

“MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN AVES SILVESTRES Y MURCIÉLAGOS”

Análisis de información

Elaborado por Gonzalo González Rivera por encargo del SAG
Mayo 2014

El presente producto fue elaborado por el siguiente equipo de consultores:

Gonzalo González Rivera
Médico Veterinario
Especialista en Fauna Silvestre
TRICAO CGF

Gonzalo Ossa Gómez
Ingeniero Agrónomo
Magíster © Ecología, Biodiversidad y Evolución MNHN Paris
Investigador Asociado Laboratorio Fauna Australis, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Pontificia Universidad Católica de Chile

Lorena Sánchez Reyes
Médico Veterinario
Magister en Conservación de la Biodiversidad y Ecotoxicología
Diplomada en Etología Clínica y Bienestar Animal

Rodrigo Silva Caballero
Licenciado en Medicina Veterinaria
Magíster © en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

INDICE

I.	RESUMEN EJECUTIVO.....	6
II.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SISTEMATIZADA.....	8
	PROYECTOS DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA	8
1.	CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS.....	8
1.1.	AVES	8
1.1.1.	COLISIÓN	8
a.	Factores propios de las estructuras	8
b.	Factores propios de las aves	9
c.	Factores ambientales	10
d.	Magnitud del impacto	10
1.1.2.	ELECTROCUCIÓN	13
a.	Factores propios de las estructuras	13
b.	Factores propios de las aves	14
c.	Factores ambientales	15
d.	Magnitud del impacto	16
1.1.3.	ELECTROMAGNETISMO.....	18
1.2.	MURCIÉLAGOS.....	21
2.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y SOLUCIONES TÉCNICAS DE DISEÑO.....	23
2.1.	AVES	23
2.1.1.	COMUNES A COLISIÓN Y ELECTROCUCIÓN	23
a.	Planificación	23
b.	Selección de los sectores para el trazado de las líneas e Identificación de áreas críticas	25
c.	Diseño de las líneas o tendidos eléctricos.....	29
d.	Tendido subterráneo.....	30
e.	Sistemas de ultrasonido	31

f.	Planes de contingencia.....	32
2.1.2.	ESPECÍFICAS PARA COLISIÓN CON TENDIDO ELÉCTRICO	33
a.	Disuasores de vuelo o salvapájaros.....	33
b.	Plantar árboles paralelamente a la línea de tendido eléctrico	42
c.	Bajar la altura de los cables.....	44
2.1.3.	ESPECÍFICAS PARA ELECTROCUCIÓN.....	45
a.	Seguridad de las estructuras	45
b.	Disuasores de posada o guardaperchas.....	48
c.	Plataformas de anidación.....	51
d.	Ahuyentadores	53
2.2.	MURCIÉLAGOS.....	54
3.	SEGUIMIENTO	55
3.1.	AVES	55
3.2.	MURCIÉLAGOS.....	59
	PROYECTOS DE GENERACIÓN EÓLICA.....	62
1.	CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS.....	62
1.1.	AVES	62
1.1.1.	COLISIÓN CON ASPAS.....	62
a.	Factores propios de las estructuras	62
b.	Factores propios de las aves	63
c.	Factores ambientales	64
d.	Magnitud del impacto	65
1.2.	MURCIÉLAGOS.....	68
1.2.1.	MORTALIDAD ASOCIADA A ESTRUCTURAS EÓLICAS.....	68
2.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y SOLUCIONES TÉCNICAS DE DISEÑO	73
2.1.	AVES	73
2.1.1.	COLISIÓN CON ASPAS Y ESTRUCTURAS.....	73
a.	Planificación y Regulaciones	73

b.	Evaluación preliminar y selección adecuada de los sitios donde se emplazarán los proyectos	75
c.	Manejo del hábitat dentro y fuera de los parques eólicos	80
d.	Diseño y configuración de los parques eólicos	82
e.	Desarrollo y utilización de modelos predictivos	86
f.	Planes de contingencia.....	87
g.	Diseño de estructuras	88
h.	Corte selectivo de turbinas problemáticas	90
i.	Aumento de la visibilidad de las aspas.....	92
j.	Sistema de ultrasonido.....	95
k.	Detección remota.....	97
l.	Luces de navegación	99
	2.2. MURCIÉLAGOS.....	101
	2.2.1. MORTALIDAD ASOCIADA A ESTRUCTURAS EÓLICA	101
a.	Planificación y Regulaciones	101
b.	Evaluación preliminar y selección adecuada de los sitios donde se emplazarán los proyectos	103
c.	Diseño y configuración del parque eólico	105
d.	Desarrollo y utilización de modelos predictivos	106
e.	Diseño de estructuras	107
f.	Aumento de la velocidad de corte o <i>Cut-in speed</i> de las turbinas.....	108
g.	Emisores de sonido de baja frecuencia.....	110
h.	Luces de navegación	111
i.	Planes de Contingencia	113
	3. SEGUIMIENTO	114
	3.1. AVES	114
a.	Evaluación de parámetros poblacionales	115

b.	Búsqueda de carcacas	116
c.	Fuentes de error.....	119
	3.2. MURCIÉLAGOS.....	123
a.	Evaluación de parámetros poblacionales	124
b.	Búsqueda de carcacas	125
c.	Uso de radares	126
III.	CONCLUSIONES	129
	PROYECTOS DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA	129
1.	CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS.....	129
2.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y SOLUCIONES TÉCNICAS DE DISEÑO.....	130
3.	SEGUIMIENTO	131
	PROYECTOS DE GENERACIÓN EÓLICA.....	132
1.	CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS.....	132
2.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y SOLUCIONES TÉCNICAS DE DISEÑO.....	132
3.	SEGUIMIENTO	133

I. RESUMEN EJECUTIVO

En el marco del “Convenio de transferencia de recursos entre la Subsecretaría de Energía y el Servicio Agrícola y Ganadero”, para la realización de estudios que permitan identificar medidas de mitigación de impactos de los proyectos de líneas de transmisión de energía y de generación de energía eólica sobre aves silvestres y murciélagos, el SAG contrató la consultoría “Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos”, que a la fecha se encuentra en la etapa de presentación del Producto II: “Análisis de la información nacional e internacional sistematizada”.

El Producto I: “Sistematización de información nacional e internacional” consideró la recopilación de 59 publicaciones (44 internacionales y 15 nacionales y expedientes disponibles en Sitio Web e-seia (46 proyectos de generación eólica y 93 proyectos de Líneas de Trasmisión Eléctrica); y otros solicitados vía Ley de Transparencia. Adicionalmente se realizaron las entrevistas y encuestas realizadas a actores relevantes dirigidas la recopilación de experiencias e información no publicada. Para la elaboración del presente informe se tuvo a disposición un total de 34 encuestas y 11 entrevistas.

El presente documento, correspondiente al Producto II contiene un análisis de la información recopilada en el Producto I, y se espera que sienta las bases para el Producto III, correspondiente a la Propuesta Técnica sobre medidas de mitigación de impacto en referencia.

El capítulo de “Análisis de la información sistematizada” está dividido en Proyectos de conducción eléctrica y en Proyectos de generación eólica. Estos, a su vez, se subdividen en los temas relativos a Aves y en lo que concierne a Murciélagos. Para cada grupo taxonómico se abordan las temáticas de Caracterización de impactos, Medidas de mitigación y soluciones técnicas de diseño, y Seguimiento. Cada punto contiene un Análisis de la información internacional, un Análisis de la información nacional y, finalmente, un Análisis comparativo.

En relación al electromagnetismo, referido en las bases como “magnetismo”, la búsqueda de información arrojó resultado solamente para los Proyectos de conducción eléctrica. En este apartado el electromagnetismo es abordado únicamente como Impacto, dado que la revisión bibliográfica no arrojó datos en relación al tema de interés de esta consultoría.

Las citas dentro del texto están representadas por medio de un número asignado en base al orden de presentación otorgado para cada documento en el Producto I, cuyo listado corresponde a un Anexo del presente documento (formato Excel), al cual se agregaron 30 nuevos documentos bibliográficos bajo el nombre de Bibliografía nueva.

Dentro del texto de este documento se encuentran las distintas citas bibliográficas (transcripción parcial de un texto) de diversos autores acompañadas por su respectivo número de referencia bibliográfica (tabla Excel adjunta). En tanto, que las ideas expresadas por el consultor carecerán de este número al final, dando entender que representan la opinión del equipo de trabajo.

II. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SISTEMATIZADA

PROYECTOS DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA

1. CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS

1.1. AVES

Los impactos ocasionados por proyectos de conducción eléctrica sobre aves son, principalmente, la electrocución y la colisión (03, 11, 17, 24, 33), aunque también se describen impactos como la pérdida de hábitat (17), la introducción de especies invasoras (17), el electromagnetismo (231) y la generación de corredores en líneas de alta tensión (11, 17), que crean una fuerte fragmentación de hábitat para especies de aves terrestres como los miembros de la familia *Rhinocryptidae* (11).

No obstante lo anterior, para efectos del presente análisis, se considerará únicamente los impactos directos ocasionados por proyectos de conducción eléctrica, excluyéndose aquellos que son más bien comunes a los proyectos de desarrollo y, en particular, a los de tipo lineal.

Aunque las bases de la consultoría hacen referencia únicamente a las líneas de transmisión, es imposible referirse a ellas excluyendo las líneas de distribución, más aún al ser uno de los objetivos de esta consultoría el estudiar los impactos por electrocución, los cuales ocurren casi exclusivamente en estas últimas. Para los demás impacto (colisión y electromagnetismo) se han considerado, de igual manera, ambos tipos de tendidos. La participación de cada tipo de tendido en la ocurrencia de cada impacto se presenta en los “Factores propios de las estructuras” de cada uno de los impactos analizados.

1.1.1. COLISIÓN

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

La colisión consiste en el encuentro físico de una o más aves con cables de conducción eléctrica, situación que suele devenir en la muerte del o los ejemplares. Estas suelen ser menos documentadas que las electrocuciones, debido a que no conllevan interrupciones en el suministro eléctrico y a que sus signos no se encuentran bajo los postes (39). En su ocurrencia existen diversos factores involucrados:

a. Factores propios de las estructuras

Las colisiones ocurren más frecuentemente contra líneas de tensión mayor o igual a 110kV, probablemente debido al mayor número de conductores, mayor altura de las torres y mayor distancia entre torres (vanos más largos) (24, 31). No obstante lo anterior, existe evidencia en la dirección contraria, que señala que la colisión contra las líneas de distribución versus las de

transmisión es mucho mayor, puesto que estas poseen muchas más millas lineales que las anteriores (37).

Aunque diferentes especies de aves suelen volar a distintas alturas, existe un consenso para decir que mientras más bajas las líneas, hay menos probabilidad de colisiones. Esto se debe a que las aves prefieren pasar volando por sobre los cables (24).

El largo del vano también es un factor determinante. Los choques ocurren en los tres quintos centrales de cada tramo, puesto que los cables son más visibles cerca de la torres (24).

Por último, cabe señalar que las aves chocan más frecuentemente con el cable de guardia, debido a que usualmente posee menor diámetro que los conductores y por tanto, es menos visible (24).

b. Factores propios de las aves

El número de colisiones no parece estar relacionado con la frecuencia de vuelos sobre una línea, sino que tendría mayor relación la *performance* de vuelo de las especies. Por ejemplo, al estudiar secciones de tres diferentes líneas eléctricas, se observó que 37 especies (2.636 individuos) volaron sobre las líneas, de las cuales sólo nueve especies (52 individuos) colisionaron. Algunas especies tuvieron un mayor riesgo “real”, mientras que para otras este estuvo dado por el alto número de individuos cruzando la línea (06).

