

Mario Alejandro Sánchez Trujillo,* S. Jordán Orantes Alborez,**
Manuel de Jesús Palacios Gallegos,*** José Bastiani Gómez,[•]
Tamara Rioja Paradela,^{**} Arturo Carrillo Reyes^{***}

Evaluación de impacto ambiental por aerogeneradores en Arriaga, Chiapas

Environmental impact assessment for wind turbines in Arriaga, Chiapas

Abstract | Faced with the effects of climate change and the level of world oil production, wind energy is the most widely sold renewable option for reducing greenhouse gases. However, in order to obtain it, the environment is affected. This paper presents the results of an investigation that evaluates the disturbance of wind turbines at the Wind Park San Jacinto, in Arriaga, Chiapas, prioritizing the effects of noise and shade on bird life and explaining the relationship of species mortality with these factors. Birds, noise and shadow projection of the devices were monitored. Through analysis, the ecological damage was determined, pending the issues of implementation, innovation and development of context-friendly technologies. Bird monitoring was implemented in the vicinity of the wind farm, as well as in locations with similar vegetation, but far from the park, since it was the most appropriate way to identify bird species that fly inside and outside the park, ensure the existence of damage caused by this technology, to later make a comparison of the two monitoring places and thus be able to obtain more precise results in the investigation.

Keywords | bird life | noise | mortality | wind energy | wind turbines | impact.

Resumen | Ante los efectos del cambio climático y el nivel de producción mundial de petróleo, la energía eólica es la opción renovable más vendida para reducir los gases de efecto invernadero. Sin embargo, está demostrado que las instalaciones de energía eólica tienen un

Recibido: 15 de febrero, 2022.

Aceptado: 6 de junio, 2023.

* Secretaría de Educación, Chiapas, México.

** Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de Ingeniería.

*** Universidad Politécnica de Chiapas, Facultad de Ingeniería en Energías.

• Universidad Intercultural de Chiapas.

** Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

*** Oikos: Conservación y Desarrollo Sustentable.

Correos electrónicos: ingmariotrujillo@gmail.com | jordan.orantes@unicach.mx | mpalacios@upchiapas.edu.mx | bastianijose14@hotmail.com | tamara.rioja@unicach.mx | arturo.carrillo@unicach.mx

Sánchez Trujillo, Mario Alejandro, S. Jordán Orantes Alborez, Manuel de Jesús Palacios Gallegos, José Bastiani Gómez, Tamara Rioja Paradela, Arturo Carrillo Reyes. «Evaluación de impacto ambiental por aerogeneradores en Arriaga, Chiapas.» *INTER DISCIPLINA* 12, n° 32 (enero-abril 2024): 277-289.

doi: <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2024.32.87014>

impacto en la mortalidad de pájaros, murciélagos y en la pérdida del hábitat de algunas especies. Este documento presenta los resultados de una investigación que evaluó la perturbación de los aerogeneradores del Parque Eólico San Jacinto, en Arriaga, Chiapas, priorizando sus efectos por ruido y sombra en la avifauna, y explicando la relación de la mortalidad de especies con tales factores. Se monitoreó la cantidad de pájaros, así como la emisión de ruido y proyección de sombra de los dispositivos. Mediante análisis se determinaron cuáles son los daños ecológicos, dejando pendientes los temas de implementación, innovación y desarrollo de tecnologías amigables con el contexto. Se implementó, asimismo, un monitoreo de aves en las cercanías del parque eólico, así como en locaciones con similar vegetación, pero alejadas del parque; al ser esta la manera más adecuada para poder identificar especies de aves que vuelan dentro y fuera del parque, se confirmó la existencia de los daños ocasionados por esta tecnología, y, posteriormente, se realizó una comparación de los dos lugares de monitoreo para con ello poder obtener resultados más precisos en la investigación.

Palabras clave | avifauna | ruido | mortalidad | aerogeneradores | energía eólica | impacto.

Introducción

SE DESCRIBE COMO DE ALTA PRIORIDAD la problemática de la avifauna porque son escasos los estudios publicados, sobre todo acerca de los aerogeneradores en la región de Arriaga, Chiapas. Se consideró la relación entre el ruido producido y la proyección de sombra y se detectaron perjuicios por la construcción y la operación de los parques eólicos, como mortalidad por colisión, desplazamiento de especies por modificación de hábitat y efecto barrera. Sin embargo, pocas investigaciones relacionan su mortalidad con el ruido y la proyección de sombra, por lo cual no se sabe con precisión qué provoca el choque de los pájaros.

