

LUCAS MALLADA, 25 (2023)

ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X

<http://revistas.ica.es/index.php/LUMALL>

MORTALIDAD DE MURCIÉLAGOS Y MEDIDAS CORRECTORAS EN PARQUES EÓLICOS DE LA DEPRESIÓN DEL EBRO

Luis Lorente Villanueva¹ |
Óscar Mañero Marín¹ | Adrián Langa Sánchez¹

RESUMEN La siniestralidad de los murciélagos en algunos parques eólicos está obligando a emplear soluciones para su mitigación. Como la actividad de los murciélagos es más alta entre julio y octubre, durante las primeras horas de la noche y con una velocidad del viento inferior a los 6 metros por segundo, se probó el efecto de la parada temporal de las aspas con estas tres condiciones, programadas en la operación de cinco aerogeneradores en un clúster de parques eólicos situados en la depresión del Ebro. Los resultados mostraron una reducción de la siniestralidad de un 67 % en el primer año. La pérdida de rendimiento en la producción de electricidad por estas paradas programadas ha sido baja, lo que hace que sea una medida correctora eficaz para reducir la siniestralidad de los murciélagos y asumible por los promotores de las instalaciones.

PALABRAS CLAVE Siniestralidad de los murciélagos. Parques eólicos. Parada programada. Mitigación operacional. Aragón.

ABSTRACT Bat mortality in some wind farms is driving the need for mitigation solutions. Bat activity is higher from July to October, in the early evening, and with wind speeds under 6 meters per second. We tested the effectiveness of raising wind-turbine cut-in speeds with these three programmed conditions in the operation of five wind turbines in a cluster of wind farms

¹ Athmos Sostenibilidad. C/ Coso, 34, 4.º. E-50004 Zaragoza. athmos@athmosostenibilidad.com

located in the Ebro depression. The results show a 67 % reduction in bat fatalities in the first year. The loss of electricity production due to these cut-in speeds has been low, making it an effective corrective measure to reduce the accident rate and affordable for the operators of the installations.

KEYWORDS Bat fatalities. Wind turbines. Cut-in speed. Operational mitigation. Aragón (Spain).

INTRODUCCIÓN

La preocupación por el cambio climático ha impulsado la innovación, el desarrollo y la aplicación de energías renovables a nivel mundial (UNFCCC, 2016). El potencial global para la generación de energía eólica es enorme (Lu y cols., 2009) y está considerado por muchos como la fuente de energía renovable más prometedora. Asimismo, el Informe especial del IPC (2011) sobre energías renovables subrayó que los problemas ambientales afectarán a las oportunidades de implantación de proyectos de energía eólica.

Los aerogeneradores presentan un riesgo de mortalidad para los murciélagos por colisión (Hein y Schirmacher, 2016) y por el barotrauma causado por las diferencias de presión que genera la rotación de las palas (Baerwald y cols., 2008). La actividad de los murciélagos depende en gran medida de los parámetros climáticos y temporales que permiten predecir los periodos en los que el riesgo de colisión es elevado (Erickson y West, 2002; Cryan y Brown, 2007; Giovanello y Kaplan, 2008; Rydell y cols., 2010; Arnett y cols., 2011; Hein, 2014; Schuster y cols., 2015). Según los ensayos realizados en Europa y América del Norte, la parada de la rotación de las aspas por debajo de velocidades del viento superiores o iguales a 6 metros por segundo es la única manera demostrada para disminuir la mortalidad de los murciélagos debida a la colisión y el barotrauma (Rodrigues y cols., 2015; Behr y cols., 2017).

A pesar de que la instalación de los parques eólicos en España comenzó a finales del siglo pasado y de que los métodos de reducción de la mortalidad de murciélagos se están empleando desde hace más de una década en varios países, no hay información de experiencias y resultados obtenidos en los parques eólicos instalados en la península ibérica (Rodrigues, 2018).