Las aves más propensas a colisionar son aquellas con escasa maniobrabilidad; esto es, especies con alta carga alar y baja relación de aspecto (alas cortas y anchas). Por ejemplo: avutardas, grullas, cigüeñas, pelícanos, aves acuáticas (patos, taguas), urogallos, rapaces y cisnes. También son propensas las especies con campo visual estrecho, las que forman bandadas y las migrantes nocturnas (03, 06, 17, 24, 29, 37).

Algunas familias comúnmente afectadas son Gallidae, y Tetraonidae. Algunos órdenes de comportamiento similar a la familia Gallidae, como los Tinamiformes en América Latina, estarían expuestas a sufrir colisiones con cables de tendido eléctrico, sin embargo no existen estudios al respecto (11). Cuando es considerado en relación a la abundancia o tamaño poblacional de las especies involucradas, el número de colisiones reportadas es especialmente alto para Galliformes, Gruiformes, Pelecaniformes y Ciconiiformes (11).

Aves acuáticas y buceadoras también poseen alto riesgo de colisionar; por ejemplo, los Anseriformes son víctimas frecuentes. Dentro de Charadriiformes, los Scolopacidae son víctimas reportadas en muchas investigaciones, lo cual podría explicarse porque muchas de sus especies migran largas distancias en grandes grupos (11). Los miembros de Laridae son víctimas frecuentes de colisión, posiblemente porque son numerosas y pasan mucho tiempo volando, aunque una predicción basada en morfología alar no lo supone (11).

Pese a las generalidades entregadas, es importante considerar que el riesgo dentro de las familias puede variar mucho, dadas las diferencias entre especies (ej. Anatidae) por lo que se recomienda hacer un análisis de riesgo especie específico (11).

En un estudio realizado en España, las especies más afectadas por colisión fueron *Otis tarda* (Otidae) (31%), *Tetrax tetrax* (Otidae) (19%) *Grus grus* (Gruidae) (15%), *Columba palumbus* (Columbidae) (13%), *Anas platyrhynchos* (Anatidae) (6%), *Gallinula chloropus* (Rallidae) (2%), y *Gyps fulvus* (Accipitridae) (2%) (06). En otra investigación realizada en Colombia, se encontraron 810 carcasas de 47 especies. Las especies más afectadas fueron miembros de las familias Ardeidae (29%), Anatidae (25%) y Rallidae (21%) (30). Un informe preparado por BirdLife International y validado en la “Convención de Berna” (33) señala que las familias que presentan una mayor mortandad y alto riesgo de extinción presentes en Chile son Accipitridae, Falconidae, Pelicanidae, Phalacrocoracidae y Strigidae, aunque cabe mencionar que los efectos de colisión y electrocución se presentan agrupados.

Al margen de las especies implicadas, el riesgo es especialmente alto en aves juveniles que dejan sus nidos, debido a que tienen menos experiencia de vuelo y menor maniobrabilidad (11, 17). En un estudio realizado en *Gys coprotheres* (Accipitridae), del 100% de los ejemplares muertos por colisión y electrocución, el 41% murió entre los 0-6 meses de vida, 39% a los seis meses, y 20% tenía menos de tres años (39).

c. Factores ambientales

Las colisiones son más frecuentes en líneas emplazadas en sitios con altas concentraciones de aves, como humedales, dormideros o áreas de alimentación (29, 30). También en filos de montaña y rutas migratorias locales y latitudinales (30). Otro elemento relevante es que la mayoría de estos accidentes ocurren cerca o en sitios definidos por formas lineales del terreno (cordones montañosos, líneas de costa o planicies), los cuales serían utilizados de manera preferente por las aves para desplazarse (31).

Por último, aunque se tiene un limitado conocimiento sobre la incidencia de las condiciones meteorológicas, oscuridad, lluvia o neblina, sobre la colisión de aves con tendidos eléctricos, se acepta que su ocurrencia determine un mayor riesgo (11, 17, 24).

d. Magnitud del impacto

La colisión de aves con tendidos eléctricos ha causado 1 millón de muertes/año en Holanda y 175 millones de muertes/año en Estados Unidos. Se reportan cifras altas también para Noruega, Suiza y Sudáfrica. A nivel global, se estima 1 billón de muertes/año (29).

No obstante lo anterior, en una revisión global de la materia, la tasa de colisión fue de 0,21/1000 aves cruzando por líneas sin medidas de mitigación (29), lo cual refleja que la frecuencia de colisión es bastante baja (29, 31).

Aunque aparentemente no es una amenaza prioritaria a nivel general, puede resultar de importancia para especies con un grado elevado de amenaza por otras causas. Por ejemplo, para la especie *Hieraaetus fasciatus* (Accipitridae) la principal causa de muerte en España es debido a la interacción con líneas eléctricas, ya sea por colisión o electrocución (31). Para *Gyps coprotheres* (Accipitridae), en Sudáfrica, un modelo basado en los reportes de colisión y electrocución estimó que poblaciones locales podrían extinguirse en 20-35 años, en sitios donde la interacción con líneas es alta (39).

En la misma línea, un estudio realizado en Colombia (30) concluye que el problema de colisión puede ser bastante grave sobre algunas poblaciones locales de aves, aunque no se entregan antecedentes que respalden esta afirmación.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

En Chile, los reportes de aves colisionadas con líneas eléctricas son muy escasos. Los únicos publicados con anterioridad al presente estudio están incluidos en la Tabla 1 (se indica Fuente), junto a aquellos obtenidos mediante las fuentes complementarias de información a las que se accedió en el marco de la presente consultoría (revisión de expedientes de proyectos SEIA, encuestas y entrevistas). Para estos últimos, el encuestado o entrevistado no se especifica para dar cumplimiento a la reserva de identidad comprometida por el equipo consultor, en post de favorecer la entrega de información.

Tabla 1. Reportes de Aves Colisionadas con líneas eléctricas en Chile

N°	Familia	Especie	N°	Localidad	Región	Tipo de Tendido	Fuente
1	Anatidae	<i>Cygnus melancorypha</i>	s/i	Embalse Los Molles	Valparaíso	Distribución	56
2	Anatidae	<i>Cygnus melancorypha</i>	s/i	Laguna El Peral y des. Estero Cartagena	Valparaíso	Distribución	58
3	Columbidae	<i>Metriopela aymara</i>	1	RN Pampa del Tamarugal	Tarapacá	Transmisión	AR
4	Laridae	<i>Leucophaeus (Larus) modestus</i>	2	Quillagua	Antofagasta	Transmisión	AR
5	Laridae	<i>Leucophaeus (Larus) modestus</i>	s/i	Desierto Interior de Antofagasta	Antofagasta	Transmisión	AR
6	s/i	<i>Aves acuáticas</i>	s/i	Lampa	Metropolitana	Transmisión	AR
7	Cathartidae	<i>Vultur gryphus</i>	s/i	Farellones	Metropolitana	Transmisión	AR
8	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	s/i	Cerros de Talagante	Metropolitana	Transmisión	AR
9	s/i	<i>Aves acuáticas</i>	s/i	Tranque El Mauro - Sto. Domingo	Valparaíso	Distribución	AR

N°	Familia	Especie	N°	Localidad	Región	Tipo de Tendido	Fuente
10	Cathartidae	<i>Vultur gryphus</i>	1	Cuenca del Río Azufre	O'Higgins	Transmisión	AR
11	Cathartidae	<i>Vultur gryphus</i>	2	Central Cipreses	Maule	Transmisión	AR
12	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	1	Estero Llico	Biobío	Transmisión	AR
13	Anatidae	<i>Cygnus melancorypha</i>	1	Río Cruces	Los Ríos	Transmisión	AR

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos publicados, encuestas y entrevistas. AR: Actores relevantes. s/i: Sin información.

Se proporcionaron reportes de colisión que no pudieron ser incorporados al listado anterior dada la ausencia de antecedentes básicos. Estos correspondieron a los siguientes: 01 ejemplar de *Milvago chimango* (Falconidae) en línea de transmisión (no especifica localidad), “varios” ejemplares de *Bubo magellanicus* (Strigidae) en línea de transmisión (no especifica localidad), número indeterminado de *Metriopela melanopectera* (Columbidae), *Metriopela aymara* (Columbidae) y *Zenaida auriculata* (Columbidae) en línea de transmisión (no especifica localidad). También se entregaron reportes que no especificaron si se trataba de electrocución o colisión (01 ejemplar de *Theristicus melanopis* (Threskiornitidae) en sector Las Trancas, Chillán y 01 ejemplar de *Falco peregrinus* (Falconidae) en Chillán).

Se reconoce, entre los actores relevantes consultados, como un factor especialmente relevante el emplazamiento de los tendidos en la ocurrencia de la colisión. A modo de ejemplo, en relación a los eventos de colisión de *Cygnus melancorypha* (Anatidae) reportados en el Embalse Los Molles (Región de Valparaíso), se señala que pese a la adopción de medidas de mitigación, se han seguido registrando colisiones debido a que el problema de fondo es la ubicación del tendido (56). En la misma línea, se reconoce como una amenaza latente la instalación de proyectos de ingeniería, como líneas de transmisión, en las cercanías de sitios de importancia para las aves (IBAS) (59).

ANÁLISIS COMPARATIVO

A diferencia de la escena internacional, en la que se conoce con bastante exactitud las especies y factores ambientales implicados en las colisiones de aves con tendidos eléctricos, en Chile este conocimiento es escaso y anecdótico. No obstante lo anterior, las especies reportadas para el país coinciden perfectamente con los grupos o familias informados como de mayor riesgo en el plano internacional. Esta similitud permite formular una estimación de riesgos para especies o familias, tomando como base la experiencia internacional.

En cuanto a las estructuras involucradas en los eventos de colisión, existe consistencia en indicar a los tendidos de alta tensión como los responsables en mayor medida de este impacto.

En relación a la magnitud, al igual que en el caso de la electrocución, pareciera que los reportes son sólo un atisbo de la totalidad de los eventos ocurridos. Sumado a lo anterior, no existe un

registro centralizado de los reportes, lo cual hace prácticamente imposible tener una visión global de la magnitud del impacto.

Por último, cabe recordar que “los reportes deben ser considerados como una muestra superficial de la real magnitud del problema” (11), lo que plantea implicancias teóricas y prácticas. En lo teórico, podemos afirmar que la inmensa mayoría de las aves colisionadas no son detectadas, por cuanto es lógico abordar el problema no desde el reporte puntual, sino en su totalidad, fijando estándares que permitan aminorar la ocurrencia del impacto. En lo práctico, tanto los estudios puntuales realizados en el marco del SEIA como los análisis globales que pudieran realizarse, deben considerar la corrección de los datos (remoción por carroñeros, eficiencia de detección, etc.), materia que se puntualiza en el apartado relativo a Seguimiento.

1.1.2. ELECTROCUCIÓN

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

La electrocución ocurre cuando un ave hace puente entre dos componentes energizados (dos conductores) o cuando hace contacto a tierra a través del poste. El resultado es un cortocircuito, con muerte del ave por electrocución, a menudo acompañada de una interrupción del flujo de electricidad (03, 24, 33, 35).

Existen diversos factores involucrados en su ocurrencia, aunque es un problema más simple de abordar que la colisión (11).

a. Factores propios de las estructuras

Las electrocuciones generalmente ocurren en líneas con voltajes menores a 60 kV (24, 33, 35); no en todas las líneas sino en aquellas que presentan diseños específicos, cuyas características se presentan a continuación (03, 06, 20).

El riesgo de electrocución está relacionado con el diseño de apoyo, dadas las dimensiones de los postes, separación de conductores y la longitud de los aisladores. Los postes más peligrosos son aquellos con elementos conductores por encima de la cruceta; además, el uso de crucetas metálicas también aumenta el riesgo (20). Por el contrario, los postes menos problemáticos son aquellos con aisladores suspendidos (03).