Se evalúan tres de los posibles efectos ambientales por los aerogeneradores de Arriaga, Chiapas: i) por ruido, ii) por proyección de sombra, y, iii) contra la avifauna. Se indagó si alteran directamente el comportamiento de las poblaciones de pájaros. Cabe mencionar que dicho proyecto se llevó a cabo con recursos financieros propios. Para este estudio se utilizaron varias metodologías para la evaluación del impacto ambiental, entre las que cabe destacar las de Simarro (2015), Schaffner *et al.* (2010) y Kaivo-oja (2013). El análisis de impacto ambiental es de suma importancia en el desarrollo y operación de aerogeneradores debido a su potencial impacto en el entorno natural, permitiendo, así, la identificación de los aspectos ambientales más relevantes y la evaluación de su magnitud, duración, alcance y probabilidad de ocurrencia. Esta información incluye ubicación, tamaño, duración, entre otros, de la tecnología involucrada; al identificar la magnitud de una perturbación es posible establecer medidas de mitigación para minimizar, reducir o compensar los impactos negativos identificados (Glasson, Therivel y Chadwick 2000).

La implementación del modelo de evaluación de ruido, proyección de sombra y el monitoreo de la avifauna en parques eólicos ofrece ventajas analíticas importantes al proporcionar información precisa, detallada y objetiva sobre el impacto acústico, la proyección de sombra y los efectos en la avifauna. Lo anterior permite planificar, diseñar y operar de manera más efectiva y sostenible los parques eólicos, garantizando el cumplimiento de regulaciones y estándares ambientales y en el bienestar de las personas que viven o trabajan en ellos. El ruido excesivo puede provocar trastornos de sueño, estrés, molestias y problemas de concentración; mientras que el sombreado puede afectar la calidad de la luz natural y alterar los patrones de sombra en las áreas cercanas. Por otra parte, el ruido excesivo puede afectar la comunicación y el comportamiento de las especies animales, especialmente de las aves y mamíferos sensibles al ruido. El sombreado, por su parte, puede interferir en la fotosíntesis y el crecimiento de la vegetación, afectando así los ecosistemas presentes.

Material y metodología¹

La investigación fue practicada en los alrededores de los parques eólicos San Jacinto y Arriaga, a latitud 16° 10' 57.2" y longitud -93° 56' 14.4", según el sistema geodésico WSG84, y a 17 msnm (Asociación Mexicana de Energía Eólica 2011). El estudio estuvo localizado fuera de los parques, por la negativa de las empresas involucradas a otorgar los permisos. Sin embargo, fueron considerados puntos suficientes en la obtención de datos para evitar sesgos.

Figura 1. Área de estudio.



Fuente: Google Maps (2018).

¹ Uribe Rivera *et al.* (2018).

La figura 1 muestra los puntos de recolección de datos. Los rojos indican las áreas cercanas a los aerogeneradores y los amarillos las alejadas, cuyas condiciones de flora son similares en comparación con la ubicación de los dispositivos eólicos.

Estos parques fueron puestos en marcha en 2014 y cuentan con 25 turbinas modelo Vestas V90/2000, una potencia de generación de más de 2,000 kw cada uno, diámetro de 90 m y más de 18,000 kw, considerado el tipo *onshore*. La inversión es 100% privada y la construcción por Geomex, firma dedicada a la generación de energía mediante fuentes renovables en conjunto con los grupos Aldesa y Dragón (Asociación Mexicana de Energía Eólica 2011). La región es un corredor eólico, es decir, la velocidad del viento es muy alta, por lo cual, Arriaga es vista como área para proyectos de producción de electricidad.

Las aves se monitorearon en las cercanías del parque eólico para identificar especies dentro y fuera, además de asegurarse de la existencia de daños ocasionados por tal tecnología mediante un modelo de evaluación de ruido y otro de cálculo de sombra (Simarro 2015).

Modelo de evaluación de ruido

Este análisis consideró valores de ruido emitido (*LWA*) como el de los aerogeneradores Vestas V90 en dB(A), según la página oficial de la marca (2019), y de un emplazamiento eólico, como se describe a continuación:

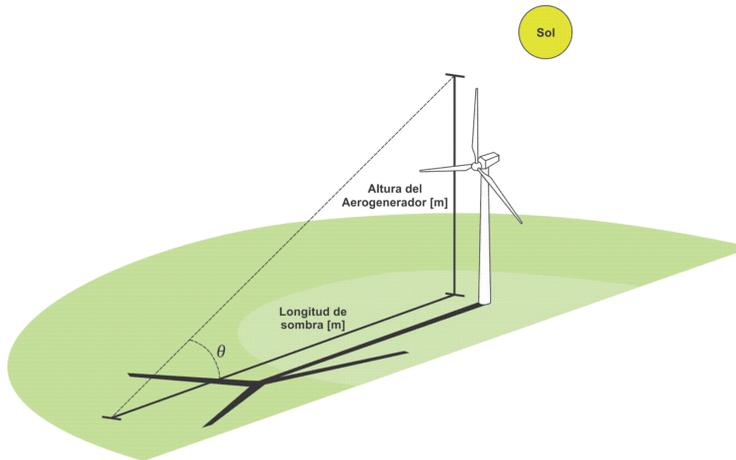
El modelo de propagación de ruido permite la cuantificación de niveles desde múltiples fuentes con base en sus potencias de sonido (McGowan 2009) en la zona, específicamente decibelios ponderados dB(A), en el dominio computacional (ERM 2014). Obtenidos los datos, con la ayuda del *software WindPRO version 2.9.269*, trazamos mapas a través de los cuales fue posible identificar las áreas que podrían resultar afectadas en caso de existir población cercana al parque, y constatar si hay una relación entre el ruido generado por los aerogeneradores y la avifauna (figura 3). También se consiguió el valor límite en dB(A) de exposición al ruido para este estudio, el cual fue de 50, con base en lo establecido en la NOM-081 (Semarnat 1994), y hasta 90 según la NOM-011 (STPS 2001), y así fue posible identificar las zonas más sensibles.

Modelo de cálculo de sombra

Fueron consideradas como receptoras de la proyección las poblaciones cercanas al Parque Eólico Arriaga, y las que transitan diariamente por ahí, como principales afectadas en caso de impacto cerca del área de estudio. Ninguna norma mexicana determina un límite máximo de exposición a la sombra emitida por los aerogeneradores, como tampoco si la población de aves se ve perturbada. Sin embargo, Schaffner *et al.* (2010) y Kaivo-oja (2013) sugieren entre 22 y 30 minutos diarios, lo cual sirvió para identificar los edificios (receptores) afecta-

dos, pero falta un estudio acerca de la avifauna. El modelo de evaluación de proyección para este requirió de los valores del diámetro del Sol en kilómetros y su distancia a la Tierra, para definir el ángulo del vértice entre la longitud de la sombra y la hipotenusa obtenida de la altura del aerogenerador (Solís 2016), incluida la distancia alcanzada a la punta del aspa, como ejemplifica la figura 2.

Figura 2. Esquema de proyección de sombra.



Fuente: Solís (2016).

Se presenta el cálculo de sombreado en mapas con escalas de colores para las zonas más sensibles a la proyección, las que podrían ser las más afectadas por los aerogeneradores (figura 4).

Monitoreo de avifauna

Los puntos de conteo ayudaron a identificar las especies fuera de los parques eólicos. Se puede utilizar este método en todos los hábitats, a diferencia de los transectos, difíciles cuando hay vegetación muy cerrada. Esto permite al observador concentrarse en las aves, dando tiempo de revisar las guías para la identificación de especies. Las utilizadas fueron: *Birds of Mexico and Central America*, de Ber van Perlo, la Howell y la Peterson (Cruz Romo y Oliveras de Ita 2004) y resultaron ocho puntos de conteo, cuatro en los alrededores de los parques eólicos y el resto totalmente alejados, considerando las mismas condiciones de flora para todos, y fueron comparados los datos. Se continuó observando en todas direcciones y anotando a los individuos (por especie) vistos o escuchados en un área circular, cuyo diámetro varió dependiendo del hábitat y la capacidad de ob-

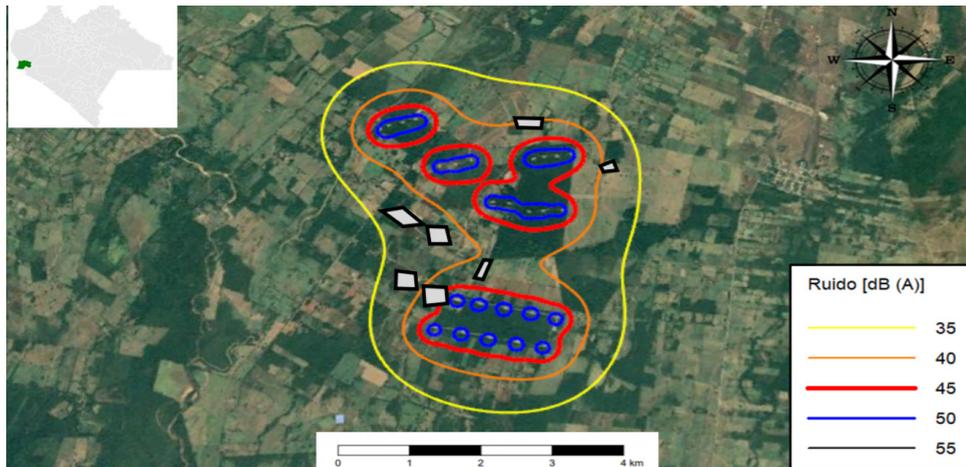
servación (25 o 50 m de radio), para lo cual se utilizó cámara Nikon tipo reflex D7000, binoculares Bushnell 10 x 42 y libreta. La observación permanecía por 5 o 10 minutos. La distancia mínima entre puntos de conteo fue de poco más de 250 m, con el objetivo de no recontar los especímenes detectados en el previo. El monitoreo se llevó a cabo en el periodo de un año, en las distintas estaciones (primavera, verano, otoño e invierno), durante un periodo de 5 días de cada estación, y en dos horarios distintos, el primero de ellos de 6 am a 9 am, y de 5 pm a 7 pm el segundo. Esto para tener una mejor recolección de información y así evitar sesgos en la investigación. Terminada la recolección de datos, todos los registros fueron procesados por medio de Excel, permitiendo, de una manera versátil, calcular la riqueza de especies para cada área de estudio afectada y su abundancia relativa, y comparar entre la superficie de aerogeneradores y la alejada del parque eólico. Las metodologías utilizadas para evaluar el ruido, el sombreado y el impacto en la avifauna de los aerogeneradores como caso de estudio del Parque Eólico San Jacinto, en Arriaga, son la profundidad y el detalle en la investigación, la comprensión conceptualizada, la generación de una teoría específica, el análisis en tiempo real y la utilización de múltiples fuentes de datos. Estas ventajas permitieron una comprensión más completa y enriquecedora de los casos de estudio. Además, aplicar esta metodología en este trabajo nos otorgó una ventaja en el ahorro de tiempo, así como la fiabilidad en la recolección de información sobre la avifauna del entorno.

Resultados

La evaluación de emisión de ruido demostró que los aerogeneradores afectan en gran escala a las poblaciones en los alrededores de los parques (figura 3); sin embargo, no presentó valores de percepción mayores a los indicados por las NOM-081-SEMARNAT-1994 y NOM-011-STPS-2001. Por lo tanto, no generan daños en los seres humanos y tampoco existe menoscabo ambiental, según las normas señaladas, acotando respecto a las personas. No obstante, el hecho de no contar con una pauta de los niveles de sonido para la biodiversidad del lugar no significa exención de un deterioro ecológico contra la avifauna. Surgen las incógnitas: si estas emisiones provocan un efecto, ¿en qué grado dañan y a cuáles especies, tanto locales como de paso?

Acerca del efecto de proyección de sombra, existe población humana en el rango de 30 horas al año (figura 4), aunque la cantidad de minutos diarios no es considerada como efecto grave para las personas que viven alrededor del parque, según Kaivo-oja (2013) y Schaffner *et al.* (2010), quienes especifican que el tiempo máximo de exposición a la sombra debe ser de 22 y 30 minutos diarios. No obstante, el rango máximo de horas de proyección se refleja en las cercanías, donde

