

Impacto de la energía eólica en aves y murciélagos en la Región de Coquimbo, centro-norte de Chile

Impact of wind energy to birds and bats in the Coquimbo Region, north-central Chile

Alvaro Camiña Cardenal^{1,*}

¹ACRENASL Consultores, Apartado de Correos 339, 28220 Majadahonda, España.

*Corresponding author: acamia@acrenasl.eu

RESUMEN

Este trabajo analiza los estudios de línea de base y monitoreos de siniestralidad de cinco parques eólicos en la Región de Coquimbo, centro-norte de Chile. Se han reportado 408 colisiones de aves, incluyendo 49 especies, siendo la más relevante el cóndor (*Vultur gryphus*) y 186 de quirópteros incluyendo seis especies. Las investigaciones de línea de base realizaron transectos al amanecer y atardecer, poco adecuados para aves de gran tamaño como las rapaces. Se discute el protocolo de monitoreo de colisiones teniendo en cuenta factores como el número de aerogeneradores y personas encargadas de la vigilancia, la frecuencia de visitas y el tiempo de búsqueda por aerogenerador. Ninguno de los estudios tuvo en cuenta los sesgos asociados a este tipo de trabajos (eficiencia del observador o tasas de remoción de cadáveres, determinación del área de búsqueda) ni realizó estimas de mortalidad. Las aves y quirópteros colisionados hasta el momento son especies con un estado de conservación favorable, pero las carencias detectadas, pueden haber pasado por alto especies de gran valor de conservación, como ha sido el caso del cóndor. Con la información existente, los umbrales establecidos en las RCA's pueden haberse superado, a pesar de concluirse que los impactos en aves y quirópteros son mínimos en la Región de Coquimbo. Urge una revisión de 1) los protocolos de vigilancia ambiental de acuerdo con estándares internacionales y 2) la capacitación en todos los niveles del personal involucrado en el proceso de monitoreo y control, desde el gobierno, consultores y desarrolladores.

Palabras clave: colisión, impacto ambiental, monitoreo, parque eólico, Sudamérica.

ABSTRACT

This paper analyzed the baseline studies and post-construction fatality monitoring of five wind farms in the Coquimbo Region, north-central Chile. A total of 408 bird fatalities have been reported, including 49 species, being the most relevant the Andean condor (*Vultur gryphus*), and 186 bats, including six species. The baseline studies were focused on walked transects at dawn and dusk, which are unsuitable for large soaring birds such as raptors. The current fatality monitoring protocol is discussed taking into account factors such as the number of wind turbines and people in charge of monitoring, frequency of visits, and search time per wind turbine. None of the studies took into account the biases associated with this type of work (observer efficiency or carcass removal rates, or determination of the search area) neither made appropriate mortality estimates. The birds and bats collided so far are species with a favorable conservation status, but the shortcomings detected may have overlooked species of greater conservation concern, as has been the case of the condor. With the existing information, the thresholds established in the RCA's may have been exceeded, despite the conclusion that the impacts of wind energy on birds and bats are minimal in the Coquimbo Region. There is an urgent need for 1) a review of environmental monitoring protocols in accordance with international standards and 2) training at all levels of the personnel involved in the monitoring and control process, including the government officials, consultants and developers.

Keywords: collision, environmental impact, monitoring, South America, wind farm.

INTRODUCCIÓN

La crisis climática y la pérdida de biodiversidad son los dos retos ambientales del siglo XXI, ambos favorecidos por la dependencia y consumo de combustibles fósiles (Petorelli *et al.* 2021). La transición hacia energías renovables es una estrategia clave para mitigar tanto la crisis como dicha dependencia, ya que puede reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, las medidas contra el cambio climático y la pérdida de biodiversidad no parece que se estén implementando de manera sinérgica, aplicando muchas medidas contra el primero sin contemplar la segunda (O'Connor *et al.* 2020). Aunque se trate de las denominadas “energías limpias”, las renovables no están exentas de producir impactos negativos en la biodiversidad (Bulling & Köppel 2016; Bennun *et al.* 2021; Voigt *et al.* 2024), y por eso es muy importante una planificación y desarrollo cuidadosos.

La División de Energías Sostenibles del Ministerio de Energía de Chile, ha estimado en 2.153 GW el potencial global con fines eléctricos del país, unas 76 veces la capacidad eléctrica instalada en 2021 (Vásquez *et al.* 2021), y de la que una parte importante debería ser eólica. Un estudio anterior (Santana 2014), referido exclusivamente a energías renovables, mostró que las regiones con mayor potencial eólico en el norte de Chile son Antofagasta, Atacama y Coquimbo, y en el sur O'Higgins, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. Este estudio identificaba áreas concretas en cada una de las regiones, estimando un total de 37.000 MW instalables de acuerdo con los criterios técnicos considerados, y excluyendo los parques eólicos ya existentes a diciembre de 2012. En cuanto a las restricciones ambientales, Santana (2014) tenía en cuenta el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), los santuarios de la naturaleza, y los sitios bajo la Convención Ramsar. Dentro del ámbito de su trabajo, el potencial eólico previsto en la Región de Coquimbo era de 1.166 MW. No obstante, este desarrollo no puede hacerse de espaldas a la conservación de la biodiversidad, y por ello, el Estado chileno (Ministerio Secretaría General de la Presidencia 1994) en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) exige a los proyectos, dependiendo de la existencia de impactos significativos o no, un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), respectivamente.

El modo de gestionar los impactos es a través de la jerarquía de mitigación (Brownlie & Treweek 2017). Esta no es otra que la estrategia de conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, de tal modo que los impactos generados por un proyecto se manejen mediante los pasos secuenciales de la evitación, minimización, restauración,

y como último recurso, la compensación para aquellos impactos residuales que no pueden evitarse mediante los pasos anteriores. El objetivo final es que no haya una pérdida neta de biodiversidad, o incluso se produzca una ganancia de la misma, ver Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP 2012). Esta jerarquía constituye la base sobre la cual los consultores, gobiernos (SEA 2014), instituciones financieras multilaterales (IFC 2012), o bancos (Contreras *et al.* 2019) entre otros, debieran controlar y evitar los riesgos ambientales y sociales asociados a cualquier tipo de proyecto.

Todo proyecto genera impactos, y los que aprovechan la energía del viento se conocen desde hace tiempo. Estos impactos pueden implicar la pérdida de hábitat, el desplazamiento de las especies, el efecto barrera y, de manera más patente, la mortalidad causada a aves y murciélagos debido a la colisión con las aspas de los aerogeneradores. Estas interacciones se vienen estudiando mundialmente desde hace mucho tiempo (ver Drewitt & Langston (2006), Rydell *et al.* (2012) y Thaxter *et al.* (2017)). Los parques eólicos son instalaciones con una vida útil de al menos 25 años, por lo que su incidencia no se limita a la fase de construcción, sino que se perpetúa durante ese tiempo. Recientemente, Agudelo *et al.* (2021) y Sarmiento do Amaral *et al.* (2020) aportaron datos sobre el impacto de la energía eólica en aves y quirópteros en varios países latinoamericanos. Chile no es ajeno a esta problemática, y ya Escobar *et al.* (2015a) reportaron las primeras colisiones de murciélagos, argumentando la necesidad de incluirlos en la evaluación ambiental (Escobar *et al.* 2015b).

En este trabajo se revisa la información disponible sobre el impacto en aves y quirópteros en la Región de Coquimbo, una de las que cuenta con mayor implantación de energía eólica en Chile en términos de potencia instalada (Santana 2014, IDE Chile 2024). Los objetivos del estudio son: 1) la revisión de la metodología y presencia de especies amenazadas en los estudios de línea de base, 2) los resultados de los monitoreos de siniestralidad y adecuación de los protocolos de vigilancia ambiental a las buenas prácticas internacionales de las principales instituciones financieras (IFC-IDB 2019, IFC-EBRD-KfW 2023), y 3) la existencia o necesidad de adoptar medidas de mitigación a escala provincial y/o de proyecto en los parques existentes de acuerdo a la Lista Roja de la IUCN (2024) y el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) actualizado a mayo de 2024 (MMA 2024). El análisis de estos tres aspectos debería contribuir a mejorar los métodos de monitoreo de la siniestralidad y a su aplicación a una protección realista de las aves y murciélagos chilenos, adecuando la compatibilidad de las energías renovables con la conservación de la biodiversidad.

METODOLOGÍA

El estudio se ha llevado a cabo en la Región de Coquimbo (IV Región), situada en el centro-norte de Chile 29°54' S - 71°15' O, Fig. 1. Tiene una superficie aproximada de 40.580 km², representando el 5,4 % del área total del país, y se divide en tres provincias y 15 comunas. Presenta climas de transición entre desérticos y templados mediterráneos (Morales *et al.* 2006), donde predominan las neblinas matinales que causan lloviznas y una alta humedad relativa. Las nieblas se extienden hacia el interior donde se produce una elevada evapotranspiración que hace que la zona posea un carácter semiárido de nublados abundantes. La temperatura media anual es de 13,5 °C, con una máxima media del mes más cálido de 21 °C (enero) y una media mínima del mes más frío (julio) de 7 °C, mientras que las precipitaciones se caracterizan por una cantidad anual de 130 mm, siendo junio el más

lluvioso (Rioseco & Tesser 2024; Lubert & Pliscoff 2006). Estas condiciones la convierten en una región muy rica en biodiversidad, con gran cantidad de endemismos y especies en peligro de extinción, especialmente vegetales. La costa carece de accesos y presenta en su mayoría acantilados que caen al mar. A partir del litoral se forman planicies separadas por quebradas profundas de difícil acceso. En los hábitats modificados por el hombre existen plantaciones agrícolas, frutales, o forestales de *Eucalyptus* sp. y *Atriplex nummularia*, utilizada como planta forrajera para el ganado, y que se asocia con otras arbustivas como el churco *Oxalis gigantea* o la puya *Puya chilensis*. Como actividad económica, es importante la ganadería, especialmente de cabras y en menor medida de ovino y vacuno. La falta de agua es uno de los mayores retos de esta actividad, especialmente durante las sequías (Squeo *et al.* 2001).

