

Hacia una Solución Sostenible: Propuesta de sistemas de protección para la reducción de mortalidad en murciélagos debido a turbinas eólicas

RESUMEN: El impulso hacia las fuentes de energía limpias presenta desafíos significativos para el medio ambiente, especialmente en términos de la biodiversidad, con la creciente preocupación por la mortalidad de los murciélagos en áreas con turbinas de viento. Esta problemática se vincula en gran medida con los accidentes que sufren estos mamíferos voladores al colisionar con las turbinas durante sus períodos de migración o en momentos de viento leve, lo que se cree puede deberse a una atracción por el sonido que generan las turbinas, o por la búsqueda de lugares de reposo o de apareamiento cerca de estas estructuras. Dado el papel vital de los murciélagos en el equilibrio ecológico, como reguladores naturales de insectos y agentes polinizadores, es crucial desarrollar estrategias para minimizar estos impactos negativos. La propuesta de investigación se centra en la creación y evaluación de sistemas de protección destinados a disminuir la tasa de fatalidades entre los murciélagos en los parques eólicos, ajustándose a variadas condiciones del entorno y diferentes diseños de turbinas, sin comprometer la eficacia en la generación de energía. Aunque se enfrentan restricciones de presupuesto y tiempo, el estudio aspira a hallar vías que permitan un equilibrio entre el avance de las energías renovables y la preservación de especies clave para la biodiversidad.

PALABRAS CLAVE: Biodiversidad, energía eólica, mortandad de murciélagos, dispositivos preventivos, conservación.



Colaboración

Jacqueline Hernández-Andrade; Felipe de Jesús Pozos-Texon, Tecnológico Nacional de México campus Veracruz; Juan Antonio Pinilla-Rodríguez; Carlos Javier Gasca-Caballero; Claudia Reyes-Olán, Universidad Cristóbal Colón

Fecha de recepción: 08 de abril de 2024

Fecha de aceptación: 03 de junio de 2024

ABSTRACT: The drive towards clean energy sources presents significant challenges for the environment, especially in terms of biodiversity, with growing concern over bat mortality in areas with wind turbines. This issue is largely linked to accidents involving these flying mammals colliding with turbines during their migration periods or at times of light wind, which is thought to be due to an attraction to the sound generated by the turbines, or to finding roosting or mating sites near these structures. Given the vital role of bats in the ecological balance, as natural regulators of insects and pollinators, it is crucial to develop strategies to minimize these negative impacts. The research proposal focuses on the creation and evaluation of protection systems aimed at decreasing the fatality rate among bats in wind farms, adjusting to varied environmental conditions and different turbine designs, without compromising efficiency in power generation. Although facing budget and time constraints, the study aims to find ways to strike a balance between the advancement of renewable energy and the preservation of key biodiversity species.

KEYWORDS: Biodiversity, wind energy, bat mortality, preventive devices, conservation.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las muertes de murciélagos son causadas por colisiones con las aspas móviles de las turbinas eólicas, y son más frecuentes durante la migración otoñal y las noches con vientos ligeros. Existe la posibilidad de que los murciélagos se sientan atraídos por las turbinas Figura 1 y, por lo tanto, aumenten el riesgo de impacto [1]. Esto puede estar sesgado a la colocación de detectores acústicos, limitados por el alcance causado por la atenuación del sonido. Además, la variación en función de la altura sobre el suelo entre las especies de murciélagos y la reducción

de la ecolocalización pueden influir en ocasiones en las mediciones de la actividad. El estudio de atracción se divide en cinco explicaciones propuestas previamente para la actividad de esta especie en aerogeneradores, como la atracción de ruido, los sitios de descanso, la búsqueda de alimento y agua, el comportamiento de apareamiento [2] [3].

El interés por las energías renovables aumentó debido al cambio climático causado por las emisiones de combustibles fósiles [4] [5]. La energía eólica y otras formas de energía renovable no están exentas de consecuencias negativas. Una de estas consecuencias es la mortalidad de los murciélagos debido a colisiones con palas de aerogeneradores [6]. En América del Norte, las especies migratorias como el murciélago de pelo gris, el murciélago rojo oriental y el murciélago de pelo plateado representan la mayoría de las muertes registradas. La importancia de atender esta problemática se debe a que los murciélagos juegan un papel crucial en el equilibrio de los ecosistemas al contribuir al control de plagas y la polinización, por lo que supone una amenaza directa para la biodiversidad y la salud de los ecosistemas [7] [8] [9].



Figura 1. Murciélagos y turbinas eólicas.

Fuente: Planeta Vivo 2021.

Mediante el desarrollo e implementación de dispositivos preventivos efectivos, esta investigación busca mitigar el impacto negativo de la energía eólica en las poblaciones de murciélagos [10]. Las llamadas de ecolocalización de los murciélagos se encuentran entre los sonidos naturales más poderosos y proporcionan una percepción sensorial confiable para navegar y encontrar comida durante la noche [11], por lo tanto, es necesario crear las condiciones de coexistencia más sostenible entre las iniciativas de energía renovable y la conservación de la vida silvestre [12].

El estudio se centrará en el diseño y evaluación de dispositivos preventivos específicos para reducir la mortalidad de murciélagos en parques eólicos seleccionados [13]. Se buscará la adaptabilidad de estos dispositivos a diversas condiciones ambientales y tipologías de turbi-

nas. Se realizará un análisis detallado del rendimiento energético de las turbinas equipadas con dispositivos preventivos [14].

Este alcance tiene como objetivo comprender cómo estas soluciones afectan la eficiencia general de la generación de energía eólica.

Las limitaciones identificadas son aspectos que podrían afectar la ejecución integral y exhaustiva de la investigación.

Al buscar financiación de diversas fuentes, las restricciones presupuestarias podrían limitar la escala y la duración del estudio. La investigación se llevará a cabo de manera eficiente, priorizando áreas críticas. La evaluación a largo plazo del impacto de los dispositivos preventivos puede estar limitada por la duración del proyecto. Se reconocerá esta limitación y se proporcionarán recomendaciones para futuras investigaciones que aborden esta necesidad [15].

El ruido audible y ultrasónico generado por las turbinas eólicas puede atraer a los murciélagos. Algunas especies pueden confundir los sonidos con presas potenciales o interpretarlos como señales de navegación, lo que lleva a una mayor proximidad a las turbinas [16] [17] [18].

Los murciélagos pueden malinterpretar la estructura alta e independiente de las turbinas eólicas como un paisaje de árboles [19] [20], en este sentido, pueden imitar inadvertidamente las características de los sitios de descanso natural, como las copas de los árboles o los acantilados. Las estructuras proporcionan refugio de los depredadores y de las condiciones climáticas adversas [21] [22].

La observación directa utilizando imágenes termográficas se muestra en la Figura 2, combinadas con tendencias de mortalidad sugiere que los murciélagos pueden usar turbinas eólicas para guiarse hacia sitios potenciales de apareamiento [23] [24].

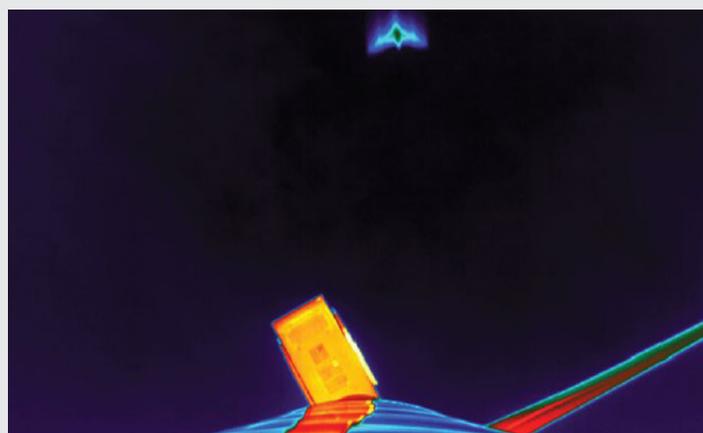


Figura 2. Imagen termográfica de turbina eólica y murciélago.

Fuente: R. Green et al. 2022 .

Los murciélagos utilizan la ecolocalización para la navegación y la comunicación. Las características acústicas de las turbinas eólicas pueden atraer inadvertidamente a los murciélagos, debido a que las estructuras pueden producir sonidos que se asemejan a los asociados con posibles parejas [21].

Además, en las inmediaciones de las turbinas eólicas se crean condiciones propicias para la agregación de insectos, una fuente primaria de alimento para los murciélagos [25].

Con respecto a la iluminación de las turbinas, especialmente durante la noche, puede contribuir a la contaminación lumínica. Los murciélagos, que son animales nocturnos, pueden sentirse atraídos por la luz, alterando sus comportamientos naturales [26] [27].

Muchos murciélagos de clima templado migran cientos de kilómetros desde su hábitat de invierno a su hábitat de verano en dirección opuesta cada otoño. De kilómetros desde el hábitat de invierno al de verano en dirección opuesta cada otoño [28]. El período de migración puede ayudar a reducir el riesgo de perturbaciones causadas por actividades antropogénicas, guiar una gestión eficaz y predecir los efectos futuros de un clima cambiante [29].

MATERIAL Y MÉTODOS

El proyecto iniciará seleccionando parques eólicos en función de criterios concretos, como la alta incidencia de muertes de murciélagos, la presencia de especies migratorias en peligro y la diversidad de entornos ambientales. Esta estrategia permitirá una evaluación pormenorizada de la eficacia de mecanismos de prevención en múltiples contextos y especies de quirópteros.

Procederemos a concebir un dispositivo ultrasónico para evitar que los murciélagos se acerquen a las turbinas, además de modificar patrones de luz para reducir su atracción y establecer barreras físicas que no resulten invasivas. Este diseño surgirá de un esfuerzo interdisciplinario, abarcando desde la biología conductual hasta la ingeniería acústica y la optoelectrónica. Los patrones de vuelo recabados nos orientarán para perfeccionar el funcionamiento de los sistemas preventivos y recopilar evidencia de su eficacia.

Durante las migraciones otoñales, implementaremos ensayos controlados para observar la conducta de los murciélagos pre y post instalación de los dispositivos y así identificar variaciones notables en la mortalidad.

En paralelo, mediremos cómo los dispositivos afectan la eficiencia energética de las turbinas.

Analizaremos los datos mediante métodos estadísticos para valorar la eficacia de los dispositivos y descubrir tendencias, relaciones y posibles causas de colisiones.

Finalmente, aparte de enfocarnos en la disminución de las muertes de los murciélagos, evaluaremos el impacto ambiental de los dispositivos para prevenir o minimizar efectos colaterales adversos en el hábitat local (Figura 3).

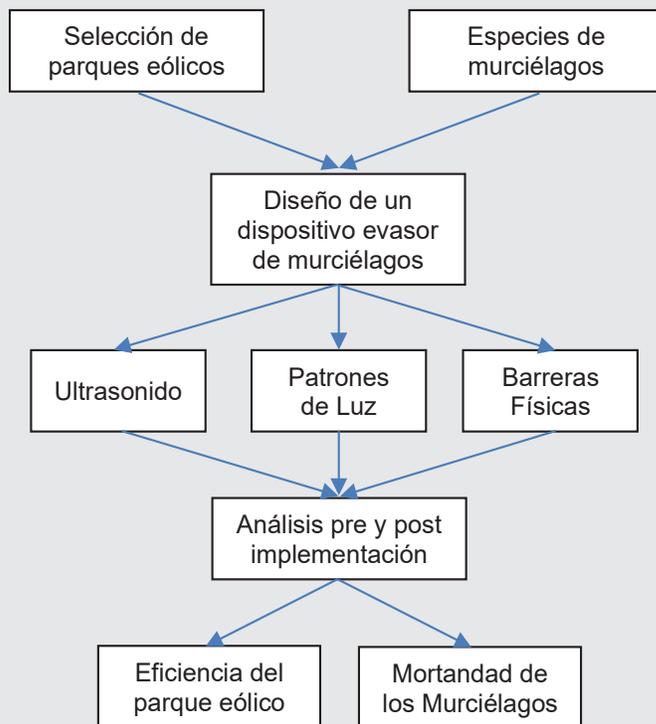


Figura 3. Propuesta metodológica para la reducción de mortalidad de murciélagos en parques eólicos. Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

La investigación en los parques eólicos se centra en tres objetivos fundamentales: preservar la biodiversidad, fomentar la innovación tecnológica y mitigar el impacto ambiental.

Con respecto a la biodiversidad, los nuevos dispositivos disuasivos avanzados deberían contribuir a reducir significativamente la mortalidad de murciélagos en las áreas estudiadas. Mediante la alteración de su ecolocalización ultrasónica y la modificación del entorno lumínico, se espera que las colisiones disminuyan sustancialmente, especialmente durante las épocas de migración otoñal, cuando el riesgo aumenta. Se prevé que la menor tasa de incidentes repercuta positivamente en las poblaciones de especies migratorias reconocidas por su vulnerabilidad.

En el campo tecnológico, los dispositivos, fruto de un enfoque multidisciplinario, deben proporcionar soluciones flexibles adaptadas a los diversos entornos ambientales y modelos de turbinas. Los ajustes basados en los patrones de vuelo registrados promoverán la mejora continua de estas herramientas. Las pruebas in situ serán esenciales para perfeccionar los dispositivos, optimizando la prevención de encuentros con

murciélagos y la eficiencia operativa de las turbinas. El análisis pormenorizado de los datos recogidos apoyará la comprensión profunda de la dinámica entre los quirópteros y las turbinas, influyendo en futuros desarrollos.

En cuanto al impacto ambiental, el objetivo es que sea neutro o incluso beneficioso. Se busca evidenciar que la disminución de la mortalidad de los murciélagos no conlleve efectos colaterales negativos, como la alteración de la fauna circundante o la degradación de los ecosistemas. El equilibrio entre la protección ambiental y la generación de energía renovable será un foco crítico, con el fin de garantizar una estrategia de desarrollo sostenible y ética. Aspiramos a establecer un modelo de convivencia entre la conservación de la biodiversidad y la promoción de fuentes de energía limpia.

CONCLUSIONES

La implantación proactiva de medidas proteccionistas en instalaciones eólicas, matizadas por la singularidad de los murciélagos migrantes, promete ser un punto de giro determinante en la reducción de los efectos adversos de la energía eólica en la biodiversidad. Se anticipa que la integración de tecnologías punteras como el ultrasonido y la optoelectrónica en la creación de dichos dispositivos aminore de modo notable los incidentes de murciélagos con las turbinas. Este avance no solo constituye un hito en la salvaguardia de estas especies, sino que asimismo podría señalar una nueva etapa para el desarrollo sostenible de infraestructuras de energía renovable.

El triunfo de este enfoque podría contribuir significativamente al equilibrio entre la protección del medio ambiente y la producción energética, destacando la factibilidad de prácticas ecológicamente responsables en el sector eólico. A través de un análisis meticuloso y una supervisión constante, los hallazgos de este estudio podrían transformarse en un punto de referencia para otros proyectos de energías renovables que busquen una conciliación entre los objetivos energéticos y la conservación de la naturaleza.

Finalmente, este proyecto se vislumbra como un impulso hacia un compromiso más firme con la sostenibilidad ambiental y el bienestar ecológico de nuestro planeta a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Guest, E. E., Stamps, B. F., Durish, N. D., Hale, A. M., Hein, C. D., Morton, B., Weaver, S. P., & Fritts, S. R. (2022b). An updated review of hypotheses regarding bat attraction to wind turbines. *Animals*, 12(3), 343. <https://doi.org/10.3390/ani12030343>.

[2] Tuneu-Corral, C., Puig-Montserrat, X., Flaquer, C., Mata, V. A., Rebelo, H., Cabeza, M., & López-Bauccells, A. (2024). Bats and rice: Quantifying the role of insectivorous bats as agricultural pest suppres-

sors in rice fields. *Ecosystem Services*, 66, 101603. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101603>.

[3] T. J. O'Shea, P. M. Cryan, D. T. S. Hayman, R. K. Plowright, and D. G. Streicker, "Multiple mortality events in bats: a global review," *Mammal Review*, vol. 46, no. 3, pp. 175–190, Jan. 2016, doi: <https://doi.org/10.1111/mam.12064>.

[4] Yang, X., & Long, L. R. (2024). Renewable energy transition and its implication on natural resource management for green and sustainable economic recovery. *Resources Policy*, 89, 104624. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104624>.

[5] Zakariazadeh, A., Ahshan, R., Al-Abri, R., & Al-Abri, M. (2024). Renewable energy integration in sustainable water systems: A review. *Cleaner Engineering and Technology*, 18, 100722. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100722>.

[6] Morant, J., Arrondo, E., Sánchez-Zapata, J. A., Donázar, J. A., Margalida, A., Carrete, M., Blanco, G., Guil, F., Serrano, D., & Pérez-García, J. M. (2024). Fine-scale collision risk mapping and validation with long-term mortality data reveal current and future wind energy development impact on sensitive species. *Environmental Impact Assessment Review*.

[7] Guest, E. E., Stamps, B. F., Durish, N. D., Hale, A. M., Hein, C. D., Morton, B., Weaver, S. P., & Fritts, S. R. (2022b). An updated review of hypotheses regarding bat attraction to wind turbines. *Animals*, 12(3), 343. <https://doi.org/10.3390/ani12030343>.

[8] Garvin, J. C., Simonis, J. L., & Taylor, J. L. (2024). Does size matter? Investigation of the effect of wind turbine size on bird and bat mortality. *Biological Conservation*, 291, 110474. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110474>.

[9] Smallwood, K. S., & Bell, D. A. (2020b). Relating BAT passage rates to wind turbine fatalities. *Diversity*, 12(2), 84. <https://doi.org/10.3390/d12020084>.

[10] Bennett, V. J., & Hale, A. M. (2018). Es posible que la disponibilidad de recursos no sea un predictor útil de las muertes de murciélagos migratorios o de la actividad en las turbinas eólicas. *Diversidad*, 10(2), 44. <https://doi.org/10.3390/d10020044>.

[11] E. R. Buchler and S. B. Childs, "Orientation to distant sounds by foraging big brown bats (*Eptesicus fuscus*)," *Animal Behaviour*, vol. 29, no. 2, pp. 428–432, May 1981, doi: [https://doi.org/10.1016/s0003-3472\(81\)80102-9](https://doi.org/10.1016/s0003-3472(81)80102-9).

[12] Kasso, M., & Balakrishnan, M. (2013). Importancia ecológica y económica de los murciélagos

- (Orden Chiroptera). ISRN Biodiversidad, 2013, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2013/187415> Posadero. (2024). [HTTPS://Dictionary.Cambridge.org/Dictionary/English/Roosting](https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/roosting).
- [13] E.R. Buchler, S.B. Childs, Orientation to distant sounds by foraging big brown bats (*Eptesicus fuscus*), *Animal Behaviour*, Volume 29, Issue 2, 1981, Pages 428-432, ISSN 0003-3472, [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(81\)80102-9](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(81)80102-9).
- [14] Happ, C., Sutor, A., & Hochradel, K. (2021). Metodología para la detección visual automatizada de muertes por colisión de aves y murciélagos en aerogeneradores terrestres. *Revista de Imageología*, 7(12), 272. <https://doi.org/10.3390/jimage7120272>.
- [15] Smallwood, K. S., & Bell, D. A. (2020). Relación de las tasas de paso de las MTD con las muertes de turbinas eólicas. *Diversidad*, 12(2), 84. <https://doi.org/10.3390/d12020084>.
- [16] E. R. Buchler and S. B. Childs, "Orientation to distant sounds by foraging big brown bats (*Eptesicus fuscus*)," *Animal Behaviour*, vol. 29, no. 2, pp. 428-432, May 1981, doi: [https://doi.org/10.1016/s0003-3472\(81\)80102-9](https://doi.org/10.1016/s0003-3472(81)80102-9).
- [17] Doolan, C. (n.d.). The real science on wind farms, noise, infrasound and health. *The conversation*. <https://theconversation.com/the-real-science-on-wind-farms-noise-infrasound-and-health>.
- [18] Kanwal, J. S. (2021). Comunicación sónica y ultrasónica en murciélagos: Acústica, percepción y producción. En Elsevier eBooks (pp. 239-265). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815160-0.00011-6>.
- [19] Smallwood, K. S., & Bell, D. A. (2020). Relación de las tasas de paso de las MTD con las muertes de turbinas eólicas. *Diversidad*, 12(2), 84. <https://doi.org/10.3390/d12020084>.
- [20] Allen, JJ, Mathger, LM, Buresch, KC, Fetichko, T., Gardner, M. y Hanlon, RT (2010). La visión nocturna de las sepias permite cambiar el camuflaje. *Revista de biología experimental* 213, 3953 - 3960.
- [21] Guest, E. E., Stamps, B. F., Durish, N. D., Hale, A. M., Hein, C. D., Morton, B., Weaver, S. P., & Fritts, S. R. (2022b). An updated review of hypotheses regarding bat attraction to wind turbines. *Animals*, 12(3), 343. <https://doi.org/10.3390/ani12030343>.
- [22] Hale, A. M., Hein, C. D., & Straw, B. (2021). Acoustic and genetic data can reduce uncertainty regarding populations of migratory Tree-Roosting bats impacted by wind energy. *Animals*, 12(1), 81. <https://doi.org/10.3390/ani12010081>.
- [23] Guest, E. E., Stamps, B. F., Durish, N. D., Hale, A. M., Hein, C. D., Morton, B., Weaver, S. P., & Fritts, S. R. (2022b). An updated review of hypotheses regarding bat attraction to wind turbines. *Animals*, 12(3), 343. <https://doi.org/10.3390/ani12030343>.
- [24] R. Green, C. Hein, F. Oteri, M. Severy, A. Mahon, H. Farr y G. Harker-Klimes, «Efectos ambientales del desarrollo de energía eólica marina en los Estados Unidos: Recopilación de resúmenes de investigación educativa,» U.S. Offshore Wind Synthesis of Environmental Effects Research, 2022. tethys.pnnl.gov/seer.
- [25] Crawford, M., Dority, D., Dillon, M. E., & Tronsstad, L. M. (2023). Insects are attracted to the white bases of wind turbines: evidence of turbine imitations. *Naturalist of Western North America*, 83(2). <https://doi.org/10.3398/064.083.0208>.
- [26] Cryan, P. M., Gorresen, P. M., Straw, B., Thao, S., & DeGeorge, E. (2021). Influir en la actividad de los murciélagos al iluminar tenuemente las superficies de las turbinas eólicas con luz ultravioleta. *Animales*, 12(1), 9. <https://doi.org/10.3390/ani12010009>.
- [27] Sara P. Weaver, Cris D. Hein, Thomas R. Simpson, Jonah W. Evans, Ivan Castro-Arellano, Ultrasonic acoustic deterrents significantly reduce bat fatalities at wind turbines, *Global Ecology and Conservation*, Volume 24, 2020, e01099, ISSN 2351-9894, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01099>.
- [28] Smallwood, K. S. (2020). Las muertes de murciélagos causadas por la energía eólica en EE. UU. aumentan con intervalos de búsqueda de muertes más cortos. *Diversidad*, 12(3), 98. <https://doi.org/10.3390/d12030098>.
- [29] Joseph L Pettit, Joy M O'Keefe, El día del año, la temperatura, el viento y las precipitaciones predicen el momento de la migración de los murciélagos, *Journal of Mammalogy*, volumen 98, número 5, 3 de octubre de 2017, páginas 1236-1248, <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyx054>.