

Mortalidad incidental de aves paseriformes en un parque eólico del noroeste de México

Incidental mortality of passerine birds in a wind farm in northwestern Mexico

Minerva A. Uribe-Rivera¹, Aldo A. Guevara-Carrizales^{1*}, Gorgonio Ruiz-Campos¹

Resumen

A nivel mundial se ha documentado que la operación de parques eólicos genera impactos negativos en las aves. Estos impactos incluyen la mortalidad de las aves por colisión con los aerogeneradores, el desplazamiento de especies por modificación del hábitat, el efecto barrera y la pérdida de hábitat. Sin embargo, en México es escasa la información publicada sobre estos efectos negativos. En este estudio reportamos la mortalidad incidental de tres especies de aves paseriformes (pinzón mexicano, *Haemorhous mexicanus*; vireo gorjeador, *Vireo gilvus*, y chivirín saltaroca, *Salpinctes obsoletus*), en un parque eólico en La Rumorosa, Baja California, México. Los ejemplares de estas especies fueron localizados durante un programa de monitoreo de mortalidad de vida silvestre entre agosto de 2015 y agosto de 2016. El análisis *post mortem* de dos de los especímenes encontrados, permitió determinar que la causa de la mortalidad de los individuos se asoció a la colisión con los aerogeneradores. Estos hallazgos constituyen los primeros reportes documentados de mortalidad de aves paseriformes en parques eólicos de México.

Palabras clave: Avifauna, Baja California, cadáveres, energía eólica, fauna silvestre, impacto ambiental.

Abstract

Negative impacts on birds caused by the operation of wind farms have been documented worldwide. These impacts include avian mortality due to collision with wind turbines, species displacement because of habitat modification, barrier effect and habitat loss. However, in Mexico there is scarce published information about these negative effects. In this study, we report incidental mortality of three passerine bird species (House Finch, *Haemorhous mexicanus*; Warbling Vireo, *Vireo gilvus*; and Rock Wren, *Salpinctes obsoletus*), at a wind farm located in La Rumorosa, Baja California, Mexico. Carcasses of these species were located during a monitoring program of wildlife mortality from August 2015 to August 2016. *Post mortem* analysis of two of the four specimens found, determined that the cause of mortality was related to collision with the wind turbines. These findings represent the first reports of mortality of passerine birds at wind farms in Mexico.

Keywords: Birds, Baja California, carcasses, wind energy, wildlife, environmental impact.

INFORMACIÓN SOBRE EL ARTÍCULO

Recibido:

1 de marzo de 2018

Aceptado:

25 de agosto de 2018

Editora asociada:

Iriana Zuria Jordán

Cómo citar este documento:

Uribe-Rivera, M.A., A.A. Guevara-Carrizales, G. Ruiz-Campos. 2018. Mortalidad incidental de aves paseriformes en un parque eólico del noroeste de México. *Huitzil* 20(1):e-487. DOI: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2019.20.1.377>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

¹ Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Tijuana-Ensenada, C.P. 22830, Ensenada, Baja California, México. minerva.uribe@uabc.edu.mx, gruiz@uabc.edu.mx

Autor de correspondencia: *aldo.guevara@uabc.edu.mx

La energía eólica es considerada la fuente energética más limpia dentro de las energías renovables. En comparación con la energía hidroeléctrica, fotovoltaica y geotérmica, la energía eólica genera una cantidad mínima de gases de efecto invernadero, con valores alrededor de 25 gramos de dióxido de carbono equivalente por kilowatt hora y requiere un consumo de únicamente 1 kilogramo de agua por kilowatt hora (Evans *et al.* 2009). A pesar de estos beneficios ambientales, se ha documentado que la construcción y operación de parques eólicos genera efectos negativos sobre la fauna silvestre, principalmente en especies voladoras como las aves y los murciélagos (Grunkorn *et al.* 2017, Lemaître *et al.* 2017). Una de las razones por las que ocurren estos efectos negativos es porque para obtener la mayor eficiencia energética en los parques eólicos, éstos deben ser instalados en áreas abiertas y expuestas donde existan velocidades de viento altas y constantes. Estas áreas corresponden generalmente a mesetas, zonas costeras o cercanas a la costa, las cuales representan en el caso de las aves, hábitats importantes para la reproducción y migración (Drewitt y Langston 2006).