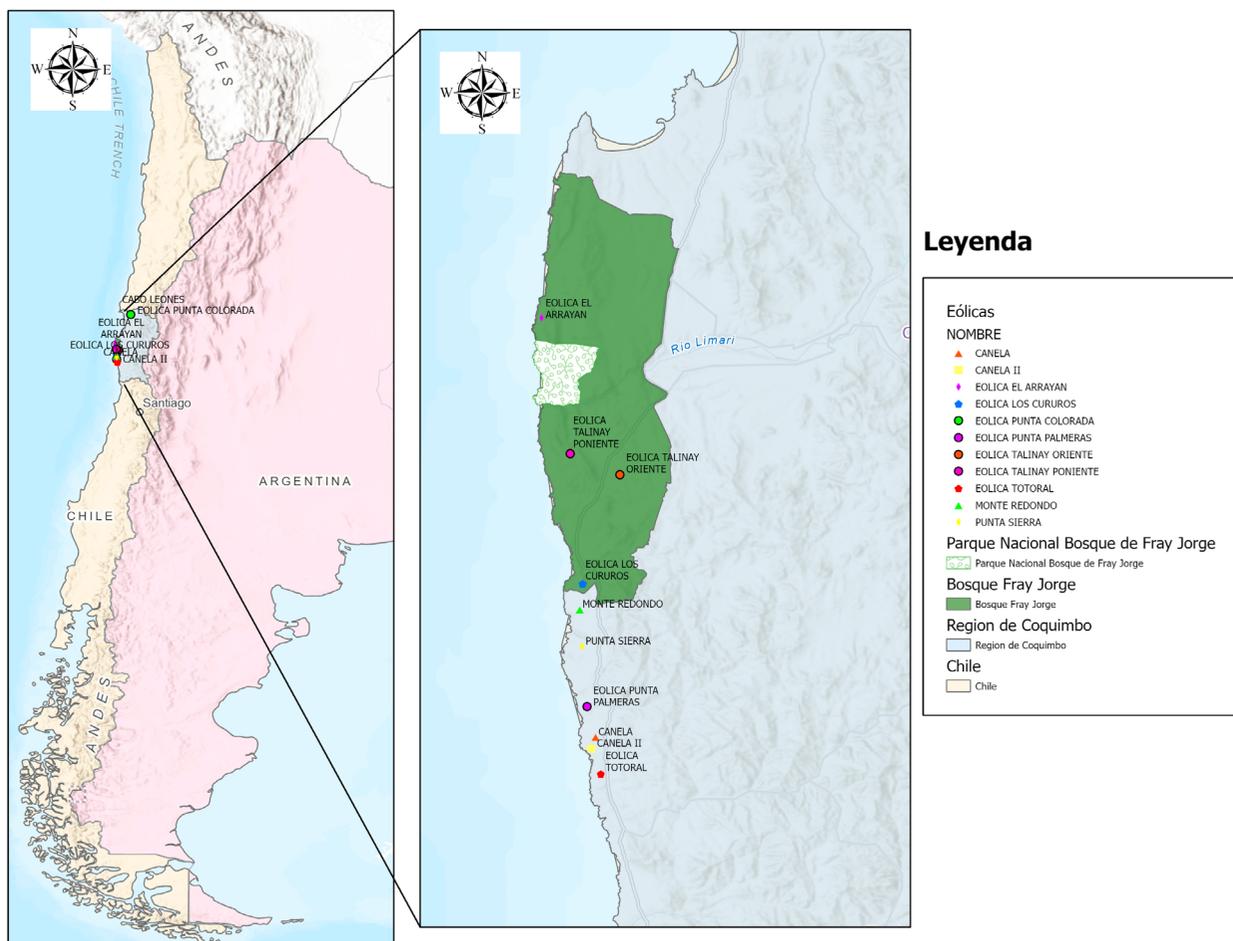


FIGURA 1. Situación de la Región de Coquimbo y de los parques eólicos incluidos en este estudio. / Location of Región of Coquimbo in Chile and the wind farms included in this study.

En cuanto a los espacios protegidos, el más importante y próximo a los parques eólicos (PPEE) es el “Parque Nacional Bosque de Fray Jorge”, que limita por el sur con el parque eólico (PE) “El Arrayán”, y que alberga un raro bosque de tipo valdiviano, similar a bosques húmedos del sur de Chile. El parque nacional está en medio de una zona desértica, mantenida por la condensación de la niebla costera conocida como “camanchaca”. Además, está parcialmente clasificado como Área Importante para la Conservación de las Aves (AICA) por BirdLife International (Fig. 1). A su alrededor, existe una zona más extensa que se solapa con el mencionado “El Arrayán”, y los PPEE “Los Cururos” y “Talinay”, que está declarada Reserva de la Biosfera por la UNESCO (UNEP-WCMC y IUCN 2024). Por último, y de acuerdo con el Key Biodiversity Areas Partnership (2024), los matorrales desérticos de Coquimbo al norte y este de la comuna de Ovalle están considerados desde 2018 como KBA (Área clave de Biodiversidad), como parte de la red de lugares que contribuyen de modo significativo a preservarla mundialmente (IBAT 2024).

En este estudio se han revisado los estudios de línea de base y los programas de monitoreo de colisiones, también denominados planes de vigilancia ambiental (PVA) de los PPEE en la región de Coquimbo. En primer lugar, se obtuvo el listado de parques existentes del IDE Chile (2024) y la Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento ACERA, Tabla 1. En segundo lugar, a través del Sistema Nacional de Información y Fiscalización Ambiental-SNIFA (<https://snifa.sma.gob.cl>) se filtraron los expedientes atendiendo a los términos “eólico”, “energía eólica” o “parque eólico”. Para cada parque disponible se revisó el informe de línea de base, sus bases de datos asociadas y la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) en sus condicionados para fauna. Esta información se comparó con los informes de seguimiento ambiental operacionales referidos exclusivamente a aves y murciélagos (siniestralidad), descartándose todo lo relacionado con rescate o relocalización y perturbación de fauna.

Sólo cinco de los trece parques existentes en la región contaban con información disponible y completa de las fases pre y post-construcción, Tabla 2: 1) “Los Cururos”, que constituía originalmente dos proyectos diferentes, “Pacífico” y “Cebada”, y se consideran una única unidad de muestreo, 2) “Monte Redondo”, 3) “Talinay”, también con dos zonas diferenciadas oriente y poniente, 4) “Totoral” y 5) “El Arrayán”. En ocasiones, se aprueban proyectos con nombres diferentes que, en fases sucesivas, se amplían o unifican, o cambian de titular y de método de monitoreo, de ahí los cambios en su

nomenclatura. Todos los parques se distribuyen próximos a la costa en una alineación norte-sur comenzando por “El Arrayán” en la comuna de Ovalle y finalizando con “El Totoral”, en la comuna del mismo nombre (Fig. 1). Entre estos dos, y a lo largo de unos 80 km en línea recta, se distribuyen el resto de las instalaciones.

De los informes de línea de base se prestó atención a las especies clasificadas en las categorías Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), o Casi Amenazada (NT) según la Lista Roja de la IUCN (2024). En segundo lugar, a las categorías definitivas en catálogo Nacional de Chile provenientes del proceso más actual del Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres-RCE (19° proceso) y si la categoría estuviera informada por el Reglamento de la Ley de Caza (Ministerio de Agricultura 2003). Por último, también se consideraron aquellas especies endémicas de Chile.

De las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) se extrajeron los condicionados ambientales para aves y murciélagos, si existían, referidos al método de monitoreo como la frecuencia de visitas, y propuestas de medidas de mitigación, correctoras o compensatorias. Con las colisiones encontradas se elaboró un listado, anotándose fecha, aerogenerador, especie y sexo o edad si estaba disponible. En el PE “El Arrayán”, se han excluido los datos de la línea eléctrica de evacuación. Las medidas para reducir y evitar colisiones y electrocuciones en líneas eléctricas están convenientemente descritas y contrastadas en la bibliografía científica (Martín Martín *et al.* 2022). En todos los casos se asumió que las consultoras realizaron una identificación correcta de las especies colisionadas. Se calcularon las tasas de siniestralidad observadas (TSO) para cada una, estimada como individuos por aerogenerador y año, e individuos por MW y año sin corrección, comparando los resultados entre parques respecto a las dos métricas mediante un análisis de correlación para el mismo parque y entre distintos parques (Smallwood 2013). Todos los PPEE de este estudio poseen prácticamente el mismo tipo de turbina, de entre 1,8 y 2 MW, con pequeñas variaciones en el diámetro de rotor y/o altura de torre (Tabla 1). Sin embargo, se espera que a mayor esfuerzo de monitoreo y más aerogeneradores visitados exista una mayor probabilidad de encontrar un mayor número de especies y colisiones. Cada parque fue muestreado un número diferente de años teniendo una consultora asociada que es la encargada de la ejecución de los seguimientos, generalmente la misma, por lo que se ha asumido que en principio no existe un efecto significativo de los trabajadores de las consultoras en la monitorización de cada parque a lo largo de los años.

RESULTADOS

En conjunto y en los cinco parques, se han encontrado 409 colisiones de aves de 49 especies y 186 de quirópteros incluyendo seis especies (Tablas 3 y 4). Entre las aves, las rapaces (Accipitriformes y Falconiformes) y los Passeriformes, junto a los Charadriiformes, comprendieron el 83,7 % de las especies y el 86,3 % de los individuos. De las rapaces, cualitativamente destaca la presencia del cóndor (*Vultur gryphus* Linnaeus, 1758) y cuantitativamente el aguilucho (*Geranoaetus polysoma* Quoy & Gaimard, 1824). Referido al estado de conservación según la Lista Roja de la IUCN (2024), la especie más significativa fue el cóndor, clasificado globalmente como VU, aunque sólo NT en Chile. Por el contrario, la bandurria (*Theristicus melanopsis* Gmelin, 1789), en la actualidad LC globalmente, y que estaba en Chile en la categoría VU durante los trabajos de línea de base e inicio de operación de los parques, ha sido reclasificada recientemente según el MMA (2024).

Dentro de la familia de las Charadriiformes se detectaron tres especies de gaviotas: la gaviota garuma (*Leucophaeus modestus* Tudi, 1843), de Franklin (*L. pipixcan* Wagler, 1831), y dominicana (*Larus dominicanus* Lichtenstein, 1823). Aunque todos los parques, excepto "Talinay" cuentan con aerogeneradores prácticamente en la línea de costa, este grupo apareció predominantemente en "Los Cururos". También se detectaron sendas especies de Galliformes y Tinamiformes, la codorniz (*Callipepla californica* Shaw, 1748) y la perdiz chilena (*Nothoprocta perdicaria* Kittlitz, 1830) respectivamente. Finalmente, una pequeña proporción (4,08 %) la constituyeron las rapaces nocturnas (Strigiformes).

