

- Seleccionamos la zona alopécica en cada perro para la aplicación del tratamiento. Posterior se colocó el gel cromóforo Phovia sobre la zona seleccionada y se expuso a la luz fluorescente de Phovia durante 2 minutos Fig. 3A y Fig. 3B.
- El tratamiento consistió en dos sesiones semanales durante un periodo de 12 semanas. En algunos casos, se extendió la duración hasta que se observara un crecimiento piloso adecuado.

Procedimiento Post-Terapia:

Una vez finalizada la terapia, la zona tratada se limpió cuidadosamente con solución fisiológica para eliminar residuos del gel cromóforo y mantener la piel libre de irritantes. Fig. 3C

Baño Humectación semanal

con shampoo a base de coco o con ceramidas y ácidos grasos para mantener la hidratación de la piel y facilitar la regeneración cutánea.

Se realizaron evaluaciones semanales durante cada sesión de tratamiento, observando los siguientes parámetros:

- **Crecimiento del Pelo:** Se observó la densidad y longitud del pelo en la zona tratada.
- **Textura de la Piel:** Se evaluó la suavidad, elasticidad y posible engrosamiento de la piel en la zona tratada.
- **Hiperpigmentación:** Se observaron los cambios en la pigmentación de la piel, con especial atención a la reducción de la pigmentación.

La seguridad del tratamiento se evaluó registrando cualquier efecto secundario durante y después de las sesiones de terapia. Se prestó especial atención a signos de irritación cutánea, enrojecimiento, inflamación o cualquier comportamiento anómalo de los pacientes.



Fig 3 Pasos de la terapia Phovia. Fig 3A Colocación del gel cromóforo en zona alopécica a tratar. Fig 3B Aplicación de luz fluorescente Phovia en zona alopécica. Fig 3C Limpieza de la zona tratada con solución fisiológica.

Los datos recogidos de los parámetros antes descritos fueron analizados visualmente en donde se realizaron comparaciones antes y después del tratamiento en cada perro para evaluar la significancia de los resultados. Además, se analizaron los posibles efectos secundarios para determinar la seguridad y tolerancia del tratamiento con Phovia.

RESULTADOS

En todos los pacientes, se observó una mejora notable en la hiperpigmentación, en donde la piel comenzó a aclararse progresivamente a lo largo del tratamiento, pasando de tonos más oscuros a tonalidades más cercanas a las del resto de la piel no afectada. Este

cambio fue acompañado de una mejora en la textura cutánea; la piel se tornó visiblemente y al tacto más suave y menos reseca. El crecimiento del pelo fue variable entre los pacientes. A continuación, se detallan los resultados observados en cada uno de los casos:

Paciente 1: Pomerania hembra entera 1 año y medio.

Se observó crecimiento piloso a partir de la sexta semana de tratamiento. A las 12 semanas, se había alcanzado un mayor crecimiento del pelo en las áreas previamente alopecicas, a este paciente se extendió la terapia hasta la semana 16 en donde ya había alcanzado un crecimiento de pelo casi completo con una cobertura de pelaje denso y homogéneo, quedando zonas leves de hipotricosis en lateral de muslo. En cuanto a la textura de la piel no había resequedad como cuando empezó el cuadro alopecico, su piel y pelaje fue más suave y sedoso y se disminuyó la hiperpigmentación de la piel. Fig. 4,5,6,7



Fig. 4. Dia 1 de tratamiento, obsérvese las zonas alopecicas en cuello, cola, lateral derecho y lateral izquierdo del cuerpo, así como hiperpigmentación de zonas afectadas



Fig 5. Dia 45 (6ta semana). Vease el inicio de crecimiento piloso y disminución de hiperpigmentación.



Fig. 6. Día 90 (12 ava semana). Observe un mayor crecimiento piloso en zonas afectadas.



Fig 7. Día 120 (16 ava semana). Nótese el crecimiento piloso casi completo y mejora en la textura del pelo y piel y escasa hiperpigmentación.

Paciente 2:

Pomerania macho entero 1 año edad. El crecimiento piloso comenzó a observarse en la octava semana de tratamiento. Sin embargo, a las 12 semanas, el paciente había alcanzado un moderado crecimiento piloso, con ciertas áreas que mostraban aun signos de alopecia, con una textura de la piel más suave y con menos pigmentación. Fig. 8 y 9



Fig 8. Día 1 de tratamiento, obsérvese las zonas alopécicas e hiperpigmentación de la piel.