La electrocución puede ocurrir cuando la separación horizontal entre fases energizadas es menor que la distancia entre los extremos de ambas alas (envergadura alar) o cuando la separación vertical es menor a la altura del ave (cabeza-pata) (35).

El material de construcción del pilar de apoyo es determinante en la peligrosidad de un poste. Los postes de madera son poco conductores en comparación con los de metal. El poste de concreto u

hormigón es menos conductor que el de metal, pero al ser de hormigón armado, este posee similar conductividad que uno metálico, aumentando el riesgo de electrocución (03, 20).

Entre las estructuras que representan un mayor riesgo se encuentran los transformadores, los postes terminales y de deflexión y todas aquellas que tienen puentes sin aislar. Los postes terminales dobles con doble cruceta se asocian con una mortalidad más alta que cualquier otro tipo de poste de concreto (20).

b. Factores propios de las aves

Dado que la electrocución requiere de contacto físico entre dos puntos energizados, esta es más frecuente en aves de mediana a gran envergadura que utilizan los postes como posadero (03, 33).

El riesgo de electrocución es particularmente relevante en Falconiformes (03, 06, 11, 17, 20), Ciconiiformes (03, 11), Strigiformes (11) y Passeriformes (11). También resulta de importancia en Corvidae (03, 06, 20) y en planeadores termales (06).

Datos de Alemania, Suiza, España y Noruega muestran una mayoría de rapaces medianas (Falconiformes) y lechuzas afectadas (Strigiformes). En la misma línea, datos proveniente de Estados Unidos y Sudáfrica muestran que la mayoría de los individuos electrocutados corresponden a planeadores termales como *Gymnogyps californianus* (Cathartidae) y *Gyps coprotheres* (Accipitridae) (11).

En México, un estudio realizado entre 1999 y 2002, reportó 403 aves muertas por electrocución: 33% fueron rapaces (Falconiformes), 63% cuervos (Corvidae), 3% zopilotes (Cathartidae) y 0,4% garzas (Ciconiiformes). Entre las especies registradas se encontraron a dos miembros del género *Buteo* presentes en Chile (Accipitridae), a *Cathartes aura* (Cathartidae) y *Tyto alba* (Tytonidae) (20).

En una investigación realizada en España, las especies más afectadas por electrocución fueron *Buteo buteo* (Accipitridae) (35%), *Corvus corax* (Corvidae) (25%), *Milvus ssp* (Accipitridae) (9%), *Ciconia ciconia* (Ciconiidae) (7%), *Hieraetus fasciatus* (Accipitridae) (3%), *Falco tinnunculus* (Falconidae) (3%) y *Circaetus gallicus* (Accipitridae) (2%) (06).

Un informe preparado por BirdLife International y validado en la “Convención de Berna” (33) señala que las familias que presentan una mayor mortandad y alto riesgo de extinción presentes en Chile son Accipitridae, Falconidae, Pelicanidae, Phalacrocoracidae y Strigidae, aunque cabe mencionar que los efectos de colisión y electrocución se presentan agrupados.

Además de afectar ciertas especies de gran tamaño y bajas tasas de reproducción, los individuos más afectados corresponden a juveniles. De 226 carcasas de aves electrocutadas en Alemania, 62,8% correspondían a juveniles de primer año. Esto puede deberse a la inexperiencia de estos individuos, aunque algunos autores lo asignan sólo a una representación proporcional de la

estructura etaria de la población (11). En un estudio realizado en *Gys coprotheres* (Accipitridae), del 100% de los ejemplares muertos por colisión y electrocución, el 41% murió entre los 0-6 meses de vida, 39% a los seis meses, y 20% tenía menos de tres años (39).

Una investigación basada en morfología alar propone seis grupos de aves, de entre los cuales los planeadores termales y los predadores aéreos serían más propensos a ser víctimas de electrocución (Figura 1).

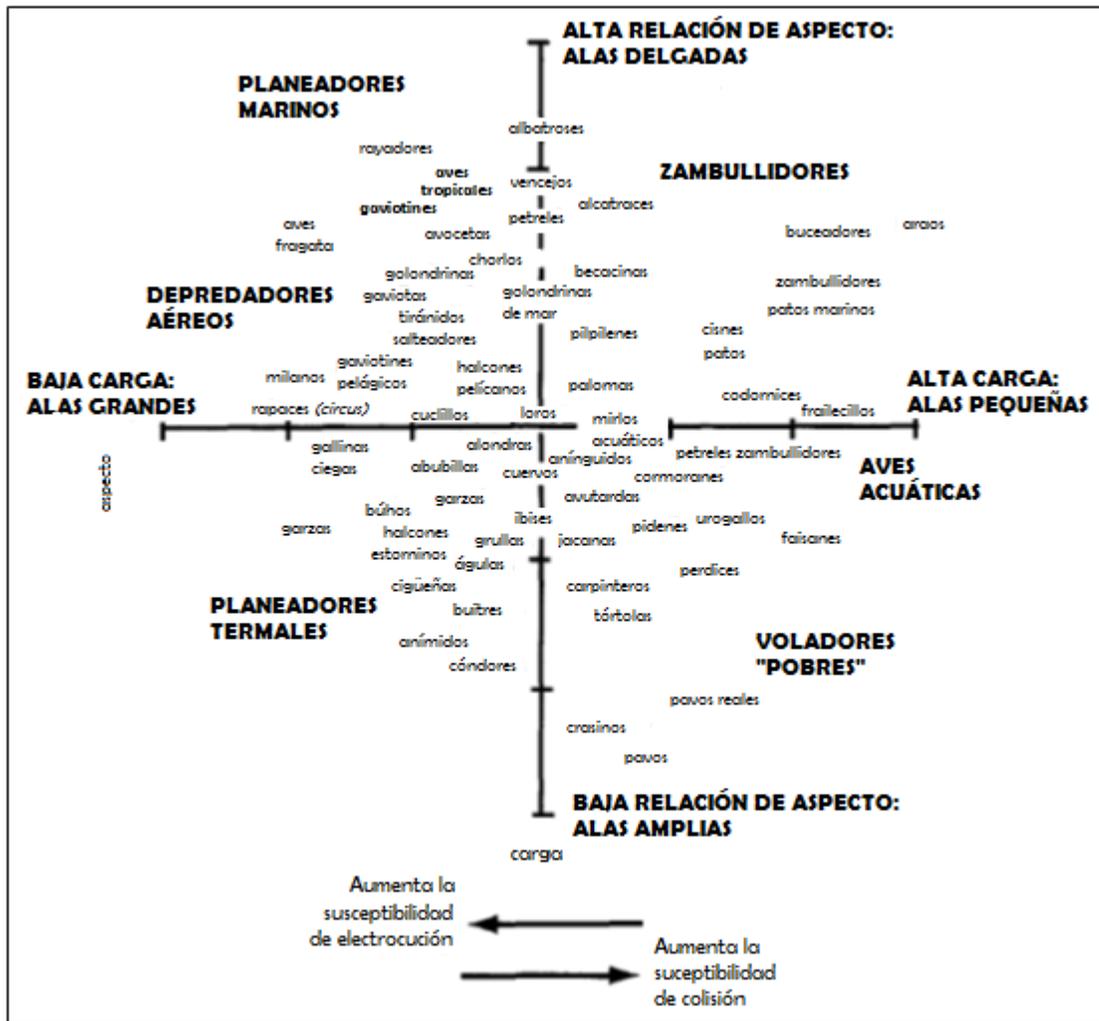


Figura 1: Clasificación de familias y susceptibilidad de colisión-electrocución en base a morfología alar (Janss, 2000) (06). Traducción realizada por equipo consultor.

c. Factores ambientales

Poco se conoce sobre los efectos de la topografía, condiciones meteorológicas y factores técnicos y su relación con la probabilidad de electrocución de aves (11), aunque se supone que su

incidencia es mayor en áreas donde no existen árboles u otras estructuras naturales que puedan usar para percharse y/o anidar (20).

Algunos hábitats que se han descrito como más propensos a electrocución de aves son áreas de bosque abierto (dehesas y matorral mediterráneo), marismas y zonas de cultivos extensivos (03). Otro factor ambiental que pareciera jugar un rol relevante es la presencia de presas comunes de rapaces. A modo de ejemplo, en México, se encontró un gran número de aves rapaces electrocutadas bajo un tendido que atraviesa el lugar donde habita una colonia de perritos de las praderas (20).

d. Magnitud del impacto

Es importante distinguir entre las aves con un alto índice de electrocución y con poblaciones relativamente abundantes, como *Corvus cryptoleucus* (Corviidae), y aquellas con un índice de electrocución menor pero con poblaciones en riesgo, como el *Aquila chrysaetos* (Accipitridae). La electrocución puede no tener un efecto aparente en la población de las primeras, pero sí puede reducir significativamente las poblaciones de especies en riesgo (20). Para la especie *Hieraetus fasciatus* (Accipitridae), por ejemplo, la principal causa de muerte en España es la interacción con líneas eléctricas, ya sea por colisión o electrocución (31). En el caso de *Gyps coprotheres* (Accipitridae), en Sudáfrica, un modelo basado en los reportes de colisión y electrocución estimó que poblaciones locales podrían extinguirse en 20-35 años, en sitios donde la interacción con líneas es alta (39).

Aunque a nivel general, se estima que la electrocución no es una causa masiva de muerte en aves, se debe tener presente que a nivel local podría dañar poblaciones de especies susceptibles, pudiendo incluso exponerlas al peligro de extinción (33).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

En Chile, el único registro publicado con anterioridad al presente estudio corresponde a la electrocución de 16 ejemplares de *Geranoaetus melanoleucus* (Accipitridae) en un tendido de media tensión en Calera de Tango (Región Metropolitana), donde 14 de las 16 aves fueron juveniles (49). Mediante las fuentes complementarias de acceso a la información (revisión de expedientes de proyectos SEIA, encuestas y entrevistas), se establecieron incidentes adicionales resumidos en la Tabla 2.

También se entregaron reportes tan generales que no pudieron ser incorporados al listado anterior (“Aves electrocutadas en tendidos eléctricos de la Segunda Región”) y otros que no especificaron si se trataba de electrocución o colisión (01 ejemplar de *Theristicus melanopsis* (Threskiornitiidae) en sector Las Trancas, Chillán y 01 ejemplar de *Falco peregrinus* (Falconidae) en Chillán).

En cuanto a las estructuras involucradas en los incidentes reportados, la información es escasísima, pero coincidente en señalar a tendidos de baja y media tensión como los causantes de electrocución.

A modo de ejemplo, el tendido que ocasionó la electrocución de *Geranoaetus melanoleucus* (Accipitridae) en Calera de Tango correspondió a un sistema trifásico de media tensión (12kV), conformado por postes de hormigón armado de 11,5m de altura, con crucetas de madera, aisladores de cerámica y conductores de cobre desnudo de 13,3 mm² (49).

Tabla 2. Reportes de Aves Electrocutadas con líneas eléctricas en Chile

N°	Familia	Especie	N°	Localidad	Región	Tipo de Tendido	Fuente
1	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	16	Calera de Tango	Metropolitana	Distribución	49
2	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	01	Arica	Arica y Parinacota	Distribución	AR
3	Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	01	Mejillones	Antofagasta	Distribución	AR
4	Cathartidae	<i>Cathartes spp.</i>	01	Antofagasta	Antofagasta	Distribución	AR
5	Cathartidae	<i>Cathartes spp.</i>	01	Los Vilos	Coquimbo	Distribución	AR
6	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	01	Quebrada Seca	Coquimbo	Distribución	AR
7	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	01	Pudahuel	Metropolitana	Distribución	AR
8	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	01	Curacaví	Metropolitana	Distribución	AR
9	Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	01	La Dehesa	Metropolitana	Distribución	AR
10	Picidae	<i>Colaptes pitius</i>	01	El Manzano	Metropolitana	Distribución	AR
11	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	01	Puente Negro	O'Higgins	Distribución	AR
12	Accipitridae	<i>Parabuteo unicinctus</i>	03*	Procedencia desconocida	s/i	s/i	CRAR

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos publicados, encuestas y entrevistas. AR: Actores relevantes. s/i: Sin información. CRAR: Centro de Rehabilitación de Aves Rapaces. *Ejemplares recibidos entre 2008 y 2013.