De todas las aves, tres son migradoras boreales: la gaviota de Franklin, el pollito de mar rojizo (*Phalaropus fulicarius* Lin, 1758) y el zarapito (*Numenius phaeopus* Linnaeus, 1758). Estas apenas representaron un 1 % de las aves colisionadas, encontrándose en noviembre, febrero y septiembre respectivamente. De las migradoras australes encontramos el fío-fío (*Elaenia albiceps* D'Orbigny & Lafresnaye, 1837). Por último, hubo dos aves endémicas, el canastero (*Pseudasthenes humicola* Kittlitz, 1830), con un individuo en Talinay, y la mencionada perdiz chilena, que se encontró en todos los parques. En términos generales, la comparación estandarizada de todos ellos mostró que las especies con un mayor impacto global en los parques estudiados hasta el momento son un quiróptero, el murciélago de cola de ratón, y cuatro aves: el aguilucho, la perdicita (*Thinocorus runivorus* Eschscholtz 1829) y las dos especies pertenecientes al género *Phrygilus*, el yal y el platero. A diferencia del resto, donde la abundancia

relativa de quirópteros colisionados es relevante, en Talinay predominaban cuatro especies de rapaces: el aguilucho, el águila (*Geranoaetus melanoleucus* Vieillot, 1819), el tiuque (*Phalcoboenus chimango* Vieillot, 1816) y el cóndor.

De los cinco PPEE, el 86,2 % de las aves colisionadas se encontraron en Talinay (36,7 %), Cururos (32,1 %) y El Arrayán (17,4 %). No obstante, a escala de proyecto sobresale Talinay, donde han ocurrido diez de las doce colisiones de cóndores en la Región de Coquimbo, a un ritmo de dos por año desde 2019. Incluyendo los dos registros de Los Cururos, las edades afectadas son ocho juveniles, tres adultos y uno de edad desconocida. En cuanto a sexos, predominaron las hembras (6) respecto a machos (1), estando los ejemplares restantes demasiado descompuestos para su correcta identificación o sexado. No hubo una tendencia clara, pero siete de las muertes ocurrieron en la época más cálida (noviembre a febrero). Para el resto de grupos, y aunque la estacionalidad de las colisiones depende de cada especie y su biología, se desprende una disminución general de los siniestros precisamente en dicho período si consideramos globalmente el número de aves registradas por mes (test de la Chi-cuadrado $\chi^2 = 30,10$ y $p < 0,001$).

Los murciélagos pertenecían a las familias Molossidae, una especie, y Vespertilionidae, cinco especies, estando todos clasificados como LC según la IUCN. El más numeroso fue el murciélago cola de ratón (*Tadarida brasiliensis* Geoffroy Saint-Hilaire, 1824), con 74,4 % de las colisiones, seguido del murciélago oreja de ratón (*Myotis chiloensis* Waterhouse, 1840) con 14,5 % y el murciélago ceniciento (*Lasiurus cinereus* Beauvois, 1796) con un 8,6 %. Los Cururos concentró el 70,9 % de las colisiones de murciélagos, y es donde por tamaño de muestra, se analizaron tendencias anuales y mensuales de la siniestralidad. La mortalidad se extendió a lo largo de todo el año, aunque se aprecia cierta estacionalidad, incrementándose en general en el otoño austral, salvo para el murciélago cola de ratón, que presenta un pico en primavera (Fig. 2).

La distribución por años de la mortalidad de quirópteros y paseriformes en Los Cururos se muestra en la Fig. 3. El parque comenzó a funcionar en julio de 2014 (Tabla 1), por lo que hubo pocas colisiones ese año, que aumentaron entre 2015 y 2017 para disminuir de nuevo a partir de 2018 hasta 2022. La comparación de las siniestralidades de ambos grupos muestra tendencias similares lo largo de dichos años, suponiendo que se mantuvo el protocolo de monitoreo. Sorprenden no obstante los datos de 2023 de los paseriformes, ya que todas las colisiones pertenecieron a una única especie, el platero (*Phrygilus alaudinus* Kittlitz, 1833).

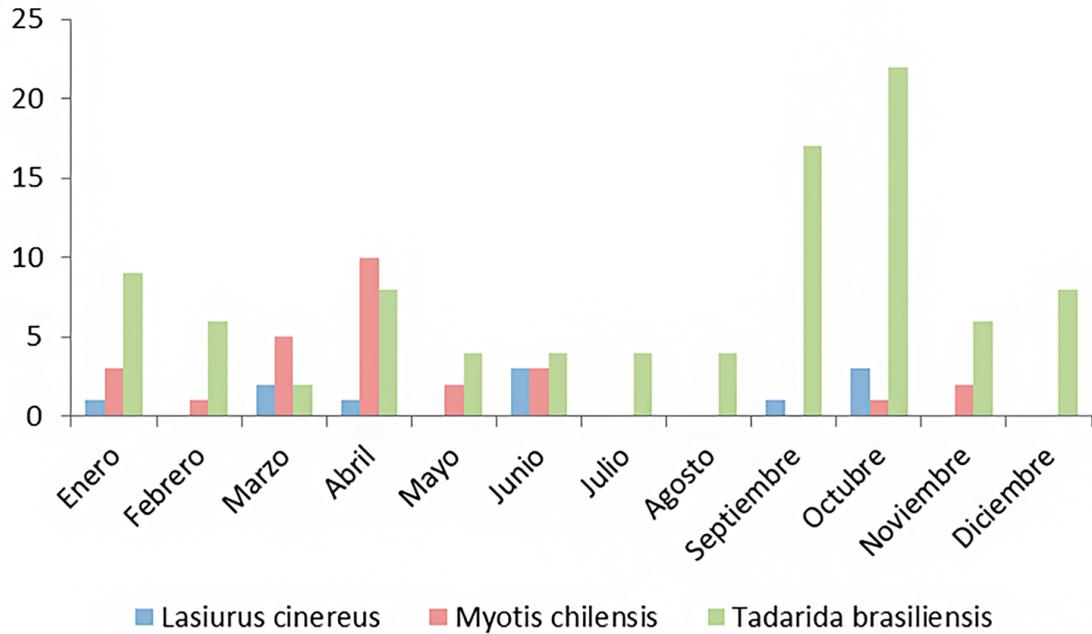


FIGURA 2. Distribución del número de quirópteros colisionados en el PE Los Cururos entre 2014 y 2023 por meses (n = 132). / Distribution pattern of bat fatalities at Los Cururos wind farm between 2014 and 2023 (n=132).

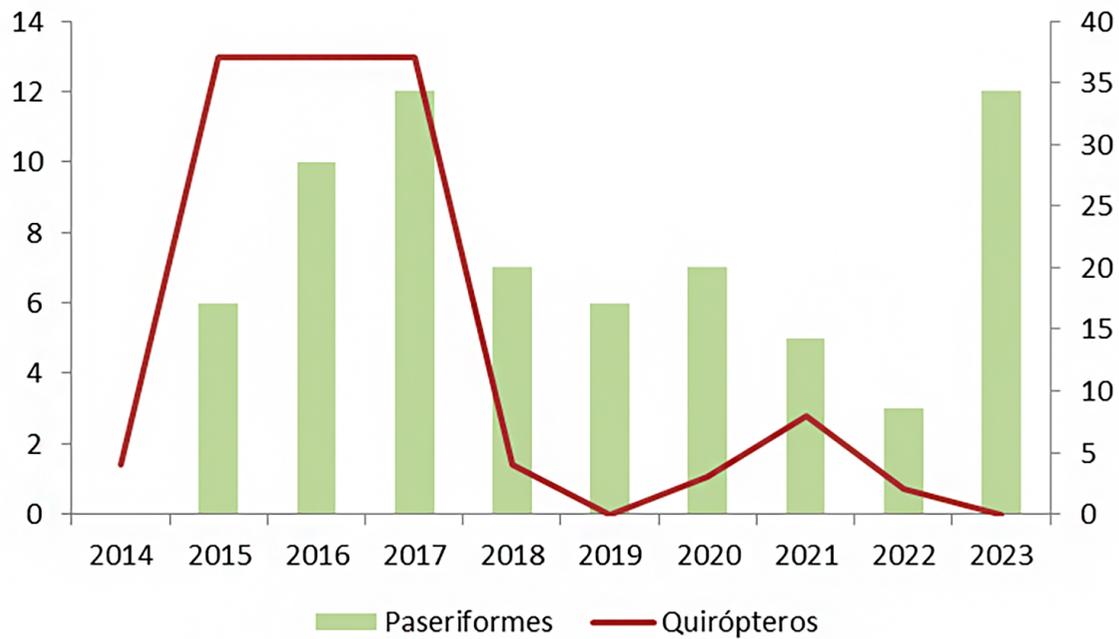


FIGURA 3. Evolución de la mortalidad de passeriformes (Eje Y izda.) y quirópteros (Eje Y dcha.) en el PE Los Cururos. / Fatality trends for passerines (Y axis left) and bats (Y axis right) at Los Cururos wind farm between 2014 and 2023.

Tabla 1. Parques eólicos de la Región de Coquimbo mostrando los megavatios instalados (MW), número de aerogeneradores (Ae), modelo de turbinas y la fecha de entrada en operación si se conoce, o la de aprobación o si está en construcción, y comuna donde se encuentran. Datos del IDE de Chile (2024), Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental-SNIFA y de ACERA (Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento). / Wind farms at the Coquimbo Region showing the megawatts, number of turbines, turbine manufacturer, and operational starting date if known. In addition, it also shows if they have been approved or are under construction, and the location where the wind farm is based. Data from IDE Chile (2024), Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental-SNIFA and ACERA (Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento).