Fig 9. Día 90 (12 ava semana). Zona lateral derecha e izquierda del cuerpo con crecimiento piloso y disminución de hiperpigmentación.

Paciente 3:

Pomerania macho castrado 2 años de edad. Este caso mostró un inicio temprano del crecimiento del pelo a partir de la quinta semana, alcanzando una marcada regeneración capilar a las 12 semanas, con un evidente crecimiento del pelo casi completo y zonas de hipotricosis, con pelo y piel más sedoso y disminución de la hiperpigmentación. Fig. 10 y 11



Fig. 10 Día 1 de tratamiento, obsérvese las zonas alopécicas e hiperpigmentación de la piel.



Fig 11. Día 90 (12 ava semana). Zona lateral derecha e izquierda y vista dorsal del cuerpo con crecimiento piloso y disminucion de hiperpigmentación.

Paciente 4:

Pomerania macho castrado 3 años de edad. Este perro presentó un inicio más tardío en el crecimiento del pelo, comenzando en la octava semana. Al finalizar el periodo de observación en la semana 12, se había alcanzado un mínimo de crecimiento piloso, con zonas alopecicas aún presentes, lo cual sugiere una respuesta más lenta al tratamiento. La textura de la piel era más suave y en ciertas zonas se logró disminuir la pigmentación. Fig. 12 y 13

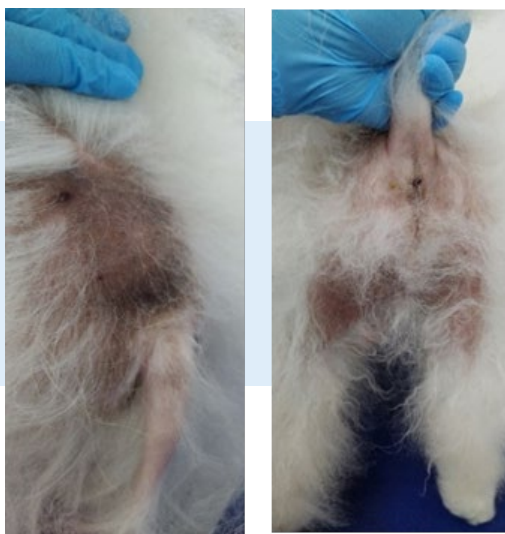


Fig 12. Día 1 de tratamiento, obsérvese las zonas alopecicas e hiperpigmentación de la piel en zona lumbosacra, cola y lateral de muslos.

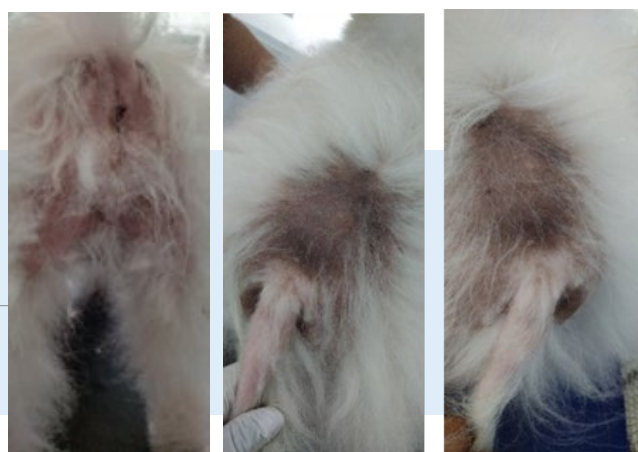


Fig. 13 Día 60. (8ta semana) Obsérvese el leve crecimiento piloso.



Fig 14. Día 90 (12 ava semana).
Observe el lento crecimiento piloso y
disminución de hiperpigmentación.

Durante el tratamiento, no se observaron efectos secundarios significativos en ninguno de los pacientes. La tolerancia a las sesiones de fotobiomodulación fue alta, sin signos de irritación, inflamación o molestias en la piel tratada. Los perros mostraron un comportamiento normal después de cada sesión, lo que respalda la seguridad del tratamiento con Phovia como una opción no invasiva y bien tolerada.

DISCUSIÓN.

Los resultados de este estudio sugieren que la terapia de fotobiomodulación con Phovia es efectiva para mejorar la hiperpigmentación y la textura cutánea y, en la mayoría de los casos, favorecer el recrecimiento del pelo en perros con alopecia X. Si bien se observó una variabilidad individual en la respuesta clínica, dos de los cuatro pacientes mostraron una recuperación capilar significativa a las 12 semanas de tratamiento. Estos hallazgos respaldan el uso de Phovia como una alternativa viable, no invasiva y bien tolerada en comparación con los tratamientos convencionales utilizados para tratar alopecia X.

La alopecia X, se presenta frecuentemente en razas de manto denso como el Pomerania, que fueron también los pacientes evaluados en este estudio. Su etiología sigue sin estar completamente esclarecida, pero múltiples investigaciones han implicado a factores hormonales, genéticos y alteraciones en la señalización molecular particularmente en la vía Wnt/beta-catenina como mecanismos contribuyentes en la disfunción del folículo piloso. (26)(20) Además, recientes reportes han identificado casos en razas menos asociadas con esta condición, como del Pembroke Welsh Corgi. (12) Este dato sugiere la necesidad de ampliar el espectro racial considerado en el diagnóstico clínico de alopecia X, lo que amplía las posibles poblaciones caninas susceptibles a esta condición.

Los resultados aquí presentados son coherentes con la eficacia reportada de la fotobiomodulación y del microneedling para inducir el recrecimiento del pelo en perros con alopecia X. (2) (27) En este trabajo, al menos dos pacientes mostraron una mejora considerable en la densidad capilar, aunque con diferencias en el tiempo de respuesta, lo que destaca la naturaleza individualizada del proceso de regeneración folicular. Además, se observó una notable mejoría en la textura de la piel y una reducción de la hiperpigmentación de las zonas tratadas, efectos que han sido previamente atribuidos al impacto positivo de la luz fluorescente en la regeneración cutánea, la hidratación de la piel y la modulación de procesos inflamatorios. (4)(7)(8)

En comparación con tratamientos convencionales como el uso de la melatonina, hormonas sexuales o mitotano que han mostrado eficacia variable y pueden conllevar efectos secundarios que limitan su uso, la terapia con Phovia se mostró segura y sin efectos adversos en los pacientes tratados. (5)(6) Esto refuerza su potencial como una opción menos invasiva y más segura para el tratamiento de la alopecia X, especialmente en casos donde los tratamientos hormonales han fallado o presentan riesgo de efectos secundarios graves.

Las investigaciones futuras deberían centrarse

en estandarizar los protocolos de fotobiomodulación en términos de dosis, frecuencia y duración del tratamiento para optimizar los resultados y reducir la variabilidad de respuesta entre pacientes. Además, estudios adicionales podrían explorar la integración de fotobiomodulación con otras terapias, como microneedling, para examinar su eficacia combinada en la estimulación de los folículos pilosos y la reactivación del ciclo capilar. (2)(27)

Se podría considerar estudiar la integración de técnicas no invasivas, como la video dermatoscopia, que ha demostrado ser eficaz para medir objetivamente la respuesta al tratamiento de la alopecia X como en un caso reciente en un Pembroke Welsh Corgi. (12) Esta herramienta podría mejorar la evaluación clínica de la efectividad del tratamiento y proporcionar un seguimiento más preciso en la práctica veterinaria.

No obstante, es importante considerar ciertas limitaciones de este estudio, como el número reducido de pacientes tratados, lo que limita la capacidad de generalizar los resultados obtenidos, así mismo la falta de un grupo control que impide descartar que los resultados obtenidos se deban a otros factores no controlados y no relacionados

con esta terapia, y la falta de empleo de herramientas objetivas o estandarizadas, como mediciones de densidad folicular, escalas validadas o imágenes de seguimiento dermatoscópico, que nos permitan cuantificar la respuesta terapéutica con más precisión.