Uno de los encuestados sindicó algunos de los registros listados anteriormente a tendidos de media tensión, compuestos por tres aisladores colocados por sobre el travesaño (Registros N° 2, 3, 7 y 9).

Respecto de la magnitud de los impactos, tanto el análisis de los registros obtenidos como lo señalado por los actores relevantes consultados señala que existe un gran desconocimiento. No obstante lo anterior, cabe destacar que desde la perspectiva de conservación de sitios importantes para las aves, la construcción de proyectos de ingeniería como parques eólicos y tendidos eléctricos, se identifican como amenazas potenciales (59).

ANÁLISIS COMPARATIVO

Pese a los escasísimos reportes disponibles para el país, existe consistencia entre las especies típicamente afectadas en el extranjero y en Chile (principalmente rapaces). En contraparte, textos referentes a la conservación y causas de amenaza de este grupo de aves no mencionan de manera específica a la electrocución como una de las principales amenazas a la conservación de este grupo (235).

Desde el punto de vista de las estructuras involucradas, aunque los reportes para Chile son escasos, parecen ser igualmente consistentes con la experiencia internacional, sindicando a líneas de distribución como las causantes de electrocución. Esto plantea un desafío, en términos normativos y de buenas prácticas, puesto que estos proyectos no ingresan por sí solos al SEIA.

En cuanto a la magnitud de la electrocución de aves en Chile, el cruce de la experiencia internacional con la nacional orienta a pensar que los escasísimos reportes no son reflejo de una baja accidentabilidad, sino que se explican por una escasa tasa de detección. Sumado a lo anterior, no existe un registro centralizado de los reportes, lo cual hace prácticamente imposible tener una visión global de la magnitud del impacto.

Por último, cabe recordar que “los reportes deben ser considerados como una muestra superficial de la real magnitud del problema” (11), lo que plantea implicancias teóricas y prácticas. En lo teórico, podemos afirmar que la inmensa mayoría de las aves electrocutadas no son detectadas, por cuanto es lógico abordar el problema no desde el reporte puntual, sino en su totalidad, fijando estándares que permitan aminorar la ocurrencia del impacto. En lo práctico, tanto los estudios puntuales realizados en el marco del SEIA como los análisis globales que pudieran realizarse, debe considerar la corrección de los datos (remoción por carroñeros, eficiencia de detección, etc.), materia que se desarrolla en “Seguimiento”.

1.1.3. ELECTROMAGNETISMO

ANÁLISIS INTERNACIONAL

El fenómeno referido como “magnetismo” en las bases técnicas, no fue mencionado dentro de las fuentes bibliográficas consultadas, sin embargo el fenómeno de “electromagnetismo” sí se menciona, más que nada en estudios de salud humana y en algunos casos en fauna marina.

Los campos electromagnéticos (EMFs sigla en inglés para Electromagnetic fields) son medidos en kilovolts por metro (Kv/m⁹) y en microteslas (μ T), y se definen como el conjunto de campos eléctricos y magnéticos que generan las líneas eléctricas (se consideran líneas de transmisión y de distribución, aunque la magnitud será mayor en las primeras) (231).

Una revisión bibliográfica publicada por los autores Fernie & Reynolds en 2005 (231), la cual reúne muchos de los estudios realizados acerca de los efectos en aves hasta esa fecha, señala que los

EMFs podrían afectar severamente su biología, modificando su reproducción, desarrollo, fisiología, endocrinología, sistema inmune y estrés oxidativo. Cabe destacar que si bien existen diversas publicaciones al respecto (aves y electromagnetismo), esta es la única referente a los EMFs producidos por las líneas eléctricas; todas las demás estudiaban campos electromagnéticos producidos por líneas telefónicas o antenas.

La influencia de los EMFs en el comportamiento de las aves fue evidenciado luego de un estudio en *Falco sparverius* (Falconidae) el cual detectó que las hembras de la especie manifestaban mayores niveles de actividad durante la etapa de cortejo. Si bien esto no afectó otros parámetros como número de huevos o tamaño de los mismos, se postula que la pérdida energética por el aumento de actividad podría comprometer seriamente el trabajo de postura, dado que naturalmente en esta época las hembras disminuyen su actividad a fin de aumentar sus reservas energéticas (231).

Se ha comprobado que el electromagnetismo puede generar variaciones en los tamaños de los huevos, aumentándolo en el caso de *P. caeruleus* o reduciéndolo como es el caso de *P. major*. En tanto que en un experimento con *Falco sparverius* (Falconidae) en cautiverio, se detectaron adelgazamientos en la cascara de los huevos de las aves expuestas a los EMFs. Respecto al éxito reproductivo, se ha visto que especies como *Tachycineta bicolor* (Hirundinidae) y falconiformes como *Falco sparverius*, evidencian una disminución en su éxito reproductivo (número de descendientes producido por un individuo) como resultado de la exposición a los EMFs. En contraste especies de falconiformes como *Buteo regalis*, *Aquila chrysaetos*, *Buteo jamaicensis* y de paseriformes como, *Corvus sp*, *Sialia sialis* y *Troglodytes aedon* no parecen verse afectados por estos (231).

El crecimiento de las aves también puede verse afectado por los EMFs. Diversos estudios han documentado problemas en el desarrollo embrional, destacándose que exposiciones por sobre los 10-mG pueden llevar a embriogénesis alteradas en aves. Asimismo crecimiento en aves una vez también se ve afectado, observándose aumentos de tamaño corporal en los volantones de *Falco sparverius* (231).

Desde el punto de vista fisiológico, se ha documentado que las exposiciones a las EMFs afectan aquellos mecanismos iónicos del cerebro, mostrando que los individuos criados bajo exposiciones continuas a EMFs tienen huesos inusualmente largos. Inmunitariamente se ven aumentados los niveles de corticoesterona y anticuerpos antitiroglobulina en pollitos expuestos en EMFs, afectado la respuesta de estrés. En tanto, los sistemas endocrinos también se ven modificados, suprimiéndose los patrones de producción de melatonina en adultos reproductivos y volantones de *Falco sparverius* sometidos a EMFs, ya que aparentemente los EMFs son percibidos como rayos luz. Como consecuencia, esto podría afectar los tiempos de reproducción, los patrones de alimentación y sueño, los cambios de color de plumaje reproductivo, además del crecimiento y el desarrollo (231).

Finalmente cada vez existe más evidencia de que en vertebrados los EMFs pueden inducir estrés oxidativo (producción de radicales libres), el cual puede dañar el DNA de las membranas celulares, proteínas, lípidos e impactar las reacciones del sistema inmunológico, siendo asociado a enfermedades como el cáncer, la neurodegeneración y el envejecimiento (231). En el caso *Falco sparverius*, se constató que la producción de estos radicales libres se ve aumentada como parte de una respuesta inmune a los EMFs (231).

ANÁLISIS NACIONAL

Los proyectos presentados al SEIA revisados por esta consultoría y que presentaron información concerniente a los EMFs hacen referencia a sus impactos en humanos (115, 151, 172, 178), no presentándose datos para especies animales. Dicha formación es presentada a modo de estudio previo a la construcción del proyecto. De igual manera, ninguna de las otras fuentes nacionales consultadas presentó información al respecto.

A su vez no existen normas primarias referidas a salud humana; menos para animales. No obstante, la regulación ambiental que rige el tema de emisiones señala que de no existir una regulación nacional, debe aplicarse como norma de referencia aquella que se encuentre vigente en el Decreto Supremo Nº 95 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, publicado en el Diario Oficial del 07/12/2002, indica en su Artículo 7.

ANÁLISIS COMPARATIVO

A nivel internacional existe escasa bibliografía respecto al fenómeno de electromagnetismo o campos electromagnéticos producidos por las líneas eléctricas y sus impactos en animales, siendo aún más escasos en el caso específico en aves. Dentro de los mismos, la gran mayoría de los documentos estudia la interacción entre aves y antenas, o entre aves y los campos magnéticos generados por teléfonos. En tanto que los pocos referidos a electromagnetismo por líneas eléctricas han estudiado mayoritariamente una especie de falconiforme, por lo que sus resultados no son extrapolables al resto de las especies de aves silvestres.

Este problema, mayormente estudiado desde el área de la medicina humana, es considerado como un problema de salud pública, siendo su impacto más preocupante la alteración de la inmunidad y el aumento del estrés oxidativo, con las distintas enfermedades que estos pueden acarrear para la salud de la población.

En Chile, los estudios de campos electromagnéticos presentados por los proyectos ingresados al SEIA están orientados a evaluar el impacto que estos podrían tener en humanos, asimismo ninguna otra fuente consultada mostró conocimiento alguno al respecto, por lo cual no se puede establecer el nivel de conocimiento de cuáles son los impactos en fauna a nivel nacional.

Los impactos descritos anteriormente, en el análisis internacional, podrían ser gravitantes para individuos de especies con problemas de conservación que anidasen en líneas eléctricas. Sin

embargo, la magnitud de dicho impacto no ha sido aún reportada como relevante desde el punto de vista de poblaciones, lo cual podría ser extrapolable a la realidad nacional.

1.2. MURCIÉLAGOS

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

En proyectos de conducción eléctrica, se describe la existencia de impacto por electrocución únicamente en murciélagos del sub orden Megachiroptera, los cuales utilizan el tendido eléctrico como percha y se distribuyen en el viejo mundo (Asia, África y Oceanía). Dado su gran tamaño son susceptibles a electrocutarse al hacer contacto entre dos fases cargadas (Figura 2). Se ha descrito que el 18,6% de las muertes ocurridas en Australia sobre este sub orden se explican por electrocución (234).

Por otra parte, no se identifican impactos por colisión, dada la capacidad de ecolocación presente en este Orden. La ecolocación les permite obtener una visión clara de los obstáculos presentes, y puede llegar a ser bastante fina en la detección de obstáculos fijos como el tendido eléctrico (45, 48).



Figura 2: Ejemplares del sub orden Megachiroptera. A la izquierda se observa su gran tamaño y a la derecha se observa un individuo electrocutado al utilizar cables eléctricos como percha.

En cuanto al impacto producido por “electromagnetismo”, característica propia de líneas de conducción eléctrica, no se encontraron referencias que hicieran alusión a un impacto sobre individuos o poblaciones de murciélagos. Esto puede deberse a que no existen tales impactos o a que no han sido estudiados previamente.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

No se describen impactos de líneas de transmisión eléctrica sobre murciélagos, esto corresponde a una realidad observada en los artículos internacionales. La razón principal de este fenómeno es el hecho de que el tendido eléctrico es estático, por lo que los murciélagos no presentan problemas para detectar su presencia a través de los ultrasonidos que utilizan para moverse en el espacio, y

esquivarlos, difiriendo de las aves, quienes utilizan la visión como medio para la detección de obstáculos.

Algunos estudios explicitan esto. Por ejemplo, los titulares del proyecto Línea de alta tensión S/E Chacaya – S/E Crucero (110), los cuales ante el pronunciamiento del SAG sobre la existencia de murciélagos en los cauces del río Loa y San Salvador, explicita que “no existen evidencias que las torres de alta tensión afecten de manera significativa a los quirópteros. De hecho parece ser improbable que se produzca mortalidad, ya que las torres y los cables son detectados fácilmente por el sistema de ecolocación de estos mamíferos y por tanto pueden ser evitados”. Además se indica que las torres no constituyen un microhábitat adecuado para ser usado como refugio por parte de los quirópteros, ya que estos mamíferos voladores buscan refugios más cerrados que les brinden mayor protección durante las horas del día y frente a la luz del sol. Adicionalmente, se tiene que las especies de murciélagos presentes son insectívoras y por tanto sus desplazamientos se encuentran bastante restringidos a las cuencas de los ríos, por ser estos lugares los que concentran y albergan la mayor cantidad de insectos voladores, que constituyen su alimento.

Por otra parte se observan justificaciones equívocas de ciertos estudios, tal es el caso del Sistema de Transmisión de 500 kV Mejillones-Cardone (129), en el cual el titular indica que “no existen reportes tanto en la literatura científica así como tampoco antecedentes del fabricante que permitan señalar la existencia de algún tipo de fototactismo positivo que pueden generar atracción de especies de cazadoras (ejemplo quirópteros) y por ende mayor probabilidad de colisión con las líneas eléctricas de estas especies”. Esta afirmación es confusa, puesto que el fototactismo corresponde a la atracción de individuos gracias a un estímulo luminoso, cuando es sabido que las líneas de conducción eléctrica no presentan iluminación.

En el caso del proyecto LTE 1X110KV Mejillones, se comenta que “respecto a los efectos de las Líneas de transmisión eléctrica sobre los quirópteros, en general existe información contradictoria sobre el efecto de la energía y vibraciones sobre estos mamíferos. Dentro de los posibles impactos se podría prever potenciales colisiones en área de desplazamiento de grandes cantidades de murciélagos, como podría ser el caso de rutas de migración o desplazamiento”. Sin embargo como se evidenció anteriormente no existe bibliografía al respecto de colisiones de murciélagos contra estructuras estáticas.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Tanto los estudios internacionales, como los estudios nacionales coinciden en que los impactos por colisión y electrocución producidos por líneas de conducción eléctrica sobre murciélagos insectívoros son nulos, esto dado principalmente por la capacidad de este orden de producir ultrasonidos y detectar con gran precisión estructuras fijas. En efecto, los murciélagos insectívoros presentes en Chile utilizan un sofisticado sistema de ecolocalización, el cual les permite navegar en plena oscuridad evitando obstáculos y detectando presas que serán su alimento. Este sistema de ecolocalización utiliza pulsos de alta frecuencia, los cuales son suficientemente informativos como

para detectar insectos pequeños, por lo que estructuras de gran tamaño como cables o postes de tendido eléctrico son detectados sin dificultad.

La única interacción posible entre quirópteros nativos y líneas eléctricas tiene que ver con el emplazamiento de estructuras (torres) que obstruyan físicamente y/o destruyan colonias, refugios, dormideros; pero ese impacto no es exclusivo de estructuras eléctricas sino común a cualquier estructura de origen antrópico (edificios, antenas, etc.). En consecuencia, este posible impacto inespecífico no fue abordado en la presente consultoría.

Aun cuando no resulta relevante realizar estudios de seguimiento por posibles impactos con cables, sí es interesante realizar estudios al momento de la planificación y construcción del tendido eléctrico, dado que se deberá evitar la destrucción de refugios, sitios de alimentación o reproducción.

2. MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y SOLUCIONES TÉCNICAS DE DISEÑO

2.1. AVES

2.1.1. COMUNES A COLISIÓN Y ELECTROCUCIÓN

Las medidas de mitigación que se presentan a continuación, son comunes para reducir los dos tipos de impactos principales que producen los tendidos eléctricos en aves: colisión y electrocución.

a. Planificación

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

La planificación coordinada y consensuada a escala macro de la red de líneas eléctricas, entre los diversos estamentos participantes, puede constituirse en la herramienta clave para minimizar impactos sobre las aves.

En diversos países se han realizado esfuerzos con este propósito, como por ejemplo en México durante el 1er Taller sobre electrocución de aves, (2007) los expertos y el ente estatal responsable de la generación y distribución eléctrica (Comisión Federal de Electricidad) acordaron una serie de medidas para evitar las muertes en las líneas de energía:

- Determinar las áreas prioritarias, las especies involucradas, y los materiales y métodos para modificar las líneas existentes o para hacer seguras las nuevas.
- Hacer un diagnóstico nacional de la problemática.
- Modificar las estructuras problema en áreas donde se hayan registrado incidentes. Los postes de concreto armado son los más peligrosos, puesto que son altamente conductivos y basta con hacer contacto entre una fase y cualquier parte metálica de este para generar electrocución. Además el uso de crucetas metálicas también aumenta el riesgo.

- Crear un programa de monitoreo para el personal de la CFE (Comisión Federal de Electricidad) y de las áreas naturales protegidas o críticas, que deberá incluir: a) cursos de capacitación para los equipos de mantenimiento que revisan regularmente las líneas; b) producción de manuales, videos y otros materiales; y c) creación de una base de datos sobre eventos relacionados con la electrocución de aves.
- Analizar la normativa actual y las posibles modificaciones para alcanzar el mejor mecanismo de solución del problema de electrocución de aves.
- Incorporar, en las manifestaciones de impacto ambiental, el seguimiento de las acciones recomendadas para mitigar los riesgos para las aves y analizar su efectividad, y de ser necesario, plantear su modificación.
- Establecer canales de comunicación interinstitucionales que permitan un acercamiento multi-disciplinario para la solución de los conflictos que surgen entre las aves y las líneas eléctricas (20).

En EE.UU., APLIC (35) también sugiere un proceso de planificación, que se traduce en la elaboración de un plan de protección para aves (APP). Un plan de protección debe reducir las mortalidades, documentar las acciones implementadas, y mejorar la confiabilidad del servicio. Para su elaboración deberá actuar la entidad encargada del cuidado de los animales silvestres del país, en conjunto con alguna entidad encargada de la electricidad.

Un APP, debe seguir los siguientes principios:

- Políticas corporativas: cumplir las regulaciones existentes y estar comprometidos a minimizar los accidentes de aves y con un proporcionar un servicio eléctrico de calidad.
- Capacitaciones: para todo el personal relacionado. Poniendo énfasis en la razón y en los métodos para presentar informes de mortalidades, protocolos de manejo de nidos, disposición de cadáveres, y cumplimiento del reglamento. Destacando las consecuencias potenciales del no cumplimiento.
- Permitir su cumplimiento: describir el proceso a través del cual la compañía conseguirá los permisos necesarios.
- Establecer estándares para el diseño de construcciones: establecer estándares de seguridad aviar en los diseños y construcciones.
- Manejo de nidos: procedimientos y regulaciones.
- Sistema de presentación de informes de aves: no sólo por las exigencias federales, sino que también de manera interna. Guardando la información una base de datos que permitan su uso para otras actividades, como evaluaciones de riesgo u otros.
- Metodología para la evaluación de riesgos: para aves residentes y migratorias.
- Medidas para la reducción de las mortalidades: posterior a la evaluación de riesgo, de manera de monitorear y actualizar las medidas. Incluir medidas para ayudar al crecimiento de las poblaciones mermadas.
- Control de calidad: asegurar cumplimiento, eficiencia y eficacia de las medidas implementadas.

- Conciencia pública: educación ambiental acerca del problema de las electrocuciones en aves.
- Recursos claves: expertos en el tema, especialistas ambientales, realización de talleres, materiales y contactos (35).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

No se encontró información referida a planificación de una red de tendidos eléctricos en el ámbito nacional.

ANÁLISIS COMPARATIVO

La planificación en el contexto regional y nacional de una red coordinada y ordenada de líneas eléctricas podría constituirse en un aspecto interesante a considerar al momento de identificar las medidas de mitigación a implementar, puesto que se permitiría considerar una serie de aspectos relacionados con la conservación de la biodiversidad, junto a los objetivos energéticos, al momento de diseñar y construir los tendidos.

La situación nacional difiere bastante de lo señalado, puesto que no se realiza planificación para el desarrollo de proyectos de líneas eléctricas, ni proyectos energéticos en general, si no que esta materia se regula de acuerdo a la iniciativa privada, que funciona al alero de las necesidades e intereses del mercado. Esta condición no sólo es una estrategia, sino que está reglamentado de esa forma, ya que la normativa eléctrica vigente (DL N°4, Ley General de Servicios Eléctricos) establece como fundamento que el mercado de electricidad en Chile se ha diseñado de forma tal que la inversión y la operación de la infraestructura energética la realicen operadores privados (236.)

Al respecto es importante señalar sin embargo que, según la legislación eléctrica vigente, la Comisión Nacional de Energía tiene entre sus funciones el identificar las obras de transmisión troncal y las alternativas de ampliación futura, en términos de obras necesarias, pero no así del trazado propiamente tal ni el impacto ambiental.

b. Selección de los sectores para el trazado de las líneas e Identificación de áreas críticas

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

En la construcción de los tendidos eléctricos es preponderante identificar áreas críticas para la distribución, concentración o tránsito de aves, para evitar o reducir en lo posible la necesidad de extender los trazados por estos sectores altamente sensibles (17, 24, 30, 31, 56, 205).

En la literatura revisada se señala que, para líneas nuevas, la mejor opción de mitigación es planificar y diseñar la ruta del tendido por lugares alejados de sitios que constituyen el hogar o que atraen especies de aves que son susceptibles a la electrocución o colisión. Si bien el conocimiento de las variables (y su interacción) que producen tendencia a colisiones o

electrocuciones es escaso, se sabe que ciertas características del paisaje y la vegetación están asociadas a altas tasas de electrocución y colisiones, como por ejemplo lugares con topografía o vegetación donde hay carencia de perchas o sitios de refugio, descanso y alimentación (24).

Ya en el año 1994 el Comité para la Interacción de las Aves con las Líneas Eléctricas (Avian Power Line Interaction Comitee – APLIC), que cuenta entre sus miembros a empresas y organizaciones tales como Edison Electric Institute, the Electric Power Research Institute, the National Rural Cooperative Electrical Association, the Rural Utilities Service, the U.S. Fish and Wildlife Service y cerca de 50 empresas eléctricas en EE.UU. y Canadá, señalaba que en lo posible, debía evitarse el paso de las líneas por sitios críticos con altas concentraciones de aves (humedales, dormitorios, áreas de alimentación) (205).

Un trabajo publicado en el Reino Unido entrega una lista de áreas importantes para las aves, entre ellas se encuentra las áreas de pasturas, áreas de bosque, corredores biológicos, áreas de arbustos densos, turberas y humedales, hábitats de montaña, y hábitats de costa y estuarios (17).

Para la identificación de estos sitios, se requiere que los investigadores cumplan con ciertas características como son la experiencia, experticia, independencia y objetividad. Por esto, los estudios requieren de personal calificado y acreditado por una entidad nacional dedicada al área de la ecología y el medio ambiente (17).

En el trabajo desarrollado por Rollan et al. (31) que evalúa y modela el riesgo de colisión con líneas eléctricas para la especie *Hieraaetus fasciatus* (Accipitridae), se señala que: en el caso del tendido eléctrico, y de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, se deduce que el factor más determinante al momento de la construcción de líneas de conducción eléctrica, es la selección de sitio, así, se describe que sitios con mayor uso por las aves, presentan un riesgo de colisión asociado mayor. Además, la selección de hábitat es otro factor determinante, de acuerdo al uso de hábitat de cada especie, así, para la especie en estudio, se determinó que utiliza en mayor medida hábitats abiertos y acantilados y al mismo tiempo su altura de vuelo es menor en estos hábitats, probablemente debido a una mayor abundancia de presas y mejor visibilidad. Finalmente, como conclusión se propone no utilizar sitios que son utilizados por esta especie, dado el alto riesgo de colisión y el estado de conservación de sus poblaciones (31).

En varios trabajos se identifica a los humedales como los hábitats más críticos y por ello se constituyen en sitios de alto riesgo para el problema de colisión de aves, pero sin embargo no son los únicos. Por ello es importante seguir estudiando el problema en otros hábitats (filos de montaña, rutas migratorias locales y latitudinales y en general sitios de grandes concentraciones de aves) (35).

Evidentemente en este sentido es de primordial importancia considerar las áreas bajo protección oficial. En Irlanda, se toman medidas de mitigación en sitios tanto de importancia nacional, como de importancia para la Unión Europea, los cuales toman en cuenta sitios muy diversos como son los sitio RAMSAR, Parques Nacionales, Refugios de fauna y flora, Santuarios, áreas especiales para ciertas especies, Reservas biogenéticas, áreas de la UNESCO, entre otras (17).

De La Zerda & Rosselli (30) por su parte señalan que debe procurarse realizar estudios previos a la instalación encaminados a localizar áreas críticas, documentar los tipos de aves presentes, sus cantidades, recorridos y alturas de vuelo y que es importante que estos estudios abarquen todo el ciclo anual de las aves.

Especial mención requiere la identificación de los sitios por donde pasan las rutas migratorias. Las aves migratorias a menudo siguen rutas locales o regionales determinadas por la topología, costas, etc. Antes de la planificación de cualquier línea de alta tensión, se necesitan investigar y cubrir la migración de aves en el día y en la noche, tiempo y otros fenómenos estacionales (33).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Si bien la literatura publicada en nuestro país acerca de los impactos de las líneas eléctricas sobre aves, es muy escasa, existen dos artículos que se refieren brevemente al problema.

El primero de ellos (47) que hace una revisión de la literatura internacional, presenta información general de la temática y menciona casos de electrocución y/o colisión ocurridos en Chile, hace una referencia a criterios que se deben tomar en cuenta para identificar sectores de mayor riesgo, para el trazado de las líneas de conducción eléctricas:

- Criterio 1. Cercanía a humedales o costa: por ser ambientes que congregan gran cantidad de aves de especies vulnerables a la colisión.
- Criterio 2. Cercanía a áreas de nidificación: Los juveniles tienen menos maniobrabilidad y, además, muchas conductas asociadas a la nidificación, como el aumento de vuelos debido a la búsqueda de alimento, competencia o construcción del nido, implican un aumento del riesgo de colisión.
- Criterio 3. Cruce de ríos o valles: la aves generalmente vuelan en forma paralela a los cajones o valles ubicados entre montañas o cordones montañosos, lo que implica que las líneas dispuestas en forma perpendicular al sentido de vuelo aumentan la probabilidad de colisión, esto es particularmente relevante en áreas montañosas con presencia de Cathartidos (cóndores y jotes).

Por su parte Brito (56) al dar a conocer medidas implementadas en las cercanías del tranque Los Molles (V Región) con el objetivo de mitigar el impacto del tendido eléctrico sobre *Cygnus melanocorypha* (Anatidae), indica que si bien se instalaron postes adicionales, se elevó el cable central (cable de guarda) y se aplicó un recubrimiento de PVC, las medidas adoptadas no fueron lo suficientemente efectivas, porque igualmente se han registrado eventos de colisión, puesto que el problema no son los cables en sí, sino el tendido completo y su ubicación.

Finalmente es necesario volver a mencionar que, en el contexto de la adecuada selección de los sectores para el trazado de nuevos proyectos, es importante considerar que se ha realizado en Chile un proceso de identificación y validación de una red de sitios prioritarios para las aves silvestres (IBAs) (59), el cual debe ser considerado al momento de tomar las decisiones respecto de la construcción de nuevos proyectos.

Por otra parte, tomando como base el análisis de 95 expedientes ambientales de proyectos de conducción eléctrica, se observa que en general en Chile la evaluación de los sectores por donde se extienden los tendidos eléctricos, se realiza durante el desarrollo del proceso formal de evaluación ambiental, teniéndose como primera (y generalmente también última) aproximación al problema, los estudios de línea de base, los que en, ocasiones, se profundizan posteriormente a solicitud de los Servicios sectoriales, en etapas más avanzadas del proceso.

En general lo que principalmente se toma en consideración en una etapa previa al inicio del proceso, es la ubicación de áreas bajo protección oficial, considerando para ello las unidades del SNASPE, Sitios RAMSAR y Santuarios de la Naturaleza. Respecto de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad, en dos de los proyectos revisados, no se tomó en cuenta su existencia (109, 129) y fueron los servicios quienes lo hicieron presente, a través de sus pronunciamientos.

Durante los estudios de líneas de base normalmente tampoco se hacen esfuerzos para identificar sitios de alto riesgo, al analizar los sectores por donde se trazarán los tendidos, excepto cuando se detectan especies amenazadas (trichahue, cóndor, gaviota garuma, gaviotín chico), en cuyo caso, generalmente a solicitud de los Servicios, se realizan estudios más profundos si en el área del trazado o en sus proximidades, se identifican sitios de nidificación o concentración (110, 122, 134, 140, 149, 165, 170, 189).

Dado que en nuestro país no existe información clara y detallada sobre rutas migratorias, tampoco se toma en cuenta este factor al proyectar los trazados y en contadas ocasiones, son los Servicios los que a través de los ICSARA, solicitan recabar información sobre movimientos de las aves o rutas de vuelo en los sectores donde se emplazarán los tendidos (122, 123, 126, 145, 159).

ANÁLISIS COMPARATIVO

Los estudios internacionales señalan y destacan que la evaluación preliminar de los sitios donde se instalarán los proyectos es primordial para minimizar los impactos sobre las aves y quirópteros.

Si bien esta no es una medida de mitigación propiamente tal, resulta de vital importancia, puesto que permite identificar áreas críticas con alto nivel de riesgo para las aves, por colisión o electrocución y al mismo tiempo, tomar medidas previas a la instalación de un proyecto que redundarán en una reducción de los costos de inversión en medidas de mitigación y soluciones técnicas del diseño.

A nivel nacional sin embargo, de acuerdo a lo constatado en la revisión de 95 expedientes ambientales de proyectos, se puede detectar que para la selección inicial del sitio de emplazamiento de los proyectos, escasamente se toma en cuenta las condiciones que éste pueda presentar en cuanto a sus características como hábitat para fauna residente o visitante. Lo anterior se constató al observar que en ninguno de los casos analizados se hizo mención a ello, ya

que la evaluación ambiental de los sitios comienza generalmente con los estudios de línea de base, cuando ya la localización está decidida, considerando preferentemente factores productivos y, más aún, cuando ya los estudios de ingeniería están concluidos. La única consideración que se hace al momento de definir un emplazamiento es determinar la existencia de áreas bajo protección oficial, dado que este factor está contenido en la legislación ambiental.

Es importante consignar sin embargo, que existe conciencia a nivel de investigadores y expertos, respecto a la importancia de este tema y que actualmente se cuenta con una herramienta básica, para aplicar esta medida como es la definición de las IBAs en gran parte del territorio, lo cual debe ser considerado al momento de tomar las decisiones respecto de la construcción nuevos proyectos, aunque se requiere todavía mucho mayor análisis y estudio.

Es necesario tomar en consideración que el objetivo del SEIA es evaluar el impacto ambiental de un proyecto específico y no respecto a posibles alternativas, por lo tanto en caso que efectivamente se realice la incorporación de la evaluación del hábitat para la definición de un trazado específico, ello no es necesario que se declare en el SEIA y por lo tanto es posible que no aparezca en la documentación revisada, es decir en los expedientes de los proyectos.

c. Diseño de las líneas o tendidos eléctricos

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

El diseño de la línea como un todo y no sólo de las estructuras en particular (postes, torres o cableado), es un factor importante para la mitigación de los impactos sobre aves. Este aspecto es abordado en extenso en la publicación que realiza en conjunto la ONG Birdlife International y la Convención de Berna (Convenio relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural de Europa) (33) que define varias alternativas de diseño para mitigar el impacto, como por ejemplo señala que:

- Se deben "ocultar o esconder" las líneas de alta tensión: las líneas eléctricas superficiales deben ser colocadas lo más bajas posible, detrás de los edificios o de hileras de árboles, al pie de las colinas o montañas.
- Las construcciones deben obstaculizar sólo un mínimo de espacio del aire en sentido vertical, disponiendo los cables conductores en un sólo nivel, sin cable de guardia por encima de los cables conductores.
- Siempre que sea posible las infraestructuras deben ser agrupadas. Por ejemplo, las líneas eléctricas deben ser instaladas a lo largo de las carreteras, a fin de mantener paisajes abiertos, no fragmentados.

Finalmente se recomienda seguir centrándose en generar soluciones para las nuevas líneas de alta tensión, y en encontrar soluciones para prescindir del cable de guardia, que va por encima de los

cables conductores, para lo cual se aconseja compartir información con aquellas compañías que ya lo han hecho (33).

Similares recomendaciones realiza Prinzen et. al (24) en una publicación técnica preparada y aprobada por la Convención de Especies Migratorias (CMS), que entrega directrices para evitar o mitigar impactos para aves en redes eléctricas en la región África-Eurasia, especialmente en lo que dice relación con la posibilidad de agrupar las estructuras nuevas con otras ya existentes. Por ejemplo, sugiere construir una línea nueva con mejores medidas de seguridad, cercana y de mayor altura que una antigua; así las aves tienden a usar las estructuras más altas (y más seguras) para posarse, con lo cual se minimiza el riesgo de electrocución y al mismo tiempo se incrementa la probabilidad de que las estructuras sean vistas por las aves lo que disminuye la probabilidad de colisión (24).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

No se encontró literatura nacional referente a consideraciones ambientales en el diseño de líneas eléctricas. Sin embargo, a partir de la revisión de los 95 expedientes de evaluación ambiental es posible señalar que, si bien, en la generalidad de los casos, en un principio no existe preocupación por diseñar los tendidos tomando en cuenta los posibles impactos sobre la avifauna, hay varias excepciones en las cuales al existir especies clasificadas en alguna categoría de conservación, se adecuan los trazados para evitar interferir con sitios críticos, como áreas de nidificación o tránsito (110, 122, 134, 140, 149, 165, 170, 189).

ANÁLISIS COMPARATIVO

El diseño inicial de las líneas eléctricas en su conjunto, tomando en cuenta los posibles impactos sobre la avifauna y los sitios críticos donde es necesario tomar medidas preventivas o requieren soluciones de mitigación, es un aspecto básico que se aborda claramente en la literatura internacional. Sin embargo, en el contexto nacional, en la generalidad de los casos no existe mayor conocimiento ni preocupación por el tema, aun cuando existen situaciones concretas, derivados del conocimiento de la existencia de sitios de concentración o reproducción de especies amenazadas, que han obligado a considerarlos en el diseño.

d. Tendido subterráneo

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

La utilización exclusiva de líneas subterráneas convertiría en casi nulo el riesgo colisión y electrocución en aves (24), siendo una medida altamente adecuada para sitios de importancia ecológica significativa (25, 33).

Enterrar el tendido eléctrico de alto voltaje no sólo es complicado técnicamente, sino que también supone costes de inversión mucho más elevados, pudiendo llegar a ser entre 3 y 20 veces más caro que un tendido normal, dependiendo de las condiciones del terreno (03, 24). Además es

mucho más costoso que la solución más popular para evitar colisiones contra el cableado, los salvapájaros, razón por la cual no ha sido aplicada comúnmente (24). Empero, se estima que los costos de su implementación pueden ser fuertemente aminorados al considerar el ahorro en medidas de mitigación y soluciones de diseño de corto plazo, las cuales deben reponerse cada cierto tiempo. Asimismo se debe tener en cuenta el beneficio a nivel paisajístico que esta práctica implica, aparte de la mayor tolerancia a las condiciones meteorológicas (03).

Esta es una medida habitual en ciertas partes de Europa como Reino Unido, Bélgica y Alemania entre muchos otros, donde se han completado las modificaciones de sus tendidos eléctricos, de aéreo a subterráneo. Asimismo Dinamarca, tomó la decisión política de colocar ciertas secciones de líneas aéreas de alto voltaje bajo tierra, en seis áreas de gran valor natural a fin de proteger su avifauna (24).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Ningún proyecto de transmisión eléctrica señala el uso de tendido eléctrico subterráneo. Solamente los proyectos eólicos 82, 91, 96, 102 y 105, indican el uso de cableados de este tipo, a través del cuales los aerogeneradores son conectados a los sistemas colectores de energía. Se destaca que esta medida no fue indicada por ningún encuestado o entrevistado, ni tampoco dentro de los artículos de origen nacional.

ANÁLISIS COMPARATIVO

El uso de tendido eléctrico subterráneo es ampliamente practicado por los países de Europa, especialmente en aquellos que han decidido impulsar planes nacionales para terminar con las electrocuciones de aves, a pesar de que obviamente también evita las colisiones. En Chile se observa que el uso de este tipo de tendidos eléctricos es implementado solamente por los parques eólicos, en tramos cortos, cuyo objetivo es llevar la energía de los aerogeneradores a los sistemas colectores de energía.

Si bien esta medida es altamente difundida a nivel internacional, requiere de un mayor nivel de desarrollo para poder ser aplicada en territorio nacional, ya que no sólo posee limitaciones de tipo económicas, sino que también incluye modificaciones dependiendo de las características del terreno, regulaciones existentes, tipo de cables y otras tantas aristas que deberán ser analizadas por expertos en materia de energía.

e. Sistemas de ultrasonido

ANÁLISIS SITUACIÓN INTERNACIONAL

Los sistemas de ultrasonido no han sido encontrados en la literatura como medida para evitar impactos en líneas de transporte de energía.

ANÁLISIS SITUACIÓN NACIONAL

Ninguno de los proyectos presentados al SEIA ni ninguna fuente de información complementaria indica esta medida para evitar colisiones o electrocuciones en los proyectos de conducción eléctrica.

f. Planes de contingencia

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

En la literatura revisada no existe mención alguna a la implementación de planes de contingencia para rescatar o rehabilitar ejemplares, como medida de mitigación, por lo cual se concluye que no constituyen una medida efectiva para mitigar los efectos de proyectos de conducción eléctrica sobre aves.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Se plantea como medida de mitigación, la elaboración y puesta en práctica de planes de contingencia para rescatar ejemplares accidentados, principalmente por colisiones, y remitirlos a Centros de Rehabilitación. Como se verá más adelante, lo mismo ocurre para el caso de los parques eólicos. Sin embargo en este caso la frecuencia es muchísimo menor, ya que sólo 15 de los 95 proyectos consideran esta posibilidad.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Para la medida “Planes de contingencia” se hace patente la considerable brecha entre el uso dado a ésta en el plano internacional y en el plano local. Mientras que en la escena internacional la medida es escasamente mencionada, en los proyectos SEIA revisados constituye una de las más ampliamente extendidas. Más aún, muchos proyectos la consideran como la única “medida de mitigación” a implementar, en circunstancias en las que no disminuye ni la probabilidad de ocurrencia del impacto ni su magnitud. Aunque se reconoce que, en casos muy específicos, el rescate y rehabilitación de individuos puede cobrar relevancia en términos de conservación (Ej. Especies críticamente amenazadas), esta estrategia está lejos de ser adecuada para la mitigación global de los impactos ocasionados.

Si bien se entiende que el establecimiento y la amplia difusión de esta medida se ha debido a una retroalimentación entre titulares y servicios que obedece a una voluntad de proteger a los individuos afectados, la presente consultoría sugiere avanzar en la adopción de medidas orientadas a disminuir la ocurrencia de colisiones –con foco en las poblaciones- en reemplazo de medidas orientadas a individuos.

No obstante lo anterior, en el contexto de la implementación de un criterio de bienestar animal, se sugiere adoptar un mecanismo, coordinado con la autoridad, para realizar planes de recuperación

de ejemplares heridos o lesionados, de manera de darles una muerte indolora o exenta de sufrimiento innecesario.

2.1.2. ESPECÍFICAS PARA COLISIÓN CON TENDIDO ELÉCTRICO

a. Disuasores de vuelo o salvapájaros

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Estos elementos cumplen la función de aumentar la visibilidad de los cables para las aves que se encuentra en vuelo (03). Los cables que deben marcarse son especialmente el cable de guardia y el cable de guardia. Se postula que la reacción de las aves ante este método sería la de volar más alto para evitarlos, aunque también podrían cambiar de dirección hacia cables no marcados, lo que aún no ha sido comprobado (29).

Según el Real Decreto de España 1432/2008 (227), los salvapájaros deben ser implementados en todos los cables a tierra que tengan un diámetro inferior a 20mm. Este marcado no erradica por completo la ocurrencia de colisiones (06), pero sí las reduce en un 55-94%, con un promedio de 78% (porcentajes obtenidos en estudio que fue llevado a cabo con 21 diferentes dispositivos) (29). Edkins (25), asegura que según estudios, el marcaje de líneas tiene una efectividad de entre un 56-81% en la disminución de las mortalidades. Prinsen et al. (24), indican que un estudio publicado el 2010, asegura que cualquier dispositivo que engrose el cable al menos en 20 cm, con un largo de al menos 20 cm, dispuesto con suficiente regularidad (cada 5 a 10m), ya sea en el cable de guarda o en los conductores, reduce la las colisiones entre un 50 y 80%.

Desde que se asumió la premisa de que las aves colisionan con los cables porque no los ven, su adecuación con dispositivos que los hacen más visibles, se ha transformado en la opción preferente para la mitigación de colisiones. Además de engrosar, cubrir o colorear los cables de guarda, una amplia serie de dispositivos marcadores de líneas ha evolucionado en los últimos años (24).

Los dispositivos deben considerar los siguientes aspectos (24):

- Deben ser lo más grandes posible, para incrementar el grosor de las líneas en al menos 20cm y ser al menos 10 -20cm de largo.
- El espacio entre los dispositivos no debe ser mayor de 5 -10m.
- Tiene que ser lo más contrastante posibles con el entorno.
- El color es menos importante que el contraste.
- Es importante que tengan movimiento.
- Es clave que sobresalgan sobre y bajo el cable.
- Es ventajoso que sean visibles de noche (por iluminación, fosforescencia, radiación ultravioleta u otros medios), debido a que se sospecha que las colisiones nocturnas son muy frecuentes (24).

- Es más eficaz utilizar marcadores instalados de manera más frecuente, que marcadores más grandes (3, 20).

Estos elementos pueden ser esferas, platos móviles (que se balancean), elementos espirales que vibran, tiras, cintas, aletas, banderas, flotadores de pesca, bolas para aviación, bandas cruzadas, etc. (Figura 3.). Existe un amplio margen para mejorar los dispositivos, pero hay que tomar en cuenta las características de la visión de las aves, que es diferente a la del ser humano (24). Las aves poseen algo llamado “macularidad universal” lo que significa que tienen una baja relación de células ganglionares en la periferia de la retina, lo que se traduce en una alta agudeza visual, incluso en la visión periférica. Además, las aves rapaces poseen dos regiones foveales, una para visión frontal y otra para mirar al suelo. A esto se suma, el que las aves tienen diversos métodos ópticos para mantener los objetos a distintas distancias simultáneamente. Asimismo, estas poseen un sistema de visión tetracromático (todos los mamíferos poseen sistemas de visión tricromáticos), pudiendo ver otros colores, e incluso ver algunos de los colores de manera diferente a los mamíferos. Igualmente, muchas aves son sensibles a longitudes de onda ultravioleta, las cuales son invisibles para los seres humanos (220).

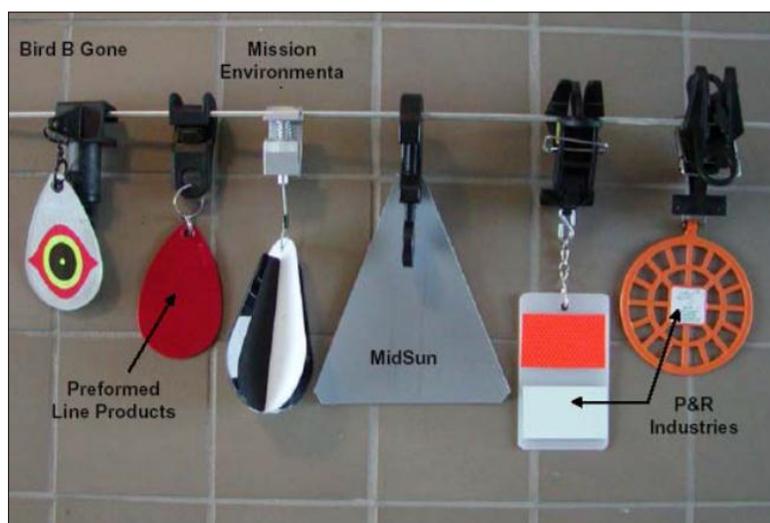


Figura 3: Distintos tipos de dispositivos marcadores (disuasores de vuelo) usados con el objetivo de reducir las colisiones de aves con las líneas de energía (37)¹.

El uso de espirales amarillos de polipropileno de 25cm de diámetro y 80cm de largo, separados por 10m en un cable de guarda y en otro de manera alternada, generando un efecto visual de 5m

¹ Los textos dentro de esta figura no han sido modificados puesto que corresponden a nombres comerciales (modelo de disuasor de vuelo)

de separación (30), se describe como un elemento de alta efectividad, para evitar colisiones. En tanto que según el Real Decreto de España 1432/2008 (227), los salvapájaros deben ser de materiales opacos y estar dispuestos cada 10m (si el cable de tierra es el único) o alternadamente, cada 20m (si son dos cables de tierra paralelos o, en su caso en los conductores). Asimismo se recalca que si son de tipo espiral, estos deberán medir 30cm de diámetro y tener 1m de longitud, mientras que si son de 2 tiras en X, tiene que medir de 5X35cm.

Respecto a la duración de los dispositivos, Prinsen et al. (24) señala que estos deberían tener la misma duración que la propia línea, sin embargo esto muy poco probable, ya que la vida de servicio promedio de líneas de alta tensión es de 50 años aproximadamente (33). Para asegurar su durabilidad debieran tener las siguientes características:

- Los componentes de acero deben ser de acero inoxidable.
- Los componentes de plástico tienen que ser resistentes a la luz UV y de PVC de alto impacto.
- Las conexiones entre partes (particularmente entre plástico y acero) deben reforzarse con elementos de acero inoxidable.
- El mecanismo de sujeción no debe moverse más de lo necesario.
- El dispositivo no debe dañar el conductor en el lugar donde se instala.
- No debe causar efecto corona (fenómeno eléctrico que producen los conductores de las líneas de alta tensión, que se manifiesta como halo luminoso a su alrededor).
- El mecanismo que forma parte del conector no debe emitir zumbidos.
- Tienen que ser removibles (24).

La forma en que estos dispositivos se instalan, es determinante para su funcionamiento, para ello Prinsen et al. (24), recomienda:

- Los dispositivos deben instalarse en el cable de guarda, sino existe, deben ser instalados en los conductores, aunque esto es complicado en las líneas de alto voltaje.
- Según algunos investigadores los choques ocurren en los tres quintos centrales de cada tramo, puesto que los cables son más visibles cerca de la torres, por ello recomiendan colocar los dispositivos en el 60% central del tramo. No obstante considerando que el mayor costo de colocar dispositivos es trasladar el personal y los equipos a terreno, es mejor colocarlos en todo el tramo, al menos en líneas de baja y media tensión, desde 132 Kv hacia abajo y parcialmente sólo en las líneas de alto voltaje (24). Se postula además, como se mencionó anteriormente, que la alternancia de tramos marcados y no marcados podría conducir a las aves a volar en los tramos no marcados, a pesar de que esto no ha sido comprobado (29).
- Se recomienda instalar desviadores de vuelo en todas las líneas cercanas a sitios críticos, hacerlo en tramos amplios y considerar una evaluación previa y un monitoreo posterior. Se debe evaluar distintos tipos de marcaje para seleccionar los más efectivos en cuanto a costos (30).

- En aquellos lugares con niebla o visibilidad limitada se deben considerar las distancias, disminuyéndolas a criterio (217).

El informe de PIE (1995) entrega un análisis de las distintas características de los diversos métodos de marcaje para líneas eléctricas (03) (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de características de los diversos métodos de marcaje para líneas eléctricas

<p>Espiral blanca de polipropileno (diámetro 30 cm. 100 cm de longitud)</p> <p>Soporte: Cable de tierra o conductor Colocación: Manual Montaje: Sin servicio Frecuencia: Cada 5 metros (un solo cable) Cada 10 metros al tresbolillo (colocación de las balizas puestas en filas paralelas, de modo que las de cada fila vayan colocadas de manera que correspondan al medio de los huecos de la fila inmediata). Equipo: Tres personas Tiempo: 0,2 km/hr Costo: Alto Eficacia: Buena Durabilidad: Mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática</p>
<p>Espiral naranja de polipropileno (diámetro 30 cm., 100 de longitud)</p> <p>Soporte: Cable de tierra o conductor Colocación: Manual Montaje: Sin servicio Frecuencia: Cada 5 metros (un solo cable) Cada 10 metros al tresbolillo Equipo: Tres personas Tiempo: 0,2 km/hr Costo: Alto Eficacia: Buena Durabilidad: Mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática</p>
<p>Tiras en “x” de neopreno (35 cm. X 5cm.) sujetas con mordaza de electrómetro con cinta luminiscente</p> <p>Soporte: Cable de tierra o conductor Colocación: Robot o manualmente Montaje: Sin servicio Frecuencia: Cada 10 metros Equipo: Cuatro personas Tiempo: 0,4 km/hr Costo: Alto Eficacia: Buena Durabilidad: Mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática</p>

Abrazaderas negras de plástico colgantes (55 cm. X 5 cm.)

Soporte: Cable de tierra o conductor
Colocación: Manual
Montaje: En tensión (en cable a tierra)
Frecuencia: Cada 8 metros
Equipo: Tres personas
Tiempo: 0,4 km/hr
Costo: Bajo
Eficacia: No suficientemente contrastada
Durabilidad: Mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática

Abrazaderas negras de plástico colgante (70 cm. X 0.8 cm.)

Soporte: Conductor
Colocación: Manual (grúa)
Montaje: sin servicio
Frecuencia: Cada 15 metros 3 abrazaderas
Equipo: Dos personas
Tiempo: 0,4 km/hr
Costo: Alto
Eficacia: Mala
Durabilidad: Mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática

Silueta de aves fluorescentes de plástico (100 cm.)

Soporte: Cable de tierra
Colocación: Manual (helicóptero)
Montaje: Sin servicio
Frecuencia: De 5 a 10 metros
Equipo: Desconocido
Tiempo: Desconocido
Costo: Muy alto
Eficacia: Desconocida
Durabilidad: Desconocida

Bolas amarillas con banda negra vertical (diámetro 30 cm.)

Soporte: Cable de tierra
Colocación: Desconocida
Montaje: Sin servicio
Frecuencia: De 75-100 metros
Equipo: Desconocido
Tiempo: Desconocido
Costo: Alto
Eficacia: Buena
Durabilidad: Desconocida

Fuente: (03)

De acuerdo al estudio anterior (03), la instalación de cables espirales blancos de 30cm de diámetro, dispuestas al tresbolillo (colocación de las balizas puestas en filas paralelas, de modo que las de cada fila vayan puestas de manera que correspondan al medio de los huecos de la fila inmediata) cada 10m, mostró ser la más eficaz, seguida por las tiras de neopreno negro de 35cm, dispuestas cada 20m. Ambas resultaron ser útiles para casi todas las aves, a excepción de las avutardas (especie de ave gruiformes europea) (03).

Últimamente se han introducido muchas mejoras en los dispositivos, entre otras, el uso de colores más visibles para el espectro visual de las aves y dispositivos móviles, que flameen, en lugar de estar estáticos. Dado que también se sabe que las colisiones nocturnas son frecuentes, se ha intentado desarrollar dispositivos con partes iluminadas, pero hasta el momento su efectividad ha sido poco probada (24). Ejemplo de esto son los desviadores tipo libélula o luciérnaga, conformados por un disco pequeño y liviano, hecho de plástico duro giratorio o una placa rectangular con partes fluorescentes (Figura 4 Derecha). Durante las horas de luz estos reflejan la luz del sol, emitiendo además una luz luminiscente durante la puesta de sol y la noche. La velocidad del giro de la libélula aumenta su eficacia (37). Solamente algunos estudios se han hecho para este dispositivo, Yee (37) detectó un 60% de reducción en el número de víctimas mortales de *Grus canadensis* (Gruidae). Otros estudios concluyeron una reducción de hasta el 67% de mortalidades de la misma especie bajo dos líneas de transmisión modificadas de 69 kV (24).

Las aletas de plástico duro, son unas tiras largas blancas y negras de unos 50cm de largo, que están construidas sobre abrazaderas de aluminio, son altamente contrastantes, y sus tiras se mueven con el viento creando un efecto intermitente que es visible incluso de noche (Figura 4 Izquierda), siendo recomendado su uso por BirdLife (33). En Alemania, se han instalado más de 13.000 de estos disuasores, los que se han ido colocando con ayuda de un helicóptero especializado y sin necesidad de interrumpir el suministro eléctrico de alta tensión. Se describen disminuciones en las mortalidades de hasta el 90% en gaviotas. Pero también han demostrado ser útiles mermando las colisiones nocturnas hasta en un 80% en patos *Anas platyrhynchos* y *Anas penelope* (Anatidae), no siendo efectivo en *Fulica atra* (Rallidae). La única problemática de este dispositivo, es que debido a su tamaño, son pesados y no se pueden instalar muchos en un solo espacio, por lo que la frecuencia de ordenación es de varias decenas de metros (24).



Figura 4: Izquierda: Dispositivo tipo aleta blanca con negro. Derecha: Dispositivo tipo luciérnaga o libélula (24)

Se ha publicado bastante literatura respecto a la eficiencia de los dispositivos marcadores de líneas en la mitigación de la mortalidad por colisiones y aunque se reconoce carencia de evaluaciones cuantitativas acerca de la efectividad de los dispositivos, a nivel internacional, la evidencia hasta la fecha sugiere que tienen buenos resultados.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

El uso de estos elementos es una medida ampliamente divulgada dentro del ámbito científico, y en las propuestas de medidas de mitigación que entregan las diversas fuentes consultadas a nivel nacional.

Si bien se pueden utilizar disuasivos, también existe la opción de eliminar o aumentar el grosor del cable de guardia (47). Estos dispositivos deben ser dispuestos en los cables de guardia, cuando estos midan menos de 20mm, por lo que el engrosamiento de estos cables, aumentando su visibilidad, también es considerada como una medida de disuasión. Brito (56) señala que la implementación de marcadores de PVC para estos cables ha mostrado ser eficaz en la prevención de colisiones. Los proyectos SEIA 160 y 190, señalan que al no contar con cable de guardia no hay peligro, lo cual es correcto, sin embargo si el resto de los cables no cumple el diámetro mencionado anteriormente, de igual manera deberían ser marcados con salvapájaros. El proyecto 122 señala que “el grosor de sus cable de guarda poseen un diámetro de 16 mm, y que esto es 4 mm por sobre el estándar de proyectos eléctricos, constituyendo en sí mismo una medida de protección y minimización de riesgo de choque de aves”, concluyéndose la presentación de información errónea respecto al grosor adecuado, además de aclarar que la norma exige diámetros de 16mm para estos cables (223).

Los proyectos 102, 117, 134 y 153 simplemente mencionan sin especificación alguna, el uso de “elementos que aumenten la visibilidad”. La mayoría de los proyectos indica la opción de utilizar salvapájaros de tipo espiral (83, 106, 110, 111, 124, 126, 129, 140, 149, 165, 168, 170, junto con cuatro encuestados y un entrevistado). Se describen en color amarillo (149), naranja, rojo (111, 124) y blanco (124), con longitudes de entre 30cm (170) a 100cm (111, 124) y diámetro de 30cm (111, 168). El largo suele ser estándar para los espirales (100cm), constatándose que es el tamaño comercialmente ofrecido. La frecuencia de ubicación para dichos dispositivos es rara vez mencionada: 5m (129, 149), 10m (168), 20m (164, 170) y 100m (124). Otros proyectos presentados al SEIA mencionan el balizamiento con boyas de color naranja (106, 122, 137,142, 143, 153, 160, 180, 185, 188), o el rojo (159), siendo ambos colores altamente contrastantes. El proyecto 143, también describe como posibilidad el uso de triángulos de colores. Las frecuencias indicadas para las boyas también son escasamente mencionadas: 5m (91), 30m (160), 40m (159). Se deduce, nuevamente, la falta de conocimiento de las distancias correctas. Los diámetros indicados para estos disuasores son acordes a los que se buscan en un buen salvapájaros, y van de los 30cm (122,143) a los 60cm (159).

Los disuasores propuestos califican con las características que se deben cumplir en términos de visibilidad (tamaño, color y movilidad) para evitar colisiones de aves, puesto que la literatura señala que cualquier elemento que aumente a 20cm el diámetro del cable es de utilidad. No obstante en relación a las exigencias demandadas por la DGAC, los balizamientos de tipo esféricos para cables aéreos no deberían tener un diámetro menor a 60cm (212), quedando en evidencia un desconocimiento de la normativa por parte de los titulares.

Respecto al color de los balizamientos, la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) especifica que los dispositivos de balizamiento deben ser de un sólo color, el cual puede ser blanco, blanco o rojo y anaranjado, debiendo alternarse, y contrastando con el color de fondo (212); condición que es, en general, cumplida por los titulares.

Los proyectos 110, 115 y 151 señalan el uso de dispositivos fotoluminiscentes o tipo luciérnaga, los que suelen ser utilizados en combinación con otros disuasores, lo cual puede ser considerado como una iniciativa muy positiva, ya que ayudaría a las aves nocturnas a detectar la presencia de los cables.

La frecuencia o distancia a la que cualquier salvapájaros debe ser instalados para que sea efectivos es de 5-10m (cable único) y 20m (dos cables de tierra paralelos o en su caso en los conductores), por lo que distancias de 20 y 100m, exceden lo indicado, disminuyendo drásticamente la eficacia de la medida (227). La DGAC plantea que la distancia entre dos balizamientos no debe exceder los: 30m en el caso de los 60cm, 35m en caso de medir 80cm y 40m en caso de 130cm (212). No obstante dichas exigencias están diseñadas para aumentar la visualización al tránsito aéreo y no a para la avifauna. Además, teóricamente, dