

Probabilidad de que los murciélagos sufran barotraumatismo cerca de palas de aerogeneradores en movimiento

En octubre de 2018, la tarea eólica 34 de la Agencia Internacional de Energía, "Trabajando juntos para resolver los efectos ambientales de la energía eólica (WREN)", organizó un foro virtual para analizar la probabilidad de que los murciélagos experimenten barotraumatismo cuando vuelan cerca de palas de aerogeneradores en movimiento. El foro incluyó a expertos en biología y fisiología de murciélagos, interacciones entre murciélagos y aerogeneradores, tecnología de aerogeneradores y ciencias atmosféricas. Este resumen educativo incluye las conversaciones presentadas en el foro y los comentarios escritos de aquellos que no pudieron asistir. Se utilizó literatura relevante que sirviera de contexto adicional cuando era necesario.

RESUMEN

Las posibles explicaciones sobre la causa directa de la mortalidad de murciélagos en aerogeneradores en funcionamiento son

(1) contusión causada por las palas de aerogeneradores que golpean a los murciélagos individuales, a menudo denominado colisión, y (2) barotraumatismo, que resulta de la exposición a

cambios de presión cerca de la superficie de movimiento de las palas de aerogeneradores en movimiento. Si bien la mortalidad relacionada con colisiones es fácil de entender, el mecanismo que causa el barotraumatismo es más complejo. Las palas de aerogeneradores que se mueven rápidamente crean zonas de variaciones de alta y baja presión a lo largo de las superficies de las palas. Si los murciélagos vuelan dentro de estas zonas, el cambio de presión repentino puede causar hemorragia interna, daño a los pulmones u otros órganos y daño al oído interno. Sin embargo, se carece de datos suficientes para demostrar que el barotraumatismo es una causa común de mortalidad de murciélagos en los aerogeneradores. Además, la variación de presión necesaria para causar barotraumatismo en murciélagos está tan cerca de la superficie de las palas del aerogenerador que existe una mayor probabilidad de contacto directo con las palas que de experimentar únicamente barotraumatismo. Independientemente de la causa, los murciélagos interactúan con las palas de los aerogeneradores que se mueven rápidamente, y estas interacciones provocan muertes. Resolver este problema requerirá una mejor comprensión del comportamiento de los murciélagos y medidas rentables para reducir las interacciones entre murciélagos y aerogeneradores.



Murciélago ceniciento. Foto de Cris Hein, Laboratorio Nacional de Energía Renovable

ESTADO DE LA CIENCIA SOBRE EL BAROTRAUMATISMO

En 2008, la evidencia inicial que respaldaba el barotraumatismo como causa de la mortalidad de murciélagos en aerogeneradores encontró que el 57 % (n = 43) de los cadáveres de murciélagos recuperados debajo de aerogeneradores mostraban signos de

hemorragia interna sin indicios de lesión externa o contusión. Los resultados de un estudio posterior mostraron que el 37 % (n = 54) de todos los cadáveres de murciélagos recuperados tenían lesiones internas consistentes con barotraumatismo, pero carecían de lesiones externas. En estudios adicionales se han observado algunos cadáveres de murciélagos con hemorragia interna y sin lesiones externas aparentes, pero los tamaños de muestra reducidos impiden hacer una inferencia más amplia. También se ha sugerido que el barotraumatismo puede provocar mortalidad tardía o respuesta subletal. Puede producirse mortalidad tardía si los murciélagos están expuestos al cambio rápido de presión pero pueden volar fuera del parque eólico antes de perecer por sus heridas. El barotraumatismo subletal puede dañar el oído interno, específicamente el tímpano, lo que puede reducir la probabilidad de supervivencia al afectar la capacidad de ecolocalización de los murciélagos, una función crítica para la navegación y el forrajeo. En tales casos, los individuos no estarían representados en las estimaciones de mortalidad en las instalaciones de energía eólica, lo que daría lugar a subestimaciones de la mortalidad acumulada.

Para investigar más a fondo el número informado de cadáveres de murciélagos sin lesiones externas, en un estudio se utilizó radiología para identificar fracturas óseas que pueden haber pasado desapercibidas al realizar solo una inspección visual. Las radiografías mostraron que el 74 % (n = 29) de los cadáveres de murciélagos tenían al menos un hueso roto. La inspección visual encontró

un 33 % menos fracturas óseas que las radiografías, lo que indica que la inspección visual puede ser significativamente menos eficaz para identificar muertes relacionadas con colisiones. Además, los criterios que se utilizan a menudo para determinar la presencia de barotraumatismo, incluido el líquido en pulmones y hemorragias internas, pueden ser resultado de eventos de colisión. Además, se sabe que características tales como el momento de la muerte, la temperatura ambiental y la congelación de los cadáveres para investigaciones posteriores provocan



Murciélago de pelo plateado. Foto de Cris Hein, Laboratorio Nacional de Energía Renovable



Figura 1. Las regiones de baja presión en el lado de sotavento de la pala y las regiones de alta presión en el lado de barlovento (superficie de la pala) son causadas por aceleraciones de flujo locales. Los vórtices también se forman a favor del viento desde la punta de la pala. Estos pueden causar barotraumatismo en murciélagos. Gráfico de Lawson et al. 2010. Una investigación sobre la posibilidad de que los aerogeneradores causen barotraumatismo en murciélagos. *PLoS ONE* 15(12): e0242485.