Asimismo, es importante subrayar que, como ocurre con otros tratamientos de alopecia X, se debe considerar el riesgo de recidivas incluso tras la respuesta clínica positiva. Para ello, es destacable la importancia de dar seguimiento a largo plazo de los pacientes tratados, con el objetivo de evaluar la duración del efecto terapéutico y la necesidad de algún tratamiento de mantenimiento. Uno de los pacientes tratados de este estudio se dio seguimiento posterior a la finalización del protocolo de fotobiomodulación, durante un periodo de 10 meses, sin que se evidencie signos de recidiva clínica. Este es un aporte preliminar alentador sobre la posible persistencia de los efectos terapéuticos de Phovia en mediano plazo, aunque se requieran más estudios con mayor número de pacientes y un diseño prospectivo para confirmar estos resultados y determinar la frecuencia real de recaídas tras la terapia.

Conclusiones

Los resultados de este estudio sugieren que la terapia de fotomodulación con Phovia constituye una alternativa terapéutica efectiva para la alopecia X canina, al promover el recrecimiento piloso, mejorar la textura cutánea y reducir la hiperpigmentación de las zonas tratadas. Aunque los resultados indicaron variabilidad individual, se evidenció una mejoría significativa en al menos dos de los cuatro pacientes tratados lo que sugiere una eficacia notable de esta técnica.

Phovia demostró ser segura y bien tolerada en los pacientes, ya que no se registraron efectos secundarios adversos relevantes durante el tratamiento. Esto refuerza su viabilidad como una opción terapéutica prometedora, no invasiva y confiable en comparación con tratamientos hormonales u otros procedimientos más invasivos que conllevan riesgos de efectos secundarios.

Estos hallazgos abren la puerta a nuevas investigaciones que exploren la combinación de fotobiomodulación con otras terapias para optimizar los resultados y estandarizar los protocolos de tratamiento en cuanto a dosis y frecuencia de las sesiones, y reducir la variabilidad de la respuesta de los pacientes.

Bibliografía:

1. Frank LA. Oestrogen receptor antagonist and hair regrowth in dogs with hair cycle arrest (alopecia X). *Vet Dermatol*. 2007 Feb;18(1):63–6.
2. Stoll S, Dietlin C, Nett-Mettler CS. Microneedling as a successful treatment for alopecia X in two Pomeranian siblings. *Vet Dermatol*. 2015 Oct 1;26(5):387–e88. doi:10.1111/vde.12248
3. Crawford M, Lundberg A, Neto R. Canine alopecia X-like disorder. *Braz J Vet Pathol* [Internet]. 2024;17(1):76–8. doi:10.24070/bjvp.1983-0246.v17i1p76-78
4. Apostolopoulos N, Mayer U. Use of fluorescent light energy for the management of bacterial skin infection associated with canine calcinosis cutis lesions. *Vet Rec Case Rep*. 2020 Oct 20;8(4). doi:10.1136/vetreccr-2020-001151
5. Frank LA, Hnilica KA, Oliver JW. Adrenal steroid hormone concentrations in dogs with hair cycle arrest (alopecia X) before and during treatment with melatonin and mitotane. *Vet Dermatol*. 2004 Oct;15(5):278–84.
6. Albanese F, Malerba E, Abramo F, Miragliotta V, Fracassi F. Deslorelin for the treatment of hair cycle arrest in intact male dogs. *Vet Dermatol*. 2014 Dec 1;25(6):519–e88. doi:10.1111/vde.12182
7. Olivieri L, Cavina D, Radicchi G, Miragliotta V, Abramo F. Efficacy of low-level laser therapy on hair regrowth in dogs with noninflammatory alopecia: A pilot study. *Vet Dermatol*. 2015 Feb 1;26(1):35–e11. doi:10.1111/vde.12170
8. Marchegiani A, Spaterna A, Cerquetella M. Current applications and future perspectives of fluorescence light energy biomodulation in veterinary medicine. *Vet Sci*. 2021 Feb 1;8(2):1–11. doi:10.3390/vetsci8020024
9. Kang YH, Kim MS, Kang SY, Hyun JE, Hwang CY. Optimal microneedle length for hair regrowth in hair cycle arrest (alopecia X) in six dogs. *Vet Dermatol*. 2024 Apr 1;35(2):184–93. doi:10.1111/vde.13204
10. Kobayashi H, Kromminga A, Dunlop TW, Tychsen B, Conrad F, Suzuki N, et al. A role of melatonin in neuroectodermal mesodermal interactions: the hair follicle synthesizes melatonin and expresses functional melatonin receptors. *FASEB J*. 2005 Oct;19(12):1710–2. doi:10.1096/fj.04-2293fje
11. Fischer TW, Slominski A, Tobin DJ, Paus R. Melatonin and the hair follicle. *J Pineal Res*. 2008;44(1):1–15. doi:10.1111/j.1600-079X.2007.00512.x
12. Bello K, Diaz S, Cole L, Lorch G. The use of photobiomodulation therapy in the treatment of hair cycle arrest in a Pembroke Welsh Corgi. *Vet Rec Case Rep*. 2022 Jun 5;10(2). doi:10.1002/vrc2.299
13. Welle MM. Canine noninflammatory alopecia: An approach to its classification and a diagnostic aid. *Vet Pathol*. 2023;60(5):748–69. doi:10.1177/03009858231170295
14. Frank LA, Donnell RL, Kania SA. Oestrogen receptor evaluation in Pomeranian dogs with hair cycle arrest (alopecia X) on melatonin supplementation. *Vet Dermatol*. 2006 Aug;17(4):252–8.
15. Frank LA, Watson JB. Treatment of alopecia X with medroxyprogesterone acetate. *Vet Dermatol*. 2013 Dec;24(6):604–e144. doi:10.1111/vde.12073
16. Marchegiani A, Spaterna A, Piccionello AP, Meligrana M, Fruganti A, Tambella AM. Fluorescence biomodulation in the management of acute traumatic wounds in two aged dogs. *Vet Med (Praha)*. 2020;65(5):215–20. doi:10.17221/131/2019-VETMED
17. De Carvalho Lima Gondim A, Leite Araujo AK. Alopecia X em cães: revisão. *Pubvet*. 2020 Jun 25;14(05):1–7. doi:10.31533/1415
18. Müntener T, Doherr MG, Guscetti F, Suter MM, Welle MM. The canine hair cycle: A guide for the assessment of morphological and immunohistochemical criteria. *Vet Dermatol*. 2011 Oct;22(5):383–95. doi:10.1111/j.1365-3164.2011.00963.x
19. Gross TL. *Skin diseases of the dog and cat: clinical and histopathologic diagnosis*. 2nd ed. Oxford: Blackwell Science; 2005. 932 p.
20. Zanna G, Abramo F, Contiero B, Zini E, Albanese F, Borio E, et al. Dermoscopic findings and comparison of usefulness of longitudinal versus transversal sections in the histological diagnosis of alopecia X. *Vet Dermatol*. 2024 Apr 1;35(2):126–37. doi:10.1111/vde.13212
21. Sánchez Ramírez S, González Domínguez MS, Esp ZM. Alopecia X en caninos: una serie de casos [Internet]. Universidad de Tolima; 2023 Nov [citado 2025 Ago 13]. Disponible en: <https://repository.ut.edu.co/handle/001/3757>

22. Cerundolo R, Lloyd DH, Persechino A, Evans H, Cauvin A. Treatment of canine alopecia X with trilostane. *Vet Dermatol.* 2004;15(6):394–5.
23. Ferreira MA de S, Carvalho VM de, Dutra M da S, Rodrigues FRN, Viana D de A, Ferreira TC. Alopecia X in dogs: report of seven cases. *Res Soc Dev.* 2022 Jul 26;11(10):e159111032652. doi:10.33448/rsd-v11i10.32652
24. Torres Barés M. Estado del arte de la fotobiomodulación en dermatología [Internet]. Universidad de Alcalá; 2024 May [citado 2025 Ago 13]. Disponible en: <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/62611>
25. Olivieri L, Cavina D, Radicchi G, Miragliotta V, Abramo F. Efficacy of low-level laser therapy on hair regrowth in dogs with noninflammatory alopecia: A pilot study. *Vet Dermatol.* 2015 Feb 1;26(1):35–e11. doi:10.1111/vde.12170
26. Della Salda L, Bongiovanni L, Massimini M, Romanucci M, Vercelli A, Colosimo A, et al. p63 immunoexpression in hair follicles of normal and alopecia X-affected skin of Pomeranian dogs. *Vet Dermatol.* 2023 Dec 1;34(6):567–75. doi:10.1111/vde.13195
27. Deleporte S, Prelaud P, Laffort C. Alopecia X in a cloned Pomeranian dog. *Vet Dermatol.* 2024 Apr 1;35(2):194–6. doi:10.1111/vde.13210