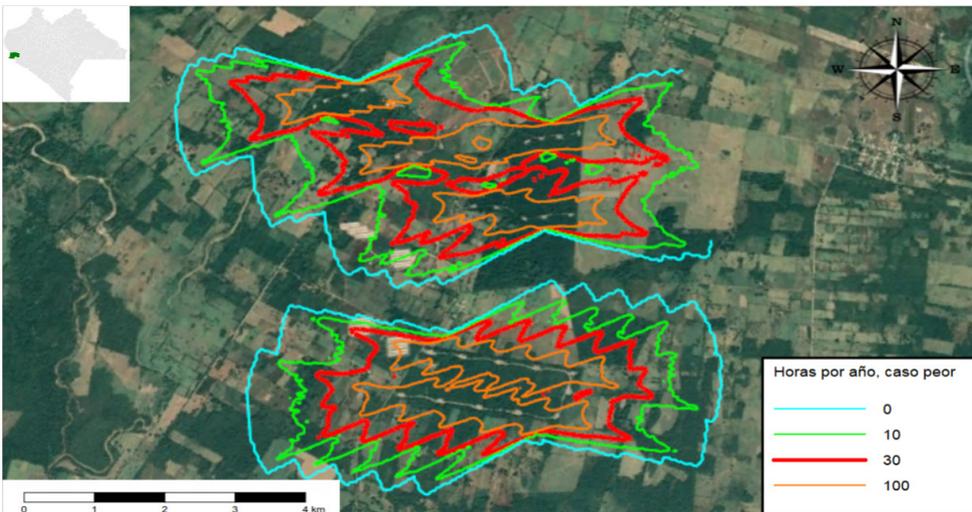
Figura 3. Área de propagación del ruido del aerogenerador a 5 m/s.



Fuente: Elaboración propia.

muchas especies de aves, particularmente *Icterus gularis*, *Leptotila verreauxi*, *Columbina inca* y *Setophaga magnolia*, perchan la mayor parte del tiempo. Nielsen (2010) y otros detallan que las afectaciones significativas ocurren durante las primeras horas del sol y las últimas, cuando el astro se ubica en las partes trasera y

Figura 4. Proyección de sombra horas/año.



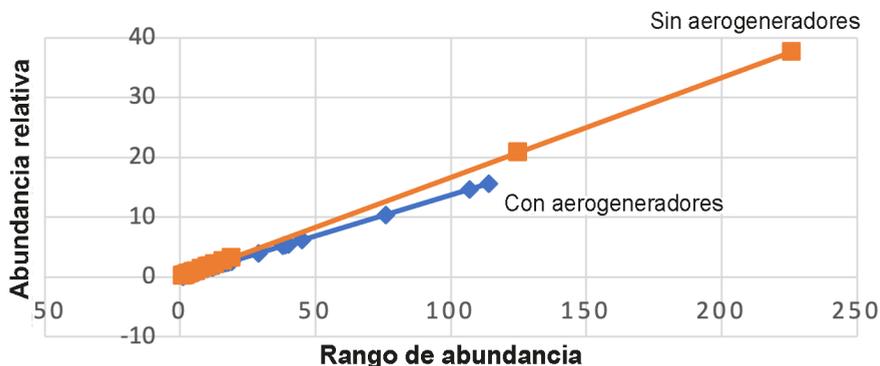
Fuente: Elaboración propia.

delantera del aerogenerador y las poblaciones de aves tienen mayor afluencia, o sea, un mayor vuelo (Álvarez 2012) tanto sobre como debajo de las aspas.

Monitoreo de avifauna

De acuerdo con los datos analizados, existe una diferencia muy marcada en la cantidad de especies entre cada área, pero para una conclusión más apropiada se les comparó mediante un diagrama de rango-abundancia, el cual ayudó a tener una comprensión más completa, enriquecedora y conceptualizada del tema del caso de análisis.

Figura 5. Diagrama de rango-abundancia.



Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Si consideramos la diferencia de la riqueza de las especies, se observa que es mayor en la zona con presencia de aerogeneradores. Entonces, se podría decir que las aves la prefieren, pero, al analizar los datos mediante el diagrama rango-abundancia (figura 5), en efecto, en tal área existen más géneros, el zopilote común (*Coragyps atratus*), vencejo de Vaux (*Chaetura vauxi*) y otras pululan en donde no hay (tabla 1), caso contrario en la que sí, donde se observó que la de mayor cantidad fue el zopilote aura (*Cathartes aura*), como se muestra en la tabla 2.

Conclusiones

Con base en este ejercicio de contrastar escenarios, los resultados obtenidos demostraron que sí hay una afectación en la avifauna por la presencia de los aerogeneradores. La información recopilada sobre el tema de estudio permitió ex-

Tabla 1. Abundancia relativa spp. en ausencia de aerogeneradores.

Sin aerogeneradores		
Especies	Número de individuos	Abundancia relativa (porcentaje %)
Aguililla cola corta (<i>Buteo brachyurus</i>)	1	0.166666667
Calandria dorso negro mayor (<i>Icterus gularis</i>)	1	0.166666667
Calandria dorso rayado (<i>Icterus pustulatus</i>)	4	0.166666667
Cernícalo americano (<i>Falco sparverius</i>)	3	0.5
Garza blanca (<i>Ardea alba</i>)	19	3.166666667
Garrapatero pijuy (<i>Crotophaga sulcirostris</i>)	16	2.666666667
Loro cachetes amarillos (<i>Amazona autumnalis</i>)	13	2.166666667
Luisito común (<i>Myiozetetes similis</i>)	3	0.5
Luis pico grueso (<i>Megarynchus pitangua</i>)	3	0.5
Momoto corona negra (<i>Momotus lessonii</i>)	10	1.666666667
Momoto corona canela (<i>Momotus mexicanus</i>)	8	1.333333333
Mirlo café (<i>Turdus grayi</i>)	1	0.166666667
Paloma arroyera (<i>Leptotila verreauxi</i>)	2	0.333333333
Perico frente naranja (<i>Eupsittula canicularis</i>)	6	1
Picogordo degollado (<i>Pheucticus ludovicianus</i>)	2	0.333333333
Piranga capucha roja (<i>Piranga ludoviciana</i>)	1	0.166666667
Tordo cantor (<i>Dives dives</i>)	13	2.166666667
Tortolita cola larga (<i>Columbina inca</i>)	11	1.833333333
Urraca cara blanca (<i>Calocitta formosa</i>)	2	0.333333333
Vencejo de Vaux (<i>Chaetura vauxi</i>)	125	20.833333333
Zanate mayor (<i>Quiscalus mexicanus</i>)	125	20.833333333
Zopilote aura (<i>Cathartes aura</i>)	5	0.833333333
Zopilote común (<i>Coragyps atratus</i>)	226	36.67
Total de individuos	600	100%

Fuente: Elaboración propia.

plorar y comprender las interacciones entre los aerogeneradores y las diversas especies endémicas en San Jacinto de Arriaga, Chiapas. Los aerogeneradores cambian los ambientes naturales. No se tienen datos respecto a la situación antes de la presencia de aerogeneradores; esto es, no hay registro acerca de estos espacios anteriormente, pero, en la actualidad, se encuentran diferencias en número y especies tanto en un área como en otra, con o sin generadores. Aunque son ecosistemas exactamente iguales, y en teoría no habría por qué haber dis-

Tabla 2. Abundancia relativa spp. en presencia de aerogeneradores.

Con aerogeneradores		
Especies	Número de individuos	Abundancia relativa (porcentaje %)
Aguililla alas anchas (<i>Buteo platypterus</i>)	2	0.273972603
Calandria dorso negro mayor (<i>Icterus gularis</i>)	12	1.643835616
Calandria dorso rayado (<i>Icterus pustulatus</i>)	18	2.465753425
Calandria de Baltimore (<i>Icterus galbula</i>)	2	0.273972603
Caracara quebrantahuesos (<i>Caracara cheriway</i>)	6	0.821917808
Cernícalo americano (<i>Falco sparverius</i>)	3	0.410958904
Chipe suelero (<i>Seiurus aurocapilla</i>)	13	1.780821918
Chachalaca norteña (<i>Ortalis vetula</i>)	5	0.684931507
Chipe de magnolias (<i>Setophaga magnolia</i>)	5	0.684931507
Chipe amarillo (<i>Setophaga petechia</i>)	1	0.136986301
Chara pea (<i>Psilorhinus morio</i>)	2	0.273972603
Garza blanca (<i>Ardea alba</i>)	18	2.465753425
Garrapatero pijuy (<i>Crotophaga sulcirostris</i>)	10	1.369863014
Gavilán pecho canela (<i>Accipiter striatus</i>)	2	0.273972603
Gavilán pico de gancho (<i>Chondrohierax uncinatus</i>)	1	0.136986301
Loro cachetes amarillos (<i>Amazona autumnalis</i>)	29	3.97260274
Luis bienteveo (<i>Pitangus sulphuratus</i>)	17	2.328767123
Luisito común (<i>Myiozetetes similis</i>)	14	1.917808219
Luis pico grueso (<i>Megarynchus pitangua</i>)	5	0.684931507
Momoto corona negra (<i>Momotus lessonii</i>)	45	6.164383562
Momoto corona canela (<i>Momotus mexicanus</i>)	6	0.821917808
Mirlo café (<i>Turdus grayi</i>)	1	0.136986301
Oropéndola de Moctezuma (<i>Psarocolius montezuma</i>)	5	0.684931507
Paloma morada (<i>Patagioenas flavirostris</i>)	2	0.273972603
Paloma arroyera (<i>Leptotila verreauxi</i>)	12	1.643835616
Paloma alas blancas (<i>Zenaida asiatica</i>)	3	0.410958904
Papamoscas viajero (<i>Myiarchus crinitus</i>)	1	0.136986301
Papamoscas gritón (<i>Myiarchus tyrannulus</i>)	3	0.410958904
Perico frente naranja (<i>Eupsittula canicularis</i>)	13	1.780821918
Perico mexicano (<i>Psittacara holochlorus</i>)	76	10.4109589
Rascador oliváceo (<i>Arremonops rufivirgatus</i>)	1	0.136986301
Tirano piriri (<i>Tyrannus melancholicus</i>)	1	0.136986301
Tirano cuir (<i>Tyrannus couchii</i>)	1	0.136986301

Continúa ►

Tabla 2. Abundancia relativa spp. en presencia de aerogeneradores (continuación).

Con aerogeneradores		
Especies	Número de individuos	Abundancia relativa (porcentaje %)
Tirano tijereta rosado (<i>Tyrannus forficatus</i>)	38	5.205479452
Tordo cantor (<i>Dives dives</i>)	19	2.602739726
Tortolita cola larga (<i>Columbina inca</i>)	39	5.342465753
Urraca cara blanca (<i>Calocitta formosa</i>)	16	2.191780822
Vencejo de Vaux (<i>Chaetura vauxi</i>)	40	5.479452055
Vireocillo cabeza gris (<i>Pachysylvia decurtata</i>)	9	1.232876712
Zanate mayor (<i>Quiscalus mexicanus</i>)	107	14.65753425
Zopilote aura (<i>Cathartes aura</i>)	114	15.61643836
Zopilote común (<i>Coragyps atratus</i>)	13	1.780821918
Total de individuos	730	100%

Fuente: Elaboración propia.

tinciones. En resumen, la sombra y el ruido han moldeado el perchar y el transitar de las aves y su recorrido natural por el espacio aéreo (alteración del comportamiento de las poblaciones de aves), alterando el ecosistema, sin descartar la posibilidad de colisiones en las aspas por estos efectos, ya estudiados en otros escenarios.

Cabe mencionar que, cualquier cambio o perturbación en un ecosistema generará que exista en la flora de un lugar una alteración directa en el comportamiento de las poblaciones de aves. En este caso, los resultados obtenidos muestran que los aerogeneradores de San Jacinto, Arriaga, Chiapas, han provocado afectaciones negativas desde su etapa de implementación y puesta en marcha, modificando significativamente el ecosistema de alguna de las especies de aves, como ha sido la tala de árboles durante su construcción, así como el movimiento de las aspas, el ruido y sombreado generado durante su operación, provocando en la avifauna una evasión directa del lugar.

Las metodologías de impacto ambiental utilizadas en este trabajo proporcionan una evaluación cuidadosa de los efectos ambientales asociados con la operación de los aerogeneradores. Esta información puede ser utilizada para proponer medidas para minimizar los efectos de los aerogeneradores sugiriendo acciones para futuros proyectos a los desarrolladores de este tipo de tecnología, desde el diseño de las aspas, hasta la selección de la ubicación adecuada de los parques eólicos en relación con los ecosistemas o las actividades humanas alrededor de esas áreas, identificando áreas sensibles y proponiendo medidas de

mitigación adicionales, como puede ser el diseño de barreras acústicas. También, este trabajo resalta la importancia de promover la participación pública, la transparencia, la aceptación social de este tipo de proyectos; así como garantizar el cumplimiento normativo para un buen desarrollo sostenible de la energía eólica. Además, este estudio contribuye al avance y estado de la interdisciplinariedad al proporcionar información valiosa y promover la colaboración entre diversas disciplinas en el estudio de este tema, en primer lugar, se aborda la interacción entre los aerogeneradores y las poblaciones de aves desde múltiples perspectivas. Al examinar los impactos de los aerogeneradores en las aves, se requiere la colaboración de biólogos, ornitólogos y expertos en la conservación de la vida silvestre. La interacción entre biólogos, ingenieros, reguladores ambientales y representantes de la industria eólica es esencial para encontrar soluciones que equilibren la producción de energía renovable y la conservación de las especies de aves. Se sugiere la colaboración entre científicos, industrias eólicas y responsables en la toma de decisiones, al proporcionar una revisión exhaustiva de los estudios existentes sobre el impacto de los aerogeneradores en las aves. Por último, el estudio puede servir como punto de partida para la discusión y el diseño de estrategias de mitigación y conservación de la avifauna local. ■

Referencias

- Alberto Simarro, C. 2015. *Metodología para la evaluación del impacto del ruido ambiental producido por maquinaria de minería a cielo abierto*, 115. http://oa.upm.es/36422/1/PFC_Alberto_Simarro_Cemborain.pdf.
- Álvarez, R. O. 2012. *Manual para monitores comunitarios de aves* (pdf). https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/ciencia-ciudadana/documentos/m_monitores_comunitarios_aves.pdf.
- Asociación Mexicana de Energía Eólica. 2011. *Mexico wind energy 2011 by AMDEE*. https://es.slideshare.net/ocolosio78/mexico-wind-energy-2011?next_slideshow=1. (Consultado, abril 23, 2019).
- Cruz Romo, L. y Oliveras de Ita, A. 2004. Conceptos ecológicos, métodos y técnicas para la conservación y aprovechamiento de aves cantoras, de ornato y psitácidos. *Temas sobre Conservación de Vertebrados en México*, 121-147.
- ERM. 2014. *Modelación de ruido durante la operación del Proyecto "Parque Eólico de Coahuila", ubicado en el municipio de General Cepeda*. https://www.edpr.com/north-america/sites/edprna/files/2020-09/Anexo-5.1-Modelacio%C-C%81n-de-ruido.docx_.pdf.
- Glasson, J., Therivel, R. y Chadwick, A. (2000). *Methods of environmental impact assessment*. Nueva York: Oxford Brookes University, (The Natural and Built Environment Series), 492 pp.

- Kaivo-oja, P. 2013. *Wind simulations in WindPro 2.8*. Yrkeshögskolan Novia. Enheten för forskning och utveckling. Vasa, 43 pp.
- Manwell, J. F. y McGowan, J. G. 2009. *Wind energy explained theory, design and application*. Chichester, UK: Wiley.
- Nielsen, P. 2010. *WindPRO 2.7 user guide*. <http://help.emd.dk/WindPRO/>.
- Schaffner, B., Koller, S., Coone, T., Rissanen, I., Kohvakka, P. y Vainamo, J. 2010. *Wind park feasibility study for El Crucero, Nicaragua*, 1-60. http://www.repic.ch/files/3413/7544/1756/SB_ENCO_Nicaragua.pdf%5Cn.
- Semarnat. 1994. *Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y sus métodos de medición*. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/081.pdf>.
- STPS. 2001. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. *Diario Oficial*, 1-29. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Solís, J. 2016. *Evaluación del potencial eólico para la instalación de un aerogenerador de 5 kw en la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca*. https://www.academia.edu/31438423/Wind_Resource_Assessment_for_Installation_of_a_5_kW_Wind_Turbine_in_the_Isthmus_of_Tehuantepec_Oaxaca.
- Uribe Rivera, M. A., Guevara Carrizales, A. A. y Ruiz Campos, G. 2018. Mortalidad incidental de aves paseriformes en un parque eólico del noroeste de México. *Huitzil. Revista Mexicana de Ornitología*, 20(1): 1-7. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2019.20.1.377>.

Páginas web

- Google Maps. 2011. Área de Arriaga, Chiapas. Parques eólicos. https://www.thewindpower.net/windfarm_es_10096_arriaga.php.
- Vestas. 2019. -V90. 2.0 MWTM. https://www.vestas.com/en/products/2-mw-platform/v90-2_0_mw#!about.