Parque	Unidad Fiscalizable	Potencia (MW)	Ae	Modelo	Fecha operación	Comuna
1	Punta Palmeras	45,00	13	Acciona AW-200/116	19/11/2014	Canela
2	Punta Colorada	20,00	10	Dewind D.82	15/12/2011	La Higuera
3	PARQUE EÓLICO LOS CURUROS					
	3.1 El Pacífico	70,00	35	Vestas V100/2000	23/07/2014	Ovalle
	3.2 La Cebada	39,60	22	Vestas V100/1800		Ovalle
4	El Arrayán	114,99	50	Siemens SWT-2.3-101	06/06/2014	Ovalle
5	Hacienda Quijote	26,00	13	-	Aprobado 2009	Canela
6	Monte Redondo	38,00	24	Vestas 90/2000	06/01/2010	Ovalle
7	PARQUE EÓLICO TALINAY					
	7.1 Talinay Oriente	89,55	42	Vestas V90/2000	13/04/2013	Ovalle
	7.2 Talinay Poniente	60,10	15	Vestas V100/2000	26/05/2015	Ovalle
8	Tototal	46,00	23	Vestas V90/2000	25/11/2010	Canela
9	Canela					
	9.1 Canela I	18,15	11	Vestas V82/1650	27/12/2007	Canela
	9.2 Canela II	60,00	40	Acciona AW-1500/77	11/12/2009	Canela
10	Punta Sierra	81,18	32	Goldwind 121/2500	05/06/2019	Ovalle
11	Talinay Sur	-	-	-	Aprobado 2013	Ovalle
12	Punta de Talca	82,60	14	Nordex N-155/5.x	en construcción	Ovalle
13	Camarico	39,00	-	-	Aprobado 2015 (2019 sin empezar constr.)	Ovalle

TABLA 2. Datos de los muestreos de siniestralidad de los cinco parques eólicos estudiados obtenidos de los informes remitidos por el titular y extraídos del SNIFA. / Main data of the post-construction fatality monitoring for the five wind farms. Data from the fatality monitoring reports submitted by developers and extracted from SNIFA.

Unidad Fiscalizable	Años de seguimiento analizados	Frecuencia de visitas	Horas totales por visita	Observadores (mínimo)	Turbinas muestreadas por visita	Tiempo por turbina (min)	Eficiencia del observador	Sesgo por predación	Estimas de siniestralidad
PE LOS CURUROS El Pacífico La Cebada	2014-2023	1 mensual (2d)	16	2	33 ¹	58,14	No	No	No
PE EL ARRAYAN	2014-2020	trimestral (3.4d)	21.09	2	46 ²	26,90 ³	Si	Si	Si
PE MONTE REDONDO	2010-2023	1 mensual (1d)	2,5	1	24	6,25	No	No	No
PE TOTORAL	2009-2019	Semanal (1d)	2,5	2	23	6,52	No	No	No
PARQUE EÓLICO TALINAY 1 Talinay Oriente 2 Talinay Poniente	2017-2024	1 mensual (2-5d)	24	2	77	37,40	No	No	No

¹Sólo se muestrean 33 (58%) de los 57 aerogeneradores en cada visita seleccionados aleatoriamente.

²Sólo se muestrearon todos los aerogeneradores del parque en nueve de doce visitas entre 2014 y 2020.

³En el PE Arrayán los informes aportan el tiempo invertido total y los tiempos medios por turbina.

Los estudios de línea de base para todo tipo de vertebrados, incluidos mamíferos, anfibios y reptiles, se realizaron mediante campañas de muestreo de corta duración, de entre dos a cuatro días por campaña, y durante uno y seis meses (Tabla 5). Ninguno de los estudios de los cinco proyectos incluyó a los quirópteros ni se utilizaron detectores de ultrasonidos. La metodología incluyó transectos de unos 5 km y 50 metros de ancho, al amanecer y atardecer, en los que se registraban las aves observadas u oídas, con paradas para la identificación en caso de ser necesario. Las bases de datos asociadas incluyeron entre 25 (M. Redondo) y 47 especies (Talinay), encontrándose todas las especies que posteriormente aparecieron en el listado de colisiones, excepto el cóndor.

La monitorización en la fase de operación fue desigual, entre 7 y 13 años, y con frecuencias de visitas diferentes, mensuales o trimestrales entre parques, Tabla 2. Además, la duración media de búsqueda estimada por aerogenerador fue más larga en Los Cururos, donde se seleccionaron 33 (58 %) de las turbinas sobre el total del parque comparado con el resto, donde se muestrearon todos los aerogeneradores. Otro factor adicional es el número de observadores por visita. En Los Cururos, Talinay y El Arrayán se supuso que eran dos y

en Monte Redondo y Totoral sólo los visitaba una persona cada día, según aparece en las bases de datos. El número de especies colisionadas osciló entre las 16 y 17 en M. Redondo y Totoral respectivamente, frente a las 23 a 31 del resto de parques, estando estos valores altamente relacionados con el tiempo de búsqueda por aerogenerador ($r = 0.92$ y $p < 0.05$) a pesar de la pequeña muestra ($n=5$).

Sólo en el PE El Arrayán se hizo un seguimiento más completo, controlando la actividad de quirópteros en la fase de operación, llevando a cabo experimentos de eficiencia del observador y permanencia de cadáveres, con valores promedios del 70 % (rango 63-77 %) y 36 % (21-45 %), respectivamente. En ningún caso los tests duraron más de cuatro días, utilizando animales domésticos como señuelos. Finalmente, se hicieron estimaciones de siniestralidad, empleando el estimador de Orloff y Flannery (1992) ajustado a dicha eficiencia, tasa de remoción y área prospectada. El resto se limitaron a registrar colisiones y concluir que no había impactos significativos. Las TSOs por Aerogenerador y MW también estuvieron fuertemente relacionadas ($p < 0.001$) para cada par de parques, siendo indiferente el uso de una u otra métrica.

TABLA 3. Contribución de cada grupo de familias de aves a la siniestralidad detectada, expresada como número de especies y de individuos. / Contribution to each bird families to the fatalities found, expressed as number of species and individuals.

Aves	Especies	%	Individuos	%
Accipitriiformes y Falconiformes	10	20,41%	145	38,16%
Charadriiformes	9	18,37%	38	10,00%
Paseriformes	22	44,90%	145	38,16%
Strigiformes	2	4,08%	3	0,79%
Columbiformes	1	2,04%	10	2,63%
Galliformes	1	2,04%	22	5,79%
Pelecaniformes	1	2,04%	1	0,26%
Tinamiformes	1	2,04%	12	3,16%
Apodiformes	1	2,04%	1	0,26%
Procellariiformes	1	2,04%	3	0,79%
	49	100%	380	100%

TABLE 4. Listado de especies colisionadas en los parques eólicos Los Cururos, Monte Redondo, Talinay, Arrayán y Totoral y tasas de siniestralidad medias sin corregir, expresadas en individuos/aero/año e individuos/MW. / Species checklist of bird and bat fatalities at the “Los Cururos”, “Monte Redondo”, “Talinay”, “Arrayán”, and “Totoral” wind farms. Uncorrected average raw observed fatality rates expressed as individuals /turbine and year, and individuals per MW and year.

Nombre Común	Especie	Los Cururos	Monte Redondo	Talinay	Arrayán	Totoral	Indiv/ae/año	Indiv/MW/año
Accipitriformes								
Aguilucho	<i>Geranoaetus polyosoma</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	18	4	32	2	2	0,0304	0,0156
Águila	<i>Geranoaetus melanoleucus</i> (Vieillot, 1819)	0	0	13	3	1	0,0080	0,0038
Cóndor	<i>Vultur gryphus</i> (Linnaeus, 1758)	2	0	10	0	0	0,0051	0,0027
Jote cabeza colorada	<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)	5	0	5	1	0	0,0060	0,0030
Jote cabeza negra	<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein 1793)	4	1	6	0	2	0,0073	0,0038
Peuco	<i>Parabuteo unicinctus</i> (Temminck, 1824)	0	1	5	0	0	0,0026	0,0015
Charadriiformes								
Chorlo de campo	<i>Oreopholus ruficollis</i> (Wagler, 1829)	1	1	0	0	0	0,0014	0,0008
Gaviota cáhuil	<i>Chroicocephalus maculipennis</i> (Lichtenstein 1823)	2	0	0	0	0	0,0013	0,0007
Gaviota de Franklin	<i>Leucophaeus pipixcan</i> (Wagler, 1831)	2	0	0	0	0	0,0013	0,0007
Gaviota garuma	<i>Leucophaeus modestus</i> (Tschudi, 1843)	0	0	0	1	0	0,0013	0,0003
Gaviota dominicana	<i>Larus dominicanus</i> (Lichtenstein, 1823)	2	0	0	0	0	0,0072	0,0007
Perdicita	<i>Thinocorus rumicivorus</i> (Eschscholtz 1829)	11	1	4	9	0	0,0162	0,0076
Pollito de mar rojizo	<i>Phalaropus fulicarius</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	0	0,0004	0,0003
Zarapito	<i>Numenius phaeopus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	1	0	0	0,0004	0,0002
Queltehue	<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	0	0	2	0	0	0,0007	0,0004
Pelecaniformes								
Bandurria	<i>Theristicus melanopis</i> (Gmelin, 1789)	0	0	1	0	0	0,0003	0,0002
Columbiformes								
Tórtola	<i>Zenaidura macroura</i> (Des Murs, 1847)	5	0	1	3	1	0,0067	0,0032
Falconiformes								
Cernícalo	<i>Falco sparverius</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	4	0	0	0,0015	0,0008
Halcón perdiguero	<i>Falco femoralis</i> (Temminck, 1822)	1	0	5	0	0	0,0026	0,0013
Halcón Peregrino	<i>Falco peregrinus</i> (Tunstall, 1771)	0	0	3	0	0	0,0011	0,0006
Tiuque	<i>Milvago chimango</i> (Vieillot, 1816)	3	0	11	1	0	0,0069	0,0035
Galliformes								
Codorniz	<i>Callipepla californica</i> (Shaw, 1798)	1	12	3	3	3	0,0152	0,0086

CONTINUACIÓN TABLA 4.

Nombre Común	Especie	Los Cururos	Monte Redondo	Talinay	Arrayán	Totoral	Indiv/ae/año	Indiv/MW/año
Apodiformes								
Picaflor chico	<i>Sephanoides sephanioides</i> (Lesson & Garnot, 1827)	0	0	0	1	0	0,0007	0,0003
Passeriformes								
Canastero	<i>Pseudasthenes humicola</i> (Kittlitz, 1830)	0	0	1	0	0	0,0040	0,0002
Golondrina chilena	<i>Tachycineta leucopyga</i> (Cabanis, 1850)	0	0	0	0	1	0,0004	0,0004
Chercán	<i>Troglodytes aedon</i> (Vieillot, 1809)	0	0	1	0	1	0,0012	0,0006
Chincol	<i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Müller, 1776)	2	0	1	0	1	0,0025	0,0013
Cachudito	<i>Anairetes parulus</i> (Kittlitz, 1830)	0	1	0	0	0	0,0007	0,0005
Churrete acanelado	<i>Cinclodes fuscus</i> (Vieillot, 1818)	0	0	1	0	0	0,0003	0,0002
Chirihue	<i>Sicalis luteola</i> (Sparman, 1789)	0	1	0	0	0	0,0007	0,0005
Diucón	<i>Xolmis pyrope</i> (Kittlitz, 1830)	0	1	1	1	0	0,0018	0,0010
Diuca	<i>Diuca diuca</i> (Molina, 1782)	8	1	2	3	0	0,0009	0,0044
Dormilona chica	<i>Muscisaxicola maculirostris</i> (D'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	1	0	0	1	0	0,0006	0,0003
Dormilona tontita	<i>Muscisaxicola maclovianus</i> (Garnot, 1826)	0	0	2	0	0	0,0007	0,0005
Chirigüe	<i>Sicalis luteola</i> (Sparman, 1789)	0	0	0	2	0	0,0014	0,0006
Tordo	<i>Curaeus curaeus</i> (Molina, 1782)	0	0	0	2	0	0,0014	0,0006
Fío-fío	<i>Elaenia albiceps</i> (D'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	1	0	0	0	0	0,0006	0,0003
Loica	<i>Sturnella loyca</i> (Molina, 1782)	4	0	1	5	0	0,0067	0,0030
Mero	<i>Agriornis livida</i> (Kittlitz, 1835)	6	0	0	0	0	0,0040	0,0020
Platero	<i>Phrygilus alaudinus</i> (Kittlitz, 1833)	34	7	0	13	1	0,0374	0,0185
Yal	<i>Phrygilus fruticeti</i> (Kittlitz, 1833)	9	3	9	5	0	0,0177	0,0089
Tijeral	<i>Leptasthenura aegithaloides</i> (Kittlitz, 1830)	1	1	0	0	0	0,0021	0,0012
Tenca	<i>Mimus thenca</i> (Molina, 1782)	2	0	1	0	3	0,0017	0,0009
Viudita	<i>Colorhamphus parvirostris</i> (Gould & G.R. Gray, en Gould, 1839)	0	1	0	0	0	0,0007	0,0005
Minero	<i>Geositta cunicularia</i> (Vieillot, 1816)	0	0	2	1	0	0,0014	0,0007
Procellariiformes								
Golondrina de mar	<i>Oceanites oceanicus</i> (Kuhl, 1820)	1	0	1	0	1	0,0018	0,0009
Strigiformes								
Lechuza	<i>Tyto alba</i> (Scopoli, 1769)	2	0	0	0	0	0,0013	0,0007
Tucúquere	<i>Bubo magellanicus</i> (Gmelin, 1788)	0	0	1	0	0	0,0004	0,0002

CONTINUACIÓN TABLA 4.

Nombre Común	Especie	Los Cururos	Monte Redondo	Talinay	Arrayán	Totoral	Indiv/ae/año	Indiv/MW/año
Tinamiformes								
Perdiz	<i>Nothoprocta perdicaria</i> (Kittlitz, 1830)	2	1	3	5	1	0,0076	0,0036
Ave no identificada	spp	0	0	17	10	1		
TOTAL AVES		131	37	150	72	19		
QUIROPTEROS								
Molossidae								
Murciélago cola de ratón	<i>Tadarida brasiliensis</i> (l. Geoffroy Saint-Hilaire, 1824)	94	14	8	13	10	0,0941	0,0474
Vespertilionidae								
Murciélago ceniciento	<i>Lasiurus cinereus</i> (Beauvois, 1796)	11	2	0	2	1	0,0111	0,0056
M. oreja de ratón	<i>Myotis chiloensis</i> (Waterhouse, 1840)	27	0	0	0	0	0,0181	0,0091
M. colorado	<i>Lasiurus varius</i> (Poeppig, 1835)	0	0	0	1	1	0,0007	0,0003
M. escarchado grande	<i>Lasiurus villosissimus</i> (Osgood, 1943; Mann, 1978)	0	0	0	1	0	0,0007	0,0003
M. orejudo mayor	<i>Histiotus macrotus</i> (Poeppig, 1835)	0	0	0	0	1	0,0008	0,0004
TOTAL QUIROPTEROS		132	16	8	17	13		

TABLA 5. Métodos de los estudios de línea de base, año de realización y medidas de monitoreo y/o mitigación propuestas. Referencia a las Resoluciones de Calificación Ambiental, requisitos de monitoreo en fase de operación y de medidas de mitigación propuestas. / Methods and years of the baseline studies and proposed monitoring and mitigation measures. Reference of the environmental consents (RCA), operational monitoring requirements and proposed mitigation.

Parque eólico	Talínay	Los Cururos	Monte Redondo	Arrayán	Totoral
	2014	2008	2007	2009	2007
	Revisión de bibliografía y trabajo de campo en agosto de 2014.	Revisión de bibliografía y trabajo de campo: junio (2), julio (4), agosto (2) = 8 días,	Revisión bibliográfica No especifica el esfuerzo ni fechas del trabajo de campo.	Revisión bibliográfica. 4 campañas de 4 días cada una = 16 días. Abril, julio, agosto de 2009.	Trabajo de campo mayo (2), junio (2), julio (1), agosto (2), septiembre (2) y octubre (3)=12 días.
	Transectos.	Transectos.	Transectos.	Transectos.	Transectos.
Estudio de Línea de Base	A PROPUESTA DEL ESTUDIO DE LINEA DE BASE PLAN DE VIGILANCIA: a) Monitoreo de aves por colisión. b) Umbral de 5 indiv./mes o 3 indiv./mes para aves sin/con estado de conservación para instalar sistemas para ahuyentar aves con ultrasonidos. c) Informe cada tres meses por seguimiento de aves por dos años.	a) Búsqueda de colisiones semanal. b) Análisis de permanencia y detectabilidad c) Predicción de no más de 3-4 colisiones/año	Sin propuestas	Sin propuestas	a) El Parque está ubicado en línea costera, existe una mayor densidad de avifauna marina y de aves migratorias. El proyecto aleja lo más posible los Aerogeneradores del litoral. Eliminación de 4 turbinas para minimizar riesgo. b) Se podrían producir por colisiones de Chiroptera. Afectación por colisión de avifauna menor por las experiencias europeas, es difícil de cuantificar de antemano.
RCA (requisitos)	158/2009	050/2012 213/2009	228/2007	077/2010	117/2008

CONTINUACIÓN TABLA 5.

Parque eólico	Talinay	Los Cururos	Monte Redondo	Arrayán	Totoral
Parque eólico	Registro de avifauna potencialmente impactada por el proyecto.	La Cebada: (050/2012) monitoreo colisiones dos primeros años y revisión del plan al final del mismo.	Abundancia de aves baja, por lo que se esperan pocas colisiones.	Plan de monitoreo y vigilancia para cuantificar el uso de la instalación como perchas o cuantificar colisiones.	Monitoreo colisiones en frecuencia mensual, una duración inicial de seis meses. Evaluación posterior del requerimiento de prolongar los Monitoreos.
	Seguimiento de plan de vuelo de la Bandurria.	Pacífico (213/2009): monitoreo semanal desde el inicio y mensual a partir del 2º toda la vida útil.		Monitoreo de aves durante toda la etapa del proyecto, 2 primeros años trimestral y luego semestral para luego evaluar después de 3 años esta frecuencia.	Se estima para los 27 aerogeneradores, no deben existir más que un total de tres o cuatro colisiones anuales. Si se produce una cantidad mayor se implementarán: controles semanales, Inspección del parque eólico y sus inmediaciones, buscando aves accidentadas; Además, análisis de detectabilidad y permanencia de cadáveres para extrapolar, el número total de aves accidentadas.
Monitoreo post-construcción					Entrega trimestral de resultados al COREMA de la Región de Coquimbo.
Mitigación	Umbral de 5 indiv./mes o 3 indiv./mes para aves sin/con estado de conservación para instalar sistemas para ahuyentar aves con ultrasonidos.	Si hay colisiones se realizará estudio y propondrán soluciones para evitarlas o reducirlas.	Pintado de aspas con pigmentos no reflectantes para aumentar la visibilidad de las infraestructuras.	Se instalarán generadores disuasores de ruido con sonido de baja frecuencia que desvíen la ruta de las aves.	Pintado de palas con franjas de color llamativo para evitar colisiones, se monitoreará el éxito de la medida.
			Umbral de 5 indiv./mes para aves sin/con estado de conservación para instalar sistemas para ahuyentar aves con ultrasonidos. Si colisionan más de 3 ejemplares por mes se adecuaría en conjunto con el SAG medidas complementarias.	Sistemas anti-posado para disuadir a aves residentes y visitantes. Informes semestrales del plan de seguimiento al COREMA región de Coquimbo. El SAG añade que hay que monitorizar la LAT.	Si se sigue produciendo colisiones construcción y operación de un centro de rescate de avifauna con el SAG.

DISCUSIÓN

Este trabajo presenta una revisión y análisis preliminar de los impactos de la energía eólica en aves y quirópteros en el centro-norte de Chile, constatando la necesidad de realizar modificaciones en el protocolo de seguimiento y aplicar medidas de mitigación. Si bien existen más parques eólicos en operación en la Región de Coquimbo, la información pública es incompleta, al no estar disponibles todos los informes de monitoreo de manera clara y ordenada. No obstante, es un gran ejercicio de transparencia el acceso a la información a través del SNIFA para este tipo de estudios.