Los principales impactos negativos de la construcción y operación de los parques eólicos en las aves incluyen la mortalidad por colisión, desplazamiento de especies por modificación del hábitat, efecto barrera y pérdida de hábitat. La mortalidad por colisión puede suceder no solamente por la colisión contra los rotores, sino también contra las torres meteorológicas, nacelles y estructuras asociadas como los cables de soporte y líneas de transmisión. También existe evidencia de que algunas aves son empujadas hacia el suelo al ser envueltas en el vórtice creado por el movimiento de las aspas de las turbinas (Drewitt y Langston 2006).

El desplazamiento de especies puede ocurrir tanto en la etapa de construcción como en la etapa operativa de los parques eólicos y es causado por la sola presencia de los aerogeneradores, a través de impactos visuales, ruido y vibraciones, o como resultado del tránsito de vehículos o personal de mantenimiento en el área del proyecto (Drewitt y Langston 2006). Otra forma de desplazamiento es el efecto barrera, que sucede cuando las aves modifican sus rutas migratorias o rutas de vuelo locales a sitios de alimentación o percha con el fin de evitar los aerogeneradores dispuestos en un área (Drewitt y Langston 2006, California Energy Commission 2007). Este efecto es importante debido al mayor gasto energético que representa para las aves volar distancias mayores, esto aunado a la fragmentación potencial de los corredores que conectan sitios de alimentación, percha y reproducción (Drewitt y Langston 2006).

Finalmente, la pérdida de hábitat resulta de la remoción de vegetación en áreas de cimentación de las turbinas, la construcción de caminos de acceso y líneas de transmisión

(Zimmerling *et al.* 2013). La superficie del hábitat que se pierde depende del tamaño del parque eólico, pero en general va del 2 al 5% del total del área del proyecto (Drewitt y Langston 2006). Este porcentaje se considera bajo respecto a otro tipo de proyectos, sin embargo los efectos de la pérdida de hábitat pueden ser importantes para las aves, al generarse mortalidad en nidos y desplazamiento de parejas reproductivas (Zimmerling *et al.* 2013).

En México, el primer parque eólico inició operaciones en 1994 en el ejido de La Venta, en el istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Posteriormente, entre el año 2004 y 2017, la generación de energía eólica tuvo un crecimiento promedio anual del 86%. De una generación de 357 gigawatios (GWh) en el año 2011 se pasó a 5,094.43 GWh al cierre del primer semestre de 2017. Actualmente, en México operan 46 parques eólicos distribuidos en diez estados, y se planea la instalación de 20 nuevos parques eólicos para 2020 (Secretaría de Energía 2018).

A pesar del desarrollo que ha tenido la energía eólica en México, existe únicamente un reporte publicado por Ledec *et al.* (2011) donde se documenta la mortalidad de aves en un parque eólico en Oaxaca. La escasez de información publicada conlleva al desconocimiento de la magnitud de los impactos generados y al planteamiento de medidas de mitigación insuficientes para la conservación de las especies afectadas por estos proyectos. Por esta razón, el objetivo del presente estudio fue documentar los efectos de la operación de un parque eólico sobre la avifauna con el propósito de contribuir al diseño y desarrollo de proyectos eólicos más sustentables y amigables con el ambiente natural.

Los resultados aquí presentados son descubrimientos adicionales al Programa de Monitoreo de Mortalidad de la Quiroptero-fauna del Parque Eólico La Rumorosa I (PER I), que se llevó a cabo de agosto de 2015 a agosto de 2016. El PER I se localiza en Sierra de Juárez en el poblado de La Rumorosa, municipio de Tecate, Baja California (32°29'56" N, 116°05'24" W) a una altitud de 1370 msnm (Figura 1). Sierra de Juárez es un sistema montañoso localizado al noroeste de la península de Baja California, forma parte de la cordillera Transpeninsular y destaca por su potencial eólico al contar con vientos constantes con una velocidad promedio anual de 8 m/s (USAID 2009).