Desde abril de 2020 realizamos la vigilancia ambiental de un clúster de seis parques eólicos (61 aerogeneradores) situado en el sureste de la comarca

de las Cinco Villas (provincia de Zaragoza). Durante el primer año de vigilancia, en 2020, se registraron en algunos aerogeneradores más de diez casos de mortalidad de ocho especies de murciélagos, principalmente del género *Pipistrellus* spp. Considerando que una mortalidad significativa sería la que exceda de 10 murciélagos muertos por aerogenerador/año (González y cols., 2013), se propusieron medidas correctoras a los promotores del clúster para reducir el impacto de los parques eólicos en las poblaciones de quirópteros. En 2021 se programó la parada de los aerogeneradores con mayor siniestralidad de quirópteros en función de ciertas variables ambientales durante los meses de mayor actividad de los murciélagos.

Para evaluar de forma preliminar la medida correctora adoptada, comparamos los resultados de la mortalidad registrada en cinco aerogeneradores antes de la implementación del programa de paradas con los obtenidos al año siguiente, cuando se efectuaron paradas en condiciones de riesgo para los murciélagos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Los aerogeneradores de los parques eólicos del clúster se sitúan entre los 380 y los 550 metros de altitud, al norte de los montes de Castejón de Valdejasa. En la mitad sur del clúster predominan las superficies con cultivos de cereal de secano, olivos y almendros, que se alternan con fragmentos de monte mediterráneo con pinar de pino carrasco (*Pinus halepensis*), coscoja (*Quercus coccifera*) y romero (*Rosmarinus officinalis*). La mitad norte está ocupada por cultivos de regadío variados: alfalfa, maíz, girasol y hortalizas, junto a un cauce fluvial con carrizal (*Phragmites australis*). Hay edificios agropecuarios dispersos, como varias granjas intensivas de ganado. En dos localidades próximas algunos edificios de piedra ofrecen refugios potenciales para especies de murciélagos de costumbres generalistas y fisurícolas. Los 61 aerogeneradores del clúster se distribuyen por una superficie de unas 4000 hectáreas. Tienen una potencia nominal de 3,8 megavatios, una altura de la góndola de 85 metros y un diámetro del rotor de 130 metros. La punta de las palas llega a los 20 metros sobre el suelo.

Métodos

Para el estudio de la siniestralidad se prospectó una superficie circular de un radio de 100 metros (3,14 hectáreas) alrededor de los aerogeneradores para localizar aves y murciélagos accidentados, con una frecuencia variable de entre dos y cuatro veces al mes durante los años 2020 y 2021, en función de la periodicidad indicada en el condicionamiento de la declaración de impacto ambiental. El esfuerzo de prospección necesario por persona en cada aerogenerador fue de unos 30-40 minutos, empezando poco después del amanecer hasta el mediodía. Las prospecciones siguieron la misma frecuencia, fechas y personas implicadas durante los dos años de vigilancia ambiental que proporcionan los datos para este estudio. Los taxones se identificaron en cuanto a la especie, con la excepción de *Pipistrellus pipistrellus* y *Pipistrellus pygmaeus*, que se agruparon en *Pipistrellus pygmaeus / pipistrellus* por la dificultad de distinguirlas correctamente, ya que con frecuencia se encontraron en mal estado de conservación.

Se programó la parada temporal de las palas de cinco aerogeneradores al año siguiente de entrar en explotación. En los aerogeneradores seleccionados se recogieron más de diez murciélagos accidentados en 2020. Las paradas se programaron entre los meses de julio y octubre de 2021 (123 días), teniendo en cuenta que la mortalidad de los murciélagos en parques eólicos sufre un pico importante durante el verano y la primera parte del otoño. En Cádiz (Sánchez-Navarro y cols., 2019) el 90 % de la mortalidad tuvo lugar entre julio y octubre (N = 2371).

La mayor actividad de los quirópteros se desarrolla durante las primeras horas de la noche, a temperaturas superiores a los 8-10 °C (Erickson y West, 2002; Martin y cols., 2017). Por tanto, la programación de las paradas se limitó entre las 21:00 y las 24:00 horas. No se pusieron limitaciones de temperatura en la programación porque durante esos meses y ese horario las temperaturas son suaves en el área de estudio.

La mortalidad de murciélagos en parques eólicos se produce de forma mayoritaria con velocidades de viento bajas (Arnett y cols., 2008; Martin y cols., 2017; Wellig y cols., 2018). En Cádiz el 87 % de las muertes (N = 420) se produjeron en noches con velocidades medias inferiores a 6 metros por segundo (Sánchez-Navarro y cols., 2019). Teniendo en cuenta estos resultados, se programó la parada de los aerogeneradores cuando la velocidad del

viento registrada en el anemómetro sobre la góndola, el único que hay en cada aerogenerador, fuese de < 6 metros por segundo, de forma que no rotaran a velocidades de viento de entre 3 y 6 metros por segundo. En la punta inferior de las aspas, a 20 metros sobre el suelo, estimamos que la velocidad del viento sería en realidad de unos 5 metros por segundo, según las mediciones de una torre de medición instalada en el clúster y que cuenta con dos anemómetros, a 85 y 20 metros de altura respectivamente. En el curso del estudio se analizó la variación de la velocidad del viento en el perfil vertical del aerogenerador y se constató que el coeficiente de variación de la velocidad en puntos próximos a la superficie respecto al punto de medición era suficientemente significativo como para tenerlo en cuenta. Es por ello por lo que, partiendo de la ecuación del gradiente de velocidad vertical, se corregirá la programación de la parada de las aspas para los próximos años, de tal forma que se garanticen, dentro de la superficie de barrido del aerogenerador, velocidades inferiores al umbral de riesgo para estas especies, lo que probablemente mejorará los resultados obtenidos en el primer año.

Del cálculo del alcance de las paradas que sufrieron los aerogeneradores y la pérdida de producción, se extrajeron y analizaron los datos almacenados de los cinco aerogeneradores, con la configuración de límite del arranque con velocidad del viento (rango > 3 m/s – < 6 m/s), y se contabilizaron los megavatios hora de pérdida ocasionada por las paradas diarias.

RESULTADOS

Entre abril de 2020 y noviembre de 2021 registramos 685 casos de mortalidad en los aerogeneradores en estudio, de los cuales el 56 % fueron murciélagos y el 44 % aves. El 70 % de los murciélagos siniestrados ($N = 380$) se encontraron a menos de 25 metros de distancia de los aerogeneradores. Las especies con mayor siniestralidad fueron *Pipistrellus pygmaeus/pipistrellus* (50 %), *Pipistrellus kuhlii* (30 %) e *Hypsugo savii* (8 %).

En los cinco aerogeneradores con parada programada entre los meses de julio y octubre de 2021, se encontraron 55 murciélagos muertos en 2020 ($\Sigma = 11$ casos/aerogenerador) y 18 en 2021 ($\Sigma = 3,6$ casos/aerogenerador), por lo que el descenso de la siniestralidad fue del 67 % (fig. 1). Del mismo modo, en los otros 56 aerogeneradores del clúster que estuvieron

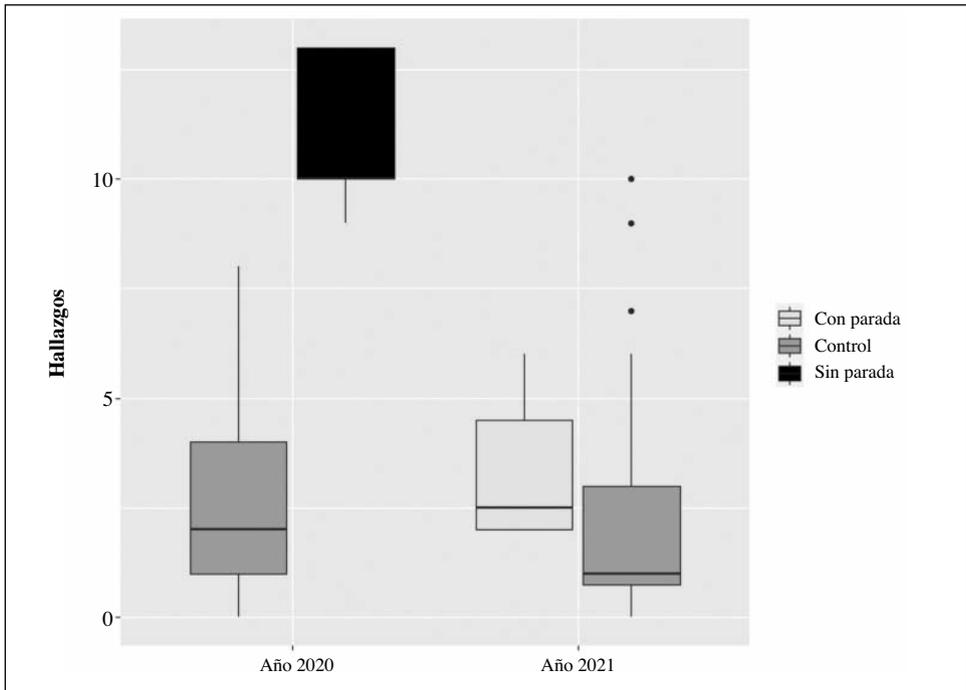


Fig. 1. Comparación de la siniestralidad de quirópteros de los aerogeneradores sin parada en 2020 y con parada programada en 2021 (N = 5) y sin parada (control) en 2020 y 2021 (N = 56).

completamente operativos en 2021 se encontraron 140 murciélagos en 2020 ($\Sigma = 2,5$ casos/aerogenerador) y 120 en 2021 ($\Sigma = 2,14$ casos/aerogenerador), lo que supone un descenso del 14 %.

El tiempo en que dejaron de funcionar los cinco aerogeneradores por las paradas programadas en condiciones de riesgo para los murciélagos en 2021 fue de 833,31 horas ($\Sigma = 166,42$ h/aerogenerador). El promedio de horas en que estuvieron parados los aerogeneradores fue de 1,21 diarias. La pérdida de producción de todos estos aerogeneradores fue de 209,7 megavatios hora en el periodo de programación de las paradas.

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que en el primer año de experiencia la medida correctora empleada para mitigar la mortalidad de murciélagos ha permitido

reducir la siniestralidad. Estos resultados corroboran los que se obtuvieron en otros ensayos de este tipo realizados en regiones templadas de Norteamérica y Europa (Arnett y cols., 2011; Baerwald y cols., 2009; Behr y cols., 2017; Wellig y cols., 2018). No obstante, la mortalidad sigue siendo más alta en estos aerogeneradores intervenidos ($\Sigma = 3,6$ casos/aerogenerador/año, $N = 5$) que la registrada en los aerogeneradores sin medidas en 2020 y 2021 ($\Sigma = 2,3$ casos/aerogenerador/año, $N = 112$). Es posible que estos aerogeneradores tengan en su entorno una mayor actividad de quirópteros por su situación, ya que tres de ellos se encuentran distribuidos en una zona de borde forestal de monte mediterráneo, y los otros dos, muy cerca de un área con corriente permanente de agua y vegetación palustre. Estos ambientes son frecuentados por los murciélagos debido a las mayores abundancia y diversidad de insectos.

También se observa un ligero descenso de la mortalidad en los aerogeneradores sin medida correctora. Esto se podría relacionar con el impacto negativo de los aerogeneradores en las poblaciones de quirópteros durante el primer año de operación, que hubiese dado lugar a una menor abundancia al año siguiente. Este supuesto se podría descartar, ya que la actividad de los quirópteros no ha descendido en las cuatro estaciones de registro de ultrasonidos que hay repartidas en el clúster, en las que se realiza una sesión mensual de muestreo entre mayo y octubre para el estudio de la actividad de quirópteros que obliga a realizar durante los primeros cinco años de explotación la declaración de impacto ambiental. La actividad de las especies del género *Pipistrellus* spp. y *Hypsugo savii* se incrementó ligeramente, ya que con el mismo esfuerzo de muestreo en las cuatro estaciones se obtuvieron un total de 12 771 secuencias identificadas en 2020 y 13 386 en 2021.

Con esta medida correctora de parada temporal de los aerogeneradores se puede conseguir reducir la mortalidad de los murciélagos, pero en algunos de ellos, situados en ubicaciones sensibles, la siniestralidad podría perdurar incluso aplicando esta medida correctora durante el periodo de explotación del parque eólico. Por ello, conviene asumir las medidas preventivas que se desprendan de los estudios de evaluación de impacto ambiental y tener en cuenta el grado de actividad de los quirópteros para la ubicación de los aerogeneradores (González y cols., 2013).

Aumentando la parada del arranque de los aerogeneradores estudiados, entre una velocidad del viento de 3 metros por segundo, que es cuando

empiezan a girar, hasta los 6 metros por segundo programados, se reduce el tiempo de generación de energía, mermando así el rendimiento económico de las instalaciones. Sin embargo, el rendimiento de producción de electricidad de los aerogeneradores es muy bajo a velocidades de viento por debajo de 6 metros por segundo, así como la pérdida económica (Voigt y cols., 2015; Martin y cols., 2017). El descenso de producción eléctrica de los aerogeneradores con parada programada fue menor del esperado en los cinco aerogeneradores estudiados y se podría asumir por los promotores del clúster, teniendo en cuenta que supone menos del 1 % de la producción anual (Arnett y cols., 2011). Esta medida, al menos, se podría implementar en los aerogeneradores con una siniestralidad de murciélagos que se considere significativamente elevada (González y cols., 2013) y que no se hubiera detectado en los estudios previos de evaluación de impacto ambiental. Pero la actividad de los murciélagos se puede subestimar en los estudios previos de evaluación de impacto ambiental porque los muestreos realizados hubieran sido insuficientes y defectuosos. Aunque, por otra parte, hay que tener en cuenta que también se puede incrementar la actividad de los murciélagos tras la instalación de los aerogeneradores por la atracción que provocan en ellos por motivos que todavía no están claros (Cryan y cols., 2014).

Para poder aplicar con eficacia esta medida correctora de parada temporal de los aerogeneradores con elevada siniestralidad, es necesario conocer las tasas de mortalidad de los murciélagos. Para ello, deben realizarse prospecciones sistemáticas alrededor de los aerogeneradores, principalmente durante los meses de mayor siniestralidad, entre agosto y octubre. Esto se puede conseguir aplicando con rigor las metodologías propuestas en los protocolos de la vigilancia ambiental que se indican en las declaraciones de impacto ambiental de los parques eólicos. De lo contrario, se estarían subestimando las tasas de siniestralidad y no se podrían aplicar las medidas correctoras oportunas.

AGRADECIMIENTOS

A los miembros de Athmos Sostenibilidad que revisaron y aportaron mejoras al manuscrito, y en particular al equipo de vigilancia ambiental y social por el esfuerzo en la prospección de los aerogeneradores y en la gestión de los datos. A los promotores del clúster por facilitarnos la información de

los registros de las velocidades del viento y el régimen de paradas de los aerogeneradores, así como por incorporar las medidas correctoras sugeridas y promover la difusión de los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnett, E. B., K. Brown, W. P. Erickson, J. K. Fiedler, B. L. Hamilton, T. H. Henry, A. Jain, G. D. Johnson, J. Kerns, R. R. Koford, C. P. Nicholson, T. J. O'Connell, M. D. Piorowski y R. D. Jr Tankersley (2008). Patterns of fatality of bats at wind energy facilities in North America. *Journal of Wildlife Management*, 72: 61-78.
- Arnett, E. B., M. Huso, M. R. Schirmacher y J. P. Hayes (2011). Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9 (4): 209-214.
- Baerwald, E. F., G. H. D'Amours, B. J. Klug y R. M. R. Barclay (2008). Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology*, 18: 695-696.
- Baerwald, E. F., J. Edworthy, M. Holder y R. M. R. Barclay (2009). A large-scale mitigation experiment to reduce bat fatalities at wind energy facilities. *Journal Wildlife Management*, 73 (7): 1077-1081.
- Behr, O., R. Brinkmann, K. Hochradel, J. Mages, F. Korner-Nievergelt, I. Niermann, M. Reich, R. Simon, N. Weber y M. Nagy (2017). Mitigating bat-mortality with turbine-specific curtailment algorithms: a model based approach. En J. Köppel (ed.), *Wind Energy and Wildlife Interactions*: 135-160. Springer. Berlín.
- Cryan, P. M., y A. C. Brown (2007). Migration of bats past a remote island offers clues toward the problem of bat fatalities at wind turbines. *Biological Conservation*, 139 (1): 1-11.
- Cryan, P. M., P. M. Gorresen, C. D. Hein, M. R. Schirmacher, R. H. Diehl, M. M. Huso, D. T. S. Hayman, P. D. Fricker, F. J. Bonaccorso, D. H. Johnson, K. Heist y D. C. Dalton (2014). Behaviour of bats at wind turbines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 (42): 15126-15131.
- Erickson, J. L., y S. D. West (2002). The influence of regional climate and nightly weather conditions on activity patterns of insectivorous bats. *Acta Chiropterologica*, 4 (1): 17-24.
- Giovanello, A., y C. S. Kaplan (2008). *Wind energy siting handbook: Reported for American Wind Energy Association*. AWEA. Washington, D. C. 183 pp.
- González, F., J. T. Alcalde y C. Ibáñez (2013). Directrices básicas para el estudio del impacto de instalaciones eólicas sobre poblaciones de murciélagos en España. *SECEMU. Barbastella*, 6 (núm. especial): 1-31.
- Hein, C. (2014). Strategies to reduce bat fatalities at wind energy facilities: working together to resolve environmental effects of wind energy. En *International Energy Agency's Wind Task 34 Webinar*, 28-29 August 2014 <<https://n9.cl/z66w7>>.

- Hein, C. D., y M. R. Schirmacher (2016). Impact of wind energy on bats: a summary of our current knowledge. *Human-Wildlife Interactions*, 10 (1), article 4.
- Intergovernmental Panel on Climate (IPC) (2011). *Intergovernmental panel on climate change special report on renewable energy sources and climate change mitigation* <<https://www.ipcc.ch/report/renewable-energy-sources-and-climate-change-mitigation/>>. Retrieved from Cambridge, UK.
- Lu, X., M. B. McElroy y J. Kiviluoma (2009). Global potential for wind-generated electricity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 106 (27): 10933-10938 <<https://doi.org/10.1073/pnas.0904101106>>.
- Martin, C. M., E. B. Arnett, R. D. Stevens y M. C. Wallace (2017). Reducing bat fatalities at wind facilities while improving the economic efficiency of operational mitigation. *Journal of Mammalogy*, 98 (2): 378-385 (DOI:10.1093/jmammal/gyx005).
- Rodrigues, L. (2018). *Report of the IWG on Wind Turbines and Bat Populations 2018* <<https://n9.cl/e2ic9>>. Report by EUROBATS.
- Rodrigues, L., L. Bach, M. J. Dubourg-Savage, B. Karapandža, D. Kovač, T. Kervyn, J. Dekker, A. Kepel, P. Bach, J. Collins, C. Harbusch, J. Park, B. Micevski y J. Minderman (2015). *Guidelines for consideration of bats in wind farm projects – revision 2014*. EUROBATS Publication Series No. 6 (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat. Bonn. 133 pp.
- Rydell, J., L. Bach, M. J. Dubourg-Savage, M. Green, L. Rodrigues y A. Hedenström (2010). Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica*, 12 (2): 261-274.
- Sánchez-Navarro, S., J. Rydell y C. Ibáñez (2019). Bat fatalities at wind-farms in the lowland Mediterranean of southern Spain. *Acta Chiropterologica*, 21 (2): 349-358.
- Schuster, E., L. Bulling y J. Köppel (2015). Consolidating the state of knowledge: a synoptical review of wind energy's wildlife effects. *Environmental Management*, 56 (2): 300-331.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (2016). *Adoption of the Paris Agreement. Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015 (1/CP.21)* <<https://n9.cl/pdzse>>.
- Voigt, C. C., L. S. Lehnert, G. Petersons, F. Adorf y L. Bach (2015). Wildlife and renewable energy: German politics cross migratory bats. *European Journal of Wildlife Research*, 61 (2): 213-219.
- Wellig, S. D., S., Nusslé, D. Miltner, O. Kohle, O. Glairoz y V. Braunisch (2018). Mitigating the negative impacts of tall wind turbines on bats: vertical activity profiles and relationships to wind speed. *PLoS ONE*, 13 (3): e0192493 <<https://n9.cl/m9v5d>>.