Los estudios de línea de base basados en campañas intensivas, de corta duración, estudiando todo tipo de vertebrados e incluso invertebrados (Tabla 5) no están alineados con las buenas prácticas internacionales para el sector eólico, por ejemplo para las grandes aves planeadoras, ver IFC-IDB (2019) e IFC-EBRD-KfW (2023) y referencias allí incluidas. Los trabajos caracterizaron las especies presentes que se relacionaron bien con las detectadas posteriormente en las colisiones. Sin embargo, al contar todas ellas con un estado de conservación favorable (IUCN 2024), las habría hecho fácilmente detectables por su abundancia, pasando desapercibidas las más amenazadas, o las no monitorizadas convenientemente como en el caso del cóndor. Globalmente, los datos de mortalidad parecen seguir la misma tendencia de otros países de Centro y Sudamérica (Agudelo *et al.* 2021), Sudáfrica (Perold *et al.* 2020) o Europa (Lekuona & Ursúa 2007; LPO 2017), predominando las rapaces entre las aves terrestres. Además, existen en Coquimbo especies con características biológicas e impactos similares a los detectados en otros continentes. Es el caso del cóndor y el buitre leonado (*Gyps fulvus*) en Europa (Camiña 2007), el aguilucho y los busardos ratonero (*Buteo buteo*) en Europa y el augur meridional (*Buteo rufofuscus*) en Sudáfrica (Perold *et al.* 2020), o las Galliformes como la codorniz y la perdiz roja en España (*Alectoris rufa*), especies de vuelo bajo, que no cabría esperar pero que colisionan directamente con las torres de los aerogeneradores (datos propios). En cuanto a parques concretos y a nivel de especie, destacan los doce cóndores, entre Talinay y los Cururos, los primeros conocidos para Sudamérica, a los que habría que añadir al menos uno más en 2021 en el Parque Eólico La Estrella, en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins (OPDE-Chile 2021). El cóndor está clasificado como Casi amenazado en Chile, pero Vulnerable mundialmente debido a la reducción de su área de distribución, tamaño de población y a las amenazas de naturaleza antrópica presentes (BirdLife International 2020, Houston *et al.* 2020). Los efectos de la energía eólica no sólo en Chile sino también transfronterizos (Jácome *et al.*

2021), pueden ser letales para una especie con un ciclo reproductivo muy largo y que no cría todos los años. La energía eólica se añade así a otras amenazas humanas como el veneno o la intoxicación por plomo (Pavez & Estados 2016; Plaza & Lambertucci 2020). Chile, donde está catalogado como Monumento Natural (Ministerio de Agricultura 2006) constituye el baluarte de la especie a escala mundial junto a Argentina, y debe tomar medidas urgentes para su conservación.

En el caso de los quirópteros, la siniestralidad es similar a la del hemisferio norte en regiones con clima mediterráneo, con picos en otoño, y no tan marcados en primavera (Sánchez-Navarro *et al.* 2020). En cambio, se observa una tendencia inversa en el hemisferio sur con Sudáfrica, con más colisiones en primavera en Chile respecto al otoño (Aronson 2022). Por la tendencia observada (Fig. 2) en Coquimbo los quirópteros son activos a lo largo de todo el año, lo que plantea retos para nuevas investigaciones sobre sus interacciones con los aerogeneradores y las necesidades de mitigación en función de los patrones de actividad (Rodríguez-San Pedro *et al.* 2024). Al igual que con las aves, el murciélago cola de ratón presentó semejanzas con otros países del continente, como Brasil (Barros *et al.* 2015) o Estados Unidos (LiCari *et al.* 2023), donde es la especie que más colisiona. En cambio, la tendencia fue la inversa en el murciélago ceniciento, posiblemente al no ser muy abundante pero que aparecen en números importantes en Norteamérica (Frick *et al.* 2017). Sólo uno de los trece parques de la región (Punta Palmeras, Tabla 1), del que no existe información de la fase operacional en el SNIFA, por lo que no se incluyó en este estudio, ha realizado estudios de línea de base de actividad de quirópteros (Geobiota 2012).

A nivel de proyecto, en Los Cururos, único parque con una muestra suficiente, la tendencia interanual en la siniestralidad de los quirópteros sugiere la posibilidad de diferencias en el esfuerzo de muestreo entre 2015-2017 y desde 2018 en adelante. Al igual que los paseriformes, las colisiones de ambos grupos tendieron a encontrarse al principio de la fase operacional para disminuir en el tiempo. Se trata de especies de pequeño tamaño y baja detectabilidad para el observador. El esfuerzo, el área de búsqueda, y la eficiencia del observador o tasa de permanencia de las colisiones, podrían haber cambiado, resultando en las diferencias observadas más que por una tendencia real de la siniestralidad (Barros *et al.* 2022). Esto corrobora la importancia de considerar las áreas realmente prospectadas en los monitoreos y estimas de mortalidad (IFC-EBRD-KfW 2023). A pesar de la baja diversidad específica de quirópteros en Chile (Sierra-Cisternas & Rodríguez-Serrano 2015; Galaz *et al.* 2020) el impacto de la energía eólica no difiere mucho de lo encontrado en resto del mundo.

De los informes revisados se deduce que las vigilancias de mortalidad son puramente descriptivas, limitándose a contabilizar colisiones, sin tener en cuenta los sesgos de la eficiencia del observador o las tasas de permanencia/remoción. Éstas, sólo se estudiaron en El Arrayán y en un solo aerogenerador, cuando debería ser aleatorio y repartido entre turbinas y hábitats representativos (IFC-IDB 2019). Las pruebas de eficiencia y permanencia deberían hacerse para diferentes tamaños de cadáveres de especies locales como rapaces, tórtolas, paseriformes y murciélagos, y en el caso de la permanencia durante un período de tiempo aceptable para ver su efecto en la frecuencia de visitas. En ningún caso hay que utilizar pollos o gallinas de granja, más conspicuos que las especies silvestres y de mayor palatabilidad para los predadores (IFC-EBRD-KfW 2023). Un espaciado de las visitas mayor a los tiempos medios de desaparición, causa una subestimación de la mortalidad real, al desaparecer las carcasas antes de que las pudieran encontrar los observadores.

Un segundo punto a considerar es el tiempo por aerogenerador. Los veinte minutos de búsqueda señalados por Atienza *et al.* (2011) no tienen base científica y diversas consideraciones de ese trabajo están ya obsoletas con la tecnología existente en 2024. El tiempo por aerogenerador es dependiente de su altura y longitud de pala, características que han aumentado considerablemente en la última década. De los trabajos revisados se desprende que la búsqueda actual se circunscribe a las zonas carentes de vegetación como las plataformas de los aerogeneradores y viales del parque, y hasta un cierto radio alrededor de la turbina si la visibilidad del terreno lo permite. Habría que cuantificar adecuadamente, por aerogenerador, el área de búsqueda real y las zonas donde es imposible debido al paisaje como las quebradas, o vegetación (matorral espinoso). Este aspecto también ha evolucionado considerablemente (IFC-EBRD-KfW 2023) respecto a lo sugerido por Atienza *et al.* (2011). Finalmente, debe planificarse la frecuencia de visitas en función de todos los aspectos señalados anteriormente y al personal disponible. Por ejemplo, donde sólo era una persona la encargada de la vigilancia (M. Redondo y Totoral) se encontraron un menor número de especies colisionadas que cuando participaban dos.

En tercer lugar, la falta de estimación de la siniestralidad es una carencia importante. Por ejemplo, al sólo visitarse 33 de los 57 aerogeneradores en Los Cururos, se pierde información de lo que ocurre en el 42 % restante, precisamente un parque donde además se registraron muertes de la especie más relevante como el cóndor. Estas estimas robustas con un estimador actualizado como GenEst (Simonis *et al.* 2018) permiten comparaciones reales entre diferentes instalaciones. Sólo en El Arrayán se hizo una

aproximación puesto que lo exigía la RCA. Por tanto, como conclusión, los valores aportados en este trabajo deben considerarse valores mínimos, y no se pueden comparar ni entre los parques estudiados ni con otros trabajos similares (Smallwood 2013). Tampoco pueden aplicarse los umbrales de mortalidad establecidos en las RCA para tomar medidas de mitigación, pues seguramente ya se han superado. No extraña que Los Cururos y Talinay sean los que más colisiones reportaron debido a una mayor duración de búsqueda por turbina y mayor frecuencia de visitas. El Arrayán también tuvo un tiempo por aerogenerador alto, sin embargo, la frecuencia de visitas fue trimestral, y muchos restos de fauna colisionada deben haber desaparecido entre visitas, perdiéndose sin ser detectadas.

Además, debe aportarse un registro fotográfico adecuado de cada colisión e identificarse lo mejor posible. Esto es importante en casos de difícil identificación, o especies/subespecies descritas como *L. cinereus* y *L. villosissimus* (Rodríguez-San Pedro *et al.* 2016, Díaz *et al.* 2023, Udrizar Sauthier *et al.* 2023), que requerirían una reclasificación o análisis genéticos adicionales para su correcta identificación. Los especímenes deben conservarse debidamente etiquetados en arcones congeladores depositados al efecto en cada parque eólico, sobre todo los de especies amenazadas. Son útiles para los investigadores para contribuir al conocimiento científico en vez de ser destruidas o enterradas como se apunta en alguno de los informes, ver IFC-EBRD-KfW (2023). Como se apuntó en la metodología, hemos asumido la identificación correcta de todas las especies incluidas en este estudio.

Cuando se habla de mitigación, las medidas propuestas pueden no resultar efectivas, o las especies que colisionan en la fase de operación no son las que se predijeron en el estudio de impacto ambiental que a su vez se basa en datos de la línea de base, ver Ferrer *et al.* (2012). Es necesario adoptar un manejo adaptativo, evaluando las predicciones, testando y proponiendo nuevas medidas que corrijan esos nuevos efectos negativos. En Talinay, no se registró el cóndor en los estudios de línea de base debido a una metodología inadecuada pero desde 2018, hay motivos para relacionar siniestralidad en alineaciones y aerogeneradores concretos con el manejo ganadero en los predios circundantes. Es urgente un estudio de la mortalidad del ganado y de cómo se eliminan sus cadáveres evitando el forrajeo de los cóndores sobre esas áreas. Además, se precisan estudios específicos inmediatos sobre la procedencia y uso del espacio por esta especie en los parques Talinay y Los Cururos y sus áreas de influencia, que puede extenderse muchos kilómetros alrededor (Houston *et al.* 2020). Las RCA establecen medidas de mitigación como el pintado de las palas con bandas

transversales rojas o la instalación de dispositivos sonoros que ahuyenten a las aves. Este esquema de pintado tiene sentido debido a los mandatos de Aviación Civil pero no para aves, y los sistemas de disuasión todavía precisan de estudios que validen su efectividad, ver May (2017) y referencias allí incluidas. Las infografías del Ministerio de la Energía (2024), en colaboración con instituciones internacionales como la AECID española o el Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima Alemán, bajo el título de medidas de prevención para disminuir el impacto en fauna, incluyen tecnologías que no se han validado científicamente y deben tomarse con cautela. En el caso de los “*looming eyes*” no son eficaces para las aves en otros sectores como el pesquero (Rouxel *et al.* 2023). En cambio sí lo es en los murciélagos el aumento de la velocidad de arranque de los aerogeneradores a los 6 m/s (Arnett *et al.* 2011; Whitby *et al.* 2021). La consideración de cualquiera de estas medidas de mitigación en los parques eólicos chilenos debe ir de la mano de un diseño experimental adecuado, basado en unos datos de campo y comprobación de su efectividad de manera robusta. La única solución por ahora es la parada de aerogeneradores mediante observadores en campo (paradas bajo demanda), o sistemas de detección automática, que aún deben ser testados en cada caso, aunque alguno aporta ya resultados prometedores (Duerr *et al.* 2023). El uso de observadores en Talinay puede ser complicado debido a la lejanía a zonas habitadas desde la que desplazarse a diario, y por permisos de acceso a predios privados, o simplemente por la baja tasa de paso de aves por hora de observación.