cambios morfológicos *post mortem* que podrían asemejarse a los síntomas del barotraumatismo. En un experimento se utilizó un ambiente controlado para monitorear la descomposición de cadáveres de murciélagos y se encontró que los niveles de líquido en los pulmones y el exceso de líquido en los vasos sanguíneos aumentaron significativamente en tan solo 2 y 24 horas, respectivamente, concluyendo que los diagnósticos de barotraumatismo en cadáveres de murciélagos recuperados son probablemente poco fiables. Por lo tanto, las lesiones por colisiones y los cambios causados por la descomposición pueden diagnosticarse erróneamente como barotraumatismo.

Los lugares donde se recuperan los cadáveres en relación con la base del aerogenerador también puede dar lugar a sobrestimaciones de la proporción de cadáveres identificados como muertos por barotraumatismo. Los cadáveres de murciélagos clasificados como muerte por barotraumatismo o individuos con menos huesos rotos se ubicaron más cerca de la base de los aerogeneradores, en comparación con los murciélagos con lesiones externas evidentes. Esto, combinado con la idea de que los murciélagos golpeados por las palas, particularmente en condiciones de alta velocidad del viento, puede empujar a los individuos a mayores distancias respecto a los aerogeneradores, sugiere la posibilidad de una mayor probabilidad de que las personas con lesiones externas visibles no sean contabilizadas en las inspecciones de cadáveres y, por lo tanto, que estén subrepresentadas.

Un análisis en el que se utilizaron simulaciones por computadora de dinámica de fluidos y cálculos analíticos de vórtices en la punta de las palas estimó los cambios de presión que los murciélagos pueden experimentar cuando vuelan cerca de las palas de aerogeneradores en movimiento. Debido a que no hay datos de laboratorio sobre los impactos de los cambios de presión en

murciélagos, en los resultados del estudio se utilizaron datos de ratas y ratones como sustitutos. Las palas en movimiento generan dos campos de presión: (1) un campo de baja presión en el lado de sotavento y (2) un campo de alta presión en el lado de barlovento (Figura 1). Los resultados mostraron que el cambio de baja presión que experimentan los murciélagos cerca de las palas en movimiento es casi 8 veces menor que la presión que causa la mortalidad en ratas. El cambio de alta presión que se experimenta cerca de las palas en movimiento es aproximadamente 80 veces menor que el nivel de exposición que causa una mortalidad del 50 % en ratones. El estudio concluyó que las variaciones de alta y baja presión están extremadamente localizadas y que, para sufrir barotraumatismo, los murciélagos deben tomar una ruta de vuelo improbable que roce la superficie de la pala. El mínimo cambio en la trayectoria de vuelo resulta en una colisión o en un cambio de presión inofensivo.

Las diferencias fisiológicas entre murciélagos y roedores dificultan las comparaciones directas. Por ejemplo, los murciélagos tienen una delgada barrera de gases en sangre y otras adaptaciones de vuelo que pueden hacerlos vulnerables a cambios de presión más pequeños en comparación con otros mamíferos. Sin embargo, los cambios de presión necesarios para causar barotraumatismo están tan cerca de la superficie de las palas del aerogenerador que es poco probable que un murciélago pueda experimentar barotraumatismo sin ser golpeado por la pala del aerogenerador en movimiento.

CONCLUSIÓN

La discusión sobre si los murciélagos mueren por barotraumatismo persiste desde 2008. La evidencia contradictoria dificulta evaluar el alcance y la magnitud de este fenómeno. La evidencia concluyente con respecto a la plausibilidad de barotraumatismo puede no ser posible. La investigación sobre la respuesta de los murciélagos a variaciones de presión similares a las que ocurren en la superficie de las palas de los aerogeneradores tiene implicaciones éticas (es decir, someter a los murciélagos vivos a cambios de presión letales). Además, los análisis rentables para diferenciar entre contusión y barotraumatismo en cadáveres pueden no ser realistas debido a la naturaleza del monitoreo posterior a la construcción y la investigación de campo. Independientemente de la causa de muerte de los murciélagos por las interacciones con aerogeneradores, estudiar los cientos de miles de muertes de murciélagos estimadas por año requiere reducir las interacciones entre los murciélagos y las palas de aerogeneradores que giran rápidamente. Esto se puede lograr al comprender mejor por qué los murciélagos se acercan e interactúan con los aerogeneradores, limitando la actividad de los murciélagos cerca de los aerogeneradores al utilizar elementos de disuasión y limitando el movimiento de las palas de los aerogeneradores cuando el riesgo de colisión es alto.

Redactado por: Emma Guest y Cris Hein

Colaboradores: Taber Allison, Erin Baerwald, Robert Barclay, Jeff Clerc, Paul Cryan, Elise DeGeorge, Mike Lawson, Roel May, Luisa Müenter, Michael Schirmacher, Bethany Straw, Bob Thresher, Raphael Tisch y Christian Voigt.

Para obtener más información sobre Wren, visite <https://tethys.pnnl.gov/about-wren>