El PER I es el primer parque eólico construido en Baja California y entró en operación en 2010, cuenta con una extensión de 2 hectáreas y cinco aerogeneradores marca Gamesa modelo G-87, con altura de torre de 80 m, longitud de palas de 42 m y diámetro de rotor de 87 m, con una generación anual promedio de 27,156 megawatts (Zamora *et al.* 2010). Los cinco aerogeneradores en el PER I fueron numerados de forma ascendente de norte a sur. De éstos, los

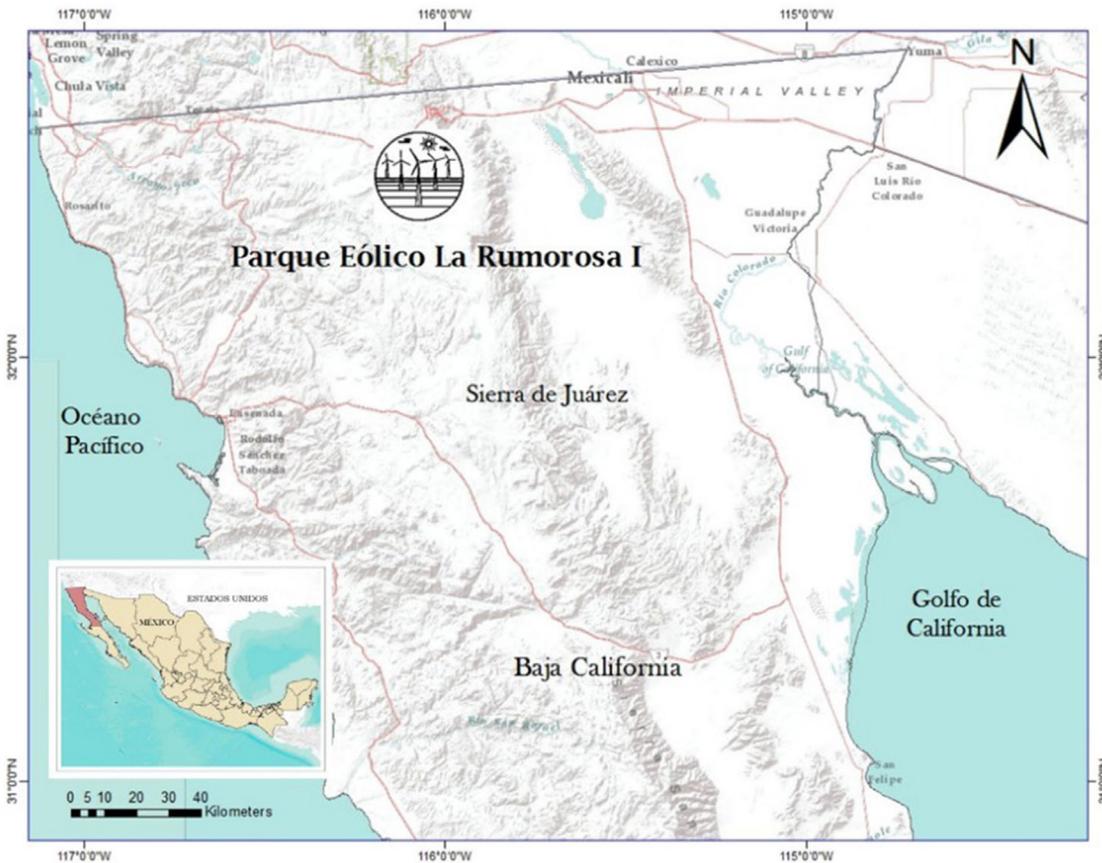


Figura 1. Ubicación del Parque Eólico La Rumorosa I, Baja California, México.

aerogeneradores del 1 al 4 se encuentran sobre laderas de poca pendiente con exposición al noreste y el aerogenerador núm. 5 se ubica sobre un cañón. El tipo de vegetación presente en el sitio es chaparral de montaña, representado por especies como el chamizo (*Adenostoma fasciculatum*), manzanita (*Arctostaphylos glandulosa*), palo de zorrillo (*Ceanothus greggii*), arbusto de azúcar (*Rhus ovata*) y roble blanco (*Quercus dumosa*) (Delgadillo 1998).

Para hacer el registro de aves impactadas por los aerogeneradores del PER 1, realizamos la búsqueda y registro de cadáveres de animales una vez al mes en los cinco aerogeneradores. El área de muestreo constó de un polígono de 80 m² trazado con dirección al norte de cada torre. Esta área fue definida con base en la altura de las torres (80 m) de acuerdo con las recomendaciones de California Energy Commission (2007). Los polígonos se recorrieron 2 horas después del amanecer en 16 transectos de 5 m de ancho y 80 metros de largo, en caminatas con patrón de zigzag de acuerdo con la metodología propuesta por Morrison *et al.* (2009). Considerando que el muestreo lo realizamos una vez por mes, resulta imposible determinar si hubo mortalidad incidental entre intervalos de muestreo que no haya dejado evidencia física (cadáveres o restos) o que algún carnívoro haya removido el

cadáver. El objetivo del presente estudio fue documentar los casos de mortalidad incidental en los aerogeneradores, y no la tasa de accidentes.

Al registrar un ave impactada anotamos la especie, fecha del hallazgo, condición del cadáver (completo o incompleto), ubicación (coordenadas geográficas y orientación del cadáver en relación al aerogenerador más cercano), sexo, edad (juvenil o adulto) y medidas corporales, siguiendo las recomendaciones de California Energy Commission (2007). Posteriormente en el laboratorio, si la condición del cadáver lo permitía, realizamos placas radiográficas y la necropsia para determinar la causa de muerte. Para el estudio radiográfico empleamos un equipo digital H.G. Fischer inc.™ y tomamos las proyecciones dorso-ventral y ventro-dorsal. Finalmente, depositamos los especímenes en la Colección Ornitológica del Laboratorio de Vertebrados de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), campus Ensenada, donde les asignamos un número de catálogo.

Como resultados encontramos cuatro cadáveres de aves del Orden Passeriformes pertenecientes a tres especies, pinzón mexicano (*Haemorhous mexicanus*), vireo gorjeador (*Vireo gilvus*) y chivirín saltarroca (*Salpinctes obsoletus*), cuyos detalles de los hallazgos describimos a continuación:

***Haemorrhous mexicanus* (P.L. Stadius Müller, 1776) (Fringillidae)**

Descripción: El 22 de octubre de 2015 encontramos el cadáver completo de una hembra adulta de *H. mexicanus*. El cadáver (CO-UABC 2080) se localizó a una distancia de 4 m al sureste de la base del tercer aerogenerador (32°49'97.5" N; 116°09'11.2" W). En el estudio radiográfico observamos en el cráneo un cambio de densidad radiográfica en el lóbulo parietal del hemisferio izquierdo, además de una fractura en la articulación escapulo humeral (hombro) del flanco derecho (Figuras 2c y d). Los hallazgos principales a la necropsia fueron una fractura en el cráneo en el hueso parietal del hemisferio izquierdo con ausencia de masa encefálica en esta porción, además de zonas hemorrágicas en las vértebras cervicales. Adicionalmente, corroboramos la presencia de la fractura en la articulación del hombro derecho.

***Vireo gilvus* (Vieillot, 1808) (Vireonidae)**

Descripción: El 3 de junio de 2016 encontramos un ejemplar adulto de *V. gilvus* (CO-UABC 2098) a 24 m al noreste de la base del quinto aerogenerador (32°29'36.2" N; 116°05'16.6" W). El cuerpo del ave estaba completo y externamente no observa-

mos ninguna lesión. En el estudio radiográfico no apreciamos fracturas u otras lesiones.

El 28 de agosto de 2016 encontramos un segundo espécimen de *V. gilvus* adulto, localizado a una distancia de 20 m al noreste de la base del quinto aerogenerador (32°29'36.2" N; 116°05'16.6" W). El cuerpo estaba incompleto, carecía de cabeza y patas. Recuperamos el tronco del ave, cubierto aún por las plumas del pecho de color gris, plumas primarias y secundarias de las alas y algunas plumas de la cola de color pardo. Estas partes del ave fueron cotejadas con especímenes en piel depositados en la Colección Ornitológica de la Universidad Autónoma de Baja California. Debido a la condición del ejemplar encontrado, no fue posible realizar estudios *post mortem* ni ingresarlo en la Colección Ornitológica.

***Salpinctes obsoletus* (Say, 1822) (Troglodytidae)**

Descripción: El 4 de junio de 2016 encontramos un ejemplar adulto de *S. obsoletus* a 47 m al noreste de la base del quinto aerogenerador (32°29'36.2" N; 116°05'16.6" W) (Figuras 2a y b). Debido a que el cadáver se encontró fuera del área de búsqueda, lo registramos como un hallazgo adicional. El cuerpo del ave estaba completo y externamente no observamos

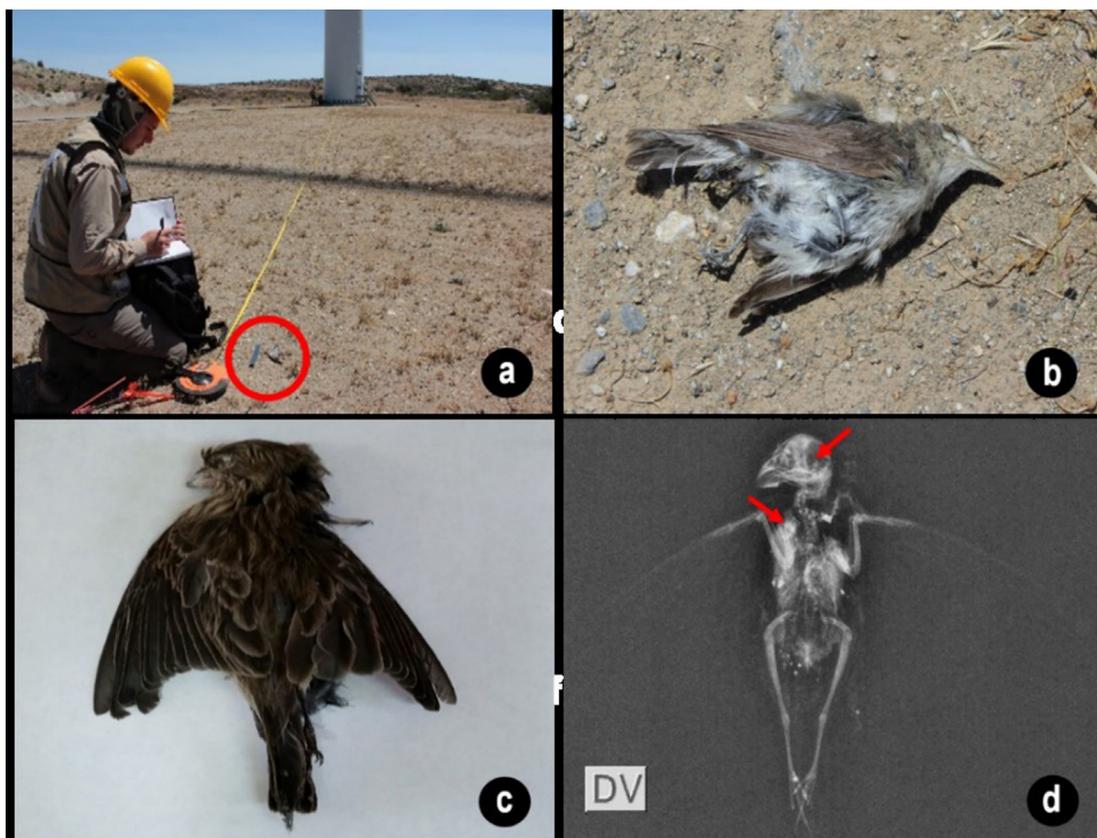


Figura 2. Hallazgo de un ejemplar de *Salpinctes obsoletus* en el parque eólico La Rumorosa 1, el círculo rojo señala la ubicación del cadáver (a) y en primer plano la imagen del mismo individuo (b). Estudio radiográfico de hembra de *Haemorrhous mexicanus* colisionada (c), placa radiográfica dorso ventral de *Haemorrhous mexicanus* donde se indica con flechas rojas las lesiones en el cráneo y en la articulación escapulohumeral (d) (foto: Aldo A. Guevara Carrizales. Junio 2016).

ninguna lesión. En el estudio radiográfico no apreciamos fracturas u otras lesiones.

De las especies que registramos en este estudio, ninguna de ellas se encuentra incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat 2010), en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2017) o en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES 2017). Sin embargo, es importante considerar que los pequeños paseriformes (aves menores a 30 cm de longitud) son los que presentan el mayor número de registros de mortalidad de aves en parques eólicos, por lo cual se debe considerar el impacto potencial en sus poblaciones a largo plazo (Erickson *et al.* 2014).

El uso de técnicas complementarias en este estudio, como los rayos X y la necropsia, nos permitieron establecer de forma precisa la causa de muerte de los especímenes. Sin embargo, en dos de las aves encontradas, el tiempo transcurrido desde la muerte hasta su hallazgo representó una limitante para llevar a cabo la necropsia. Este tipo de estudios *post mortem* es importante, ya que en algunos casos las aves que mueren por colisión con los aerogeneradores presentan solamente lesiones internas que no se pueden observar en los estudios radiográficos (Bevanger *et al.* 2010). En aquellos especímenes en los que no fue posible determinar la causa de muerte, se consideraron otras alternativas como la muerte por depredación, intoxicación o enfermedad. Sin embargo, la cercanía de los cadáveres con los aerogeneradores, sugiere una alta probabilidad de haber muerto por colisión con las torres.

La mortalidad de avifauna en parques eólicos ha sido ampliamente descrita a nivel mundial (Sovacool 2009, Grunkorn *et al.* 2017), siendo la colisión con los aerogeneradores una de las principales causas de muerte de las aves (Marques *et al.* 2014). En Estados Unidos, la mortalidad media anual de aves por colisión en parques eólicos es de 5.25 aves muertas por turbina por año (Loss *et al.* 2013) y en el mundo la mortalidad va de 0.2 a 40 aves muertas por turbina por año (Sovacool 2009). En México, Ledec *et al.* (2011) documentaron en un parque eólico de 98 turbinas en Oaxaca, la muerte de 78 aves entre 2017 y 2018. Sin embargo, los autores estiman que la tasa real de mortalidad en este parque eólico podría ser hasta 50 veces mayor debido a la alta tasa de remoción de cadáveres en el área y al tipo de vegetación que dificulta la búsqueda de cadáveres.

El presente estudio representa el primero en el norte del país en el que se obtienen registros preliminares de mortalidad de avifauna en un parque eólico. Al tratarse de un estudio piloto, sólo fue posible llevar a cabo la búsqueda de cadáveres una vez por mes, sin embargo, para poder estimar el impacto

de los aerogeneradores sobre las poblaciones de aves se requiere emplear una metodología estandarizada que contemple la duración del monitoreo, área e intervalo de búsqueda de cadáveres.

La principal recomendación que se hace para el monitoreo de mortalidad de aves y otra fauna en parques eólicos es que la búsqueda de cadáveres se realice intensivamente durante los primeros tres años de operación del proyecto (California Energy Commission 2007). Este monitoreo deberá cubrir las diferentes temporadas del año, incluyendo los meses de migración de la fauna. Los resultados del monitoreo permitirán identificar qué especies presentan mortalidad, si existe algún mes o sitio de mayor incidencia, es decir, aerogeneradores donde se registre mayor mortalidad. Esto permitirá implementar medidas de mitigación como el ajuste de los periodos de operación de los aerogeneradores, limitando su funcionamiento en temporadas críticas, como los meses de paso de especies migratorias (Ledec *et al.* 2011).

Adicionalmente, al estimar la tasa de mortalidad de fauna en parques eólicos, se sugiere incorporar dos factores de corrección, el tiempo de permanencia de los cadáveres en el área y la eficiencia de los buscadores. Esto considerando que el número de cadáveres encontrados en un monitoreo es un valor subestimado de la tasa de mortalidad real, al no incluirse en el primero los cadáveres que desaparecieron o fueron removidos por animales carroñeros entre un monitoreo y otro, ni los cadáveres que estaban presentes pero no fueron vistos por el buscador (Barrientos *et al.* 2018).

Para conocer el tiempo de permanencia de cadáveres, se recomienda la instalación de cámaras trampa con el fin de registrar cuánto tiempo tardan en desaparecer los cadáveres en el sitio en las distintas estaciones del año y detectar la presencia de animales carroñeros que remuevan los cadáveres. La eficiencia de los buscadores se puede estimar mediante un experimento donde se coloquen cadáveres de aves en sitios elegidos aleatoriamente dentro del parque eólico y se compare el número de cadáveres encontrados por los buscadores con el número de cadáveres colocados (Ontario Ministry of Natural Resources 2011). Los valores obtenidos para el tiempo de permanencia de cadáveres y la eficiencia de los buscadores, pueden ingresarse en programas especializados en la estimación de la mortalidad de aves y murciélagos en parques eólicos, como el software Evidence of Absence™ desarrollado por Dalthorp *et al.* (2014) donde se ajusta la tasa de mortalidad en relación con estos factores.

Estas recomendaciones se sugiere sean integradas en lineamientos para la construcción y operación de parques eólicos en México; con el fin de estandarizar los métodos de

evaluación de impacto ambiental y obtener una estimación más precisa del impacto de los proyectos eólicos en las aves. Finalmente, es importante que con la información generada en los programas de monitoreo de mortalidad se cree una base de datos que pueda ser compartida para detectar patrones de mortalidad y plantear medidas de mitigación.

Agradecimientos

Agradecemos a Rufford Foundation y Jiji Foundation por el financiamiento otorgado; F.J. Orduño, I. Gómez y personal del Parque Eólico La Rumorosa I por las facilidades brindadas para la realización del presente estudio. A V.H. López Frausto y A. Romero de la Mora por el apoyo en el trabajo de campo. Al Sindicato de Trabajadores Superación Universitaria UABC 2012-2016 y A. Navarro, por su asistencia en nuestra estancia. A G. Solís y M. del Valle por el apoyo en los estudios radiográficos. El permiso de colecta (GPA/DGVS/0258) fue otorgado por la Dirección General de Vida Silvestre-Semarnat.

Literatura citada

- Barrientos, R., R.C. Martins, F. Ascensão, M. D'Amico, F. Moreira, L. Borda-de-Água. 2018. A review of searcher efficiency and carcass persistence in infrastructure-driven mortality assessment studies. *Biological Conservation* 222:146-153. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.04.014>.
- Bevanger, K., F. Berntsen, S. Clausen, E.L. Dahl, Ø. Flagstad, A. Follestad, D. Halley, F. Hanssen, L. Johnsen, P. Kvaløy, P. Lund-Hoel, R. May, T. Nygård, H.C. Pedersen, O. Reitan, E. Røskaft, Y. Steinheim, B. Stokke, R. Vang. 2010. Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in coastal Norway (Bird-Wind). Report on findings 2007-2010. - NINA Report. Noruega.
- California Energy Commission and California Department of Fish and Game. 2007. California Guidelines for Reducing Impacts to Birds and Bats from Wind Energy Development. Commission Final Report. California Energy Commission, Renewables Committee, and Energy Facilities Siting Division, and California Department of Fish and Game, Resources Management and Policy Division. California, EUA.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre CITES. 2017. Apéndices I, II y III en vigor a partir del 2 de enero de 2017. México. Disponible en: <https://www.cites.org/esp/app/index.php> (consultado el 20 de febrero de 2018).
- Dalthorp, D., M. Huso, D. Dail, J. Kenyon. 2014. Evidence of absence software user guide: U.S. Geological Survey Data Series 881. Report. Virginia, Estados Unidos. DOI: <https://doi.org/10.3133/ds881>.
- Delgadillo, J. 1998. *Florística y ecología del Norte de Baja California, México*. 2a. ed., Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, B.C., México.
- Drewitt, A., H. Rowena, W. Langston. 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis* 148:29-42. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>.
- Erickson, W., M. Wolfe, K. Bay, D. Johnson, J. Gehring. 2014. A Comprehensive Analysis of Small-Passerine Fatalities from Collision with Turbines at Wind Energy Facilities. *PLoS ONE* 9(9):1-18. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107491>.
- Evans, A., V. Strezov, T. Evans. 2009. Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13:1082-1088. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.03.008>.
- Grunkorn T., J. Blew, O. Kruger, A. Potiek, M. Reichenbach, J.V. Ronn, H. Timmermann, S. Weitekamp, G. Nehls. 2017. A Large - Scale Multispecies Assessment of Avian Mortality Rates at Land Based Wind Turbines in Northern Germany. Pp. 43-64. En J. Koppel (eds.). *Wind Energy and Wildlife Interactions*. Springer International Publishing AG. Alemania.
- Ledec, G.C., R.W. Kennan, R.G., Aiello. 2011. *Greening the wind: environmental and social considerations for wind power development*. A World Bank study. World Bank. Washington, DC., EUA. DOI: <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8926-3>.
- Lemaître, J., K. MacGregor, N. Tessier, A. Simard, J. Desmeules, C. Poussart, P. Dombrowski, N. Desrosiers, S. Dery. 2017. *Bat Mortality Caused by Wind Turbines: Review of Impacts and Mitigation Measures*. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Quebec, Canadá. DOI: [10.13140/RG.2.2.36392.67848](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36392.67848).
- Loss, S.R., T. Will, P.P. Marra. 2013. Estimates of bird collision mortality at wind facilities in the contiguous United States. *Biological Conservation* 168:201-209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.10.007>.
- Marques, A.T, H. Batalha, S. Rodrigues, H. Costa, M.J., Ramos Pereira, C. Fonseca, M. Mascarenhas, J. Bernardino. 2014. Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation* 179:49-52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.08.017>.
- Morrison M.L., K.C. Sinclair, C.L. Thelander. 2009. Protocolo de muestreo para estudiar la influencia de los parques

- eólicos sobre aves y otros animales. Pp. 105-121. En M. Lucas, M. Ferrer (eds.). *Aves y parques eólicos, valoración del riesgo y atenuantes*. Madrid, España.
- Ontario Ministry of Natural Resources. 2011. *Bats and bat habitats. Guidelines for Wind Power Projects*. Ontario, Canadá.
- Secretaría de Energía. 2018. Infraestructura eólica en México creció 300 por ciento: PJC. México. Disponible en: <https://www.gob.mx/sener/prensa/infraestructura-eolica-en-mexico-crecio-300-por-ciento-pjc> (consultado el 22 de junio de 2018).
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección. México, D.F.
- Sovacool, B.K. 2009. Contextualizing avian mortality: A preliminary appraisal of bird and bat fatalities from wind, fossil-fuel, and nuclear electricity. *Energy Policy* 37:2241-2248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.011>.
- UICN. 2017. Red List of Threatened Species. Versión 2017.3. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. México. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/> (consultado el 19 de febrero de 2018).
- USAID, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. 2009. Elementos para la Promoción de la Energía Eólica en México, 2009. Washington, D.C., EUA. Disponible en: <http://www.amdee.org/Recursos/sectorial> (consultado el 15 de mayo de 2018).
- Zamora, M., E.L. Sánchez, A.A. Lambert – Arista. 2010. Recurso Eólico en Baja California. *Revista Digital Universitaria* 11(2):6-8.
- Zimmerling, J. R., A.C. Pomeroy, M.V. D'Entremont, C.M. Francis. 2013. Canadian estimate of bird mortality due to collisions and direct habitat loss associated with wind turbine developments. *Avian Conservation and Ecology* 8(2):10. DOI: <https://doi.org/10.5751/ace-00609-080210>.



Sociedad para el Estudio y Conservación
de las Aves en México, A.C.