Desde los organismos responsables de aprobar, supervisar, y decidir la evaluación de los proyectos (SEA 2020), y junto a expertos en energía eólica y fauna y desarrolladores, se debe establecer un protocolo de vigilancia para Chile, utilizando lo que se ha probado que funciona y descartando lo que no. El protocolo debe acompañarse de la capacitación del personal en todos los niveles, incluyendo a los observadores de campo, consultoras, responsables de medio ambiente de los titulares de proyectos y técnicos de la administración. Actualmente existe una guía que incluye los conceptos a desarrollar en el monitoreo post-construcción (SAG 2015). Dicha guía considera cuestiones básicas esenciales, como las paradas bajo demanda ante situaciones de riesgo de colisión para las aves, los estimadores de siniestralidad, o el aumento de la velocidad de arranque, sin embargo, arrastra carencias importantes al no incluir las rapaces entre los grupos más susceptibles a la colisión o aceptar como suficiente un muestreo mensual para conocer tendencias intra-anales de mortalidad (Atienza *et al.* 2011). Pero lo más importante es su falta de carácter vinculante, siendo voluntaria su adopción para los desarrolladores, quienes deciden si las aplican

o no. Tanto para la información existente sobre energía eólica y fauna en general y en castellano, como para los parques chilenos, es interesante la revisión bibliográfica de González (2014) por la cantidad de referencias y conceptos actualizados que recopilaba. Dada la evolución tan rápida de la investigación en este campo, es obligada la permanente actualización de esta información, a semejanza de la iniciativa WREN (Working Together to Resolve Environmental Effects of Wind Energy) fundada por la Agencia Internacional de la Energía (<https://tethys.pnnl.gov/about-wren>) para colaborar en el conocimiento e investigación que aporten soluciones a los efectos de la energía eólica en el medio ambiente.

Por último, los criterios de la División de Energías Sostenibles del Ministerio de Energía (Vásquez *et al.* 2021) mencionan factores y umbrales de restricción para la energía eólica respecto a su exclusión del SNASPE o Sitios Ramsar, estableciendo umbrales de 300 m a las salinas naturales o salares, o los inventarios de cuerpos de agua. Distancias tan pequeñas (*buffers*) pueden provocar un gran impacto a aves y quirópteros que los utilicen de manera permanente o temporal en sus migraciones. Esas distancias podrían salvaguardar dichos espacios, pero no a los vertebrados voladores que los habitan, y que presentan gran movilidad dentro y fuera de los mismos en sus áreas de campeo. Por ejemplo, las regiones del norte y centro de Chile como Coquimbo y Libertador General Bernardo O’Higgins, con potencial para el desarrollo eólico y presencia de cóndores, deberían planificar cuidadosamente la implantación y gestión de una manera más estratégica. Por último, aunque no se han incluido en este estudio, no se debe olvidar los impactos en la vegetación o los mamíferos chilenos, que contribuyen a que la región de Coquimbo, se incluya en una de las zonas clave de biodiversidad del planeta. Sólo teniendo en cuenta todos los aspectos mencionados anteriormente, se podrá aplicar adecuadamente la jerarquía de mitigación (BBOP 2012), que corrija los impactos necesarios y permita a los desarrolladores invertir los recursos económicos eficientemente preservando la biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

Teague O’Mara, Winifred F. Frick, y Michael Whitby de Bat Conservation International aportaron ideas sobre las tendencias en la mortalidad de murciélagos. Jhonnattan Valdés-Urbe IBA/KBA Officer Birdlife International, y Justo Martín Martín realizaron el trabajo de GIS. Ivo Tejada y Erik Sandvig de la Red de Observadores de Chile (ROC) facilitaron el acceso a la información. Dos revisores anónimos mejoraron sustancialmente el manuscrito.

REFERENCIAS

- Agudelo, M.S., Mabee, T.J., Palmer, R., Anderson, R. 2021. Post-construction bird and bat fatality monitoring studies at wind energy projects in Latin America: A summary and review. *Heliyon* 7. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07251>
- Arnett, E.B., Huso, M.M.P., Schirmacher, M.R., Hayes, J.P. 2011. Altering turbine speed reduces bat fatalities at wind-energy facilities. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9: 209-214. <https://doi.org/10.1890/100103>.
- Aronson, J. 2022. Current State of Knowledge of Wind Energy Impacts on Bats in South Africa. *Acta Chiropterologica* 24(1): 221-238. <https://doi.org/10.3161/15081109A CC2022.24.1.018>
- Atienza, J.C., Fierro, I.M., Infante, O., Valls, J., Domínguez, J. 2011. Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0). SEO/BirdLife, Madrid.
- Barros, M.A.S., Gastal de Magalhães, R., Rui, A.M. 2015. Species composition and mortality of bats at the Osório Wind Farm, southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 50(1): 31-39, <https://doi.org/10.1080/01650521.2014.1001595>
- Barros, M.A.S., Iannuzzi, L., de Holanda Silva, I.L., Otálora-Ardila, A., Bernard, E. 2022. Factors affecting searcher efficiency and scavenger removal of bat carcasses in Neotropical wind facilities. *Journal of Wildlife Management* e22198. <https://doi.org/10.1002/jwmg.22198>
- Bennun, L., van Bochove, J., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N., Carbone, G. 2021. Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development. Guidelines for project developers. IUCN and Cambridge, Gland, Switzerland.
- BirdLife International. 2020. *Vultur gryphus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T22697641A181325230. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T22697641A181325230.en> Accedido: Mayo 12, 2024.
- Brownlie, S., Treweek, J. 2017. The mitigation hierarchy and beyond: guiding appropriate biodiversity trade-offs in assessments for sustainability. 225-245 pp. En: Gibson, R.B. (Ed.) Sustainability assessment applications and opportunities. New York.
- Bulling, L., Köppell, J. 2016. Exploring the trade-offs between wind energy and biodiversity conservation. Chapter 13: 299-320. En: Geneletti, D. (Ed.) Handbook on Biodiversity and Ecosystem Services in Impact Assessment.
- BBOP. 2012. Standard on Biodiversity Off sets. Business and Biodiversity Offsets Programme. <https://bbop.forest-trends.org/guidelines/Standard.pdf>
- Camiña, A. 2007. Energía eólica y buitre negro. En: Moreno-Opo, R., Guil, F. (Coord.). Manual de gestión del hábitat y de las poblaciones de buitre negro en España. pp. 312-321. Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Contreras, G., Bos, J.W.B., Kleimeier, S. 2019. Self-regulation in sustainable finance: The adoption of the Equator Principles. *World Development* 122: 306-324. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.05.030>
- Díaz, M.M., Núñez-Rodríguez, A., Allendes, J.L., Bárquez, R.M., Rodríguez-San Pedro, A. 2023. *Lasiurus villosissimus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Mammalian Species* 55(1029): 1-12. <https://doi.org/10.1093/mspecies/sead004>
- Drewitt, A.L., Langston, R.H. 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis* 148: 29-42. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>
- Duerr, A.E., Parsons, A.E., Nagy, L.R., Kuehn, M.J., Bloom, P.H. 2023. Effectiveness of an artificial intelligence-based system to curtail wind turbines to reduce eagle collisions. *PLoS ONE* 18(1): e0278754. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278754>
- Escobar, L.E., Juárez, C., Medina-Vogel, G., González, C.M. 2015a. First report on bat mortalities on wind farms in Chile. *Gayana* 79(1): 11-17.
- Escobar, M.A., Vidal, N.A., de la Fuente, D., Abarca, J.A. 2015b. Incorporación de los murciélagos en la evaluación ambiental de parques eólicos y líneas de transmisión eléctrica en Chile: ¿mito o realidad? *Gestión Ambiental* 29: 11-22
- Ferrer, M., de Lucas, M., Janss, G.F.E., Casado, E., Muñoz, A., Bechard, M.J., Calabuig, C.P. 2012. Weak relationship between risk assessment studies and recorded mortality in wind farms. *Journal of Applied Ecology* 49(1): 28-46. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02054.x>
- Frick, W.F., Baerwald, E.F., Pollock, J.F., Barclay, R.M.R., Szymanski, J.A., Weller, T.J., Russell, A.L., Loeb, S.C., Medellin, R.A., McGuire, L.P. 2017. Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat. *Biological Conservation* 209: 172-177. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.02.023>
- Galaz, J.L., Yáñez, J., Fernández, I. 2020. Los murciélagos de Chile, guía para su reconocimiento. 2ª Ed. Ediciones del Centro de Ecología Aplicada, Chile.
- Geobiota. 2012. ANEXO IV Informe estudio sonoro de Quirópteros ADENDA I Declaración de impacto ambiental modificación proyecto Parque Eólico Punta Palmeras, IV Región, Noviembre 2012.
- González, G. 2014. Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos. Propuesta técnica encargada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y Ministerio de Energía (MINENERGIA).
- Houston, D., Kirwan, G.M., Christie, D.A., Sharpe, C.J. 2020. Andean Condor (*Vultur gryphus*), version 1.0. In: del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A., de Juana, E. (Eds.) *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.andcon1.01>
- IBAT. 2024. Report, Chile. Generated from the Integrated Biodiversity Assessment Tool on 27/05/2024. Integrated Biodiversity Assessment Tool. <http://www.ibat-alliance.org>
- IDE Chile. 2024. Infraestructura de datos geoespaciales. <https://www.ide.cl/> Accedido: Julio 25, 2024.

- IFC. 2012. Norma de Desempeño 6: Conservación de la biodiversidad y gestión sostenible de recursos naturales vivos. <https://www.ifc.org/en/insights-reports/2012/ifc-performance-standards/>
- IFC-EBRD-KfW. 2023. Post-Construction Bird and Bat Fatality Monitoring for Onshore Wind Energy Facilities in Emerging Markets Countries - Good Practice Handbook and Decision Support Tool (English). World Bank Group, Washington, D.C. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099646309222331631/IDU05e0083df0f09e0404d0862c028de9dcd910c>
- IFC-IDB. 2019. Good Practice Guidelines for the Wind Energy Sector in Argentina: Management of Impacts on Birds and Bats. 87 pp. https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/sustainability-at-ifc/publications/publications_handbook_guiadebuenaspracticass
- IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-1. <https://www.iucnredlist.org> Accedido: Julio 1, 2024.
- Jácome, N.L., Pavez, E., Piña, C.I.A., Camiña, A., Estrada Pacheco, R. 2021. Wind energy could be a threat to Andean Condor. *Biodiversity and Conservation* 30: 3305-3307. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02246-z>
- Key Biodiversity Areas Partnership. 2024. Key Biodiversity Areas factsheet: Coquimbo desert scrub. Extracted from the World Database of Key Biodiversity Areas. Developed by the Key Biodiversity Areas Partnership: BirdLife International, IUCN, American Bird Conservancy, Amphibian Survival Alliance, Conservation International, Critical Ecosystem Partnership Fund, Global Environment Facility, Rewild, NatureServe, Rainforest Trust, Royal Society for the Protection of Birds, World Wildlife Fund and Wildlife Conservation Society. <https://keybiodiversityareas.org/> Accedido: Junio 1, 2024.
- Lekuona, J.M., Ursúa, C. 2007. Avian mortality in wind power plants of Navarra (Northern Spain). En: Lucas, M.D., Janss, G., Ferrer, M. (Eds.) *Birds and Wind Farms. Risk Assessment and Mitigation*. Quercus, Madrid. 275 pp.
- LiCari, S.T., Hale, A.M., Weaver, S.P., Fritts, S., Katzner, T., Nelson, D.M., Williams, D.A. 2023. Understanding fatality patterns and sex ratios of Brazilian free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis*) at wind energy facilities in western California and Texas. *PeerJ* 11: e16580. <https://doi.org/10.7717/peerj.16580>
- LPO. 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune - Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. LPO France. 93 pp.
- Lubert, F., Pliscoff, P. 2006. Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- Martín Martín, J., Garrido López, J.R., Clavero Sousa, H., Barrios, V. (Eds.) 2022. *Wildlife and power lines. Guidelines for preventing and mitigating wildlife mortality associated with electricity distribution networks*. IUCN, Gland, Switzerland.
- May, R. 2017. Mitigation for Birds. En: Perrow, M.R. (Ed.) *Wildlife and Wind Farms, conflicts and solutions*. pp. 124-144. Volume 2. Onshore: Monitoring and Mitigation.
- Ministerio de Agricultura. 2006. Decreto 2 que Declara Monumento Natural a las especies de fauna silvestre Huemul, Chinchilla costina, Chinchilla cordillerana, Cóndor, Picaflor de Arica y Picaflor de Juan Fernández. <http://www.leychile.cl/N?i=250911&f=2006-06-30>
- Ministerio de Agricultura. 2003. Reglamento de la Ley de Caza, Decreto Supremo N° 53/2003, que modifica al DS N° 05. Ministerio de Agricultura, Santiago de Chile, 15 de septiembre de 2003.
- MMA.2024.19°ProcesodeClasificacióndeEspecies(2022-2024). Ministerio de Medio Ambiente. <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/procesos-de-clasificacion/19o-proceso-de-clasificacion-de-especies-2022/>
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 1994. Ley 19.300 Ley sobre bases generales del Medio Ambiente. Publicada 09 de marzo de 1994.
- Ministerio de la Energía. 2024. Aves, quirópteros y aerogeneradores. Medidas de prevención para disminuir impacto en la Fauna. Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima, Agencia Española de Cooperación Internacional-AECID y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammen- arbeit-GIZ. 8 pp.
- Morales, L., Canessa, F., Mattar, C., Orrego, R., Matus, F. 2006. Caracterización y zonificación edáfica y climática de la Región de Coquimbo, Chile. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 6 (3): 52-74.
- O'Connor, B., Bojinski, S., Röösli, C., Schaepe, M.E. 2020. Monitoring global changes in biodiversity and climate essential as ecological crisis intensifies. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.101033>
- OPDE-Chile. 2021. Carta al SMA PE La Estrella Cóndor muerto. 30 de Agosto de 2021. <https://snifa.sma.gob.cl>
- Orloff, S., Flannery, A. 1992. Wind turbine effects on avian activity, habitat use and mortality in Altamont Pass and Solano County wind resource areas, 1989-1991, para BioSystems Analysis, Inc., Tiburon, California.
- Pavez, E.F., Estades, C.F. 2016. Causes of admission to a rehabilitation center for Andean condors (*Vultur gryphus*) in Chile. *Journal of Raptor Research* 50(1): 23-32.
- Perold, V., Ralston-Paton, S., Ryan, P. 2020. On a collision course? The large diversity of birds killed by wind turbines in South Africa, Ostrich, <https://doi.org/10.2989/00306525.2020.1770889>.
- Pettorelli, N., Graham, N.A.J., Seddon, N., Maria da Cunha Bustamante, M., Lowton, M.J., Sutherland, W.J., Koldewey, H.J., Prentice, H.C., Barlow, J. 2021. Time to integrate global climate change and biodiversity science-policy agendas. *Journal of Applied Ecology* 58: 2384-2393. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13985>
- Plaza, P.I., Lambertucci, S.A. 2020. Ecology and conservation of a rare species: What do we know and what may we do to preserve Andean condors? <https://doi.org/10.1016/j>

- biocon.2020.108782
- Rioseco, R., Tesser, C. 2024. Cartografía Interactiva de los climas de Chile. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile. https://www.uc.cl/sw_educ/geografia/cartografiainteractiva Accedido: Mayo 18, 2024.
- Rodríguez-San Pedro, A., Allendes, J.L., Ossa, G. 2016. Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución. *Biodiversity and Natural History* 2(1): 18-41.
- Rodríguez-San Pedro, A., Allendes, J.L., Bruna, T., Grez, A.A. 2024. Species-Specific Responses of Insectivorous Bats to Weather Conditions in Central Chile. *Animals* 14: 860. <https://doi.org/10.3390/ani14060860>
- Rouxel, Y., Arnardóttir, H., Oppel, S. 2023. Looming-eyes buoys fail to reduce seabird bycatch in the Icelandic lumpfish fishery: depth-based fishing restrictions are an alternative. *Royal Society Open Science* 10: 230783. <https://doi.org/10.1098/rsos.230783>
- Rydell, J., Engström, H., Hedenström, A., Larsen, J.K., Pettersson, J., Green, M. 2012. The effect of wind power on birds and bats – A synthesis. Swedish Environmental Protection Agency, Bromma, Sweden. 152 pp.
- Sánchez-Navarro, S., Rydell, J., Ibáñez, C. 2020. Bat Fatalities at Wind-Farms in the Lowland Mediterranean of Southern Spain *Acta Chiropterologica* 21(2): 349-358. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2019.21.2.010>
- Santana, C. 2014. Energías Renovables en Chile, el potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé. Proyecto Estrategia de Expansión de las Energías Renovables en los sistemas eléctricos interconectados (MINENERGIA/GIZ), Santiago, Chile.
- Sarmiento do Amaral, I.M., Pereira, J.R., Mader, A.M., Ferraz, R., Bandeira Pereira, J., de Oliveira, L.R. 2020. Wind farm bat fatalities in southern Brazil: temporal patterns and influence of environmental factors. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 31(1): 40-47.
- SAG. 2015. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables. Guía para la Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión Eléctrica en Aves Silvestres y Murciélagos. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables. Servicio Agrícola Ganadero. 121 pp.
- SEA. 2014. Guía para la Compensación de Biodiversidad en el SEIA. Departamento de Espacios Naturales y Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y el Departamento de Estudios y Desarrollo del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 40 pp.
- SEA. 2020. Guía para la descripción de Centrales Eólicas de generación de energía eléctrica en el SEIA. Servicio de Evaluación Ambiental. Gobierno de Chile. 120 pp.
- Sierra-Cisternas, C., Rodríguez-Serrano, E. 2015. Los quirópteros de Chile: avances en el conocimiento, aportes para la conservación y proyecciones futuras. *Gayana* 79(1): 57-67.
- Simonis, J., Dalthorp, D., Huso, M., Mintz, J., Madsen, L., Rabie, P., Studyvin, J. 2018, GenEst user guide: Software for a generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. C19. 72 pp.
- Smallwood, K.S. 2013. Comparing Bird and Bat Fatality-Rate Estimates among North American Wind-Energy Projects. *Wildlife Society Bulletin* 37(1): 19-33. <https://doi.org/10.1002/wsb.260>
- Squeo, F.A., Arancio, A., Gutiérrez, J.R. (Eds.). 2001. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- Thaxter, C.B., Buchanan, G.M., Carr, J., Butchart S.H.M., Newbold, T., Green, R.E., Tobias, J.A., Foden, W.B., O'Brien, S., Pearce-Higgins, J.W. 2017. Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284(1862): 20170829. <http://doi.org/10.1098/rspb.2017.0829>
- UdrizarSauthier, D.E., Herrera, G.O., Formoso, A.E., D'Agostino, R.L. 2023. Primer registro del murciélago escarchado grande *Lasiurus villosissimus* (E. Geoffroy Saint-Hilaire, 1806) en la porción oriental de la provincia del Chubut, República Argentina. *Notas sobre Mamíferos Sudamericanos* 5. <https://doi.org/10.31687/SaremNMS23.10.6>
- UNEP-WCMC- IUCN. 2024. Protected Planet: The World Database on Protected Areas (WDPA) and World Database on Other Effective Area-based Conservation Measures (WD-OECM) [Online], May 2024 <http://www.protectedplanet.net> UNEP-WCMC and IUCN, Cambridge, UK.
- Vásquez, C., Valdivia, D., Sepúlveda, H., García, M. 2021. Identificación y Cuantificación de Potenciales de Energías Renovables 2021, Chile Continental. División Energías Sostenibles del Ministerio de Energía, Chile. 24 pp.
- Voigt, C.C., Bernard, E., Chuh-chia Huang, J., Frick, W.F., Kerbiriou, C., MacEwan, K., Mathews, F., Rodríguez-Durán, A., Scholz, C., Webala, P.W., Welbergen, J., Whitby, M.D. 2024. Toward solving the global green-green dilemma between wind energy production and bat conservation. *BioScience* 74: 1-13. <https://doi.org/10.1093/biosci/biae023>
- Whitby, M.D., Schirmacher, M.R., Frick, W.F. 2021. The State of the Science on Operational Minimization to Reduce Bat Fatality at Wind Energy Facilities. The National Renewable Energy Laboratory.

Received: 10.06.2024

Accepted: 24.01.2025

Editor: Carlos Zamora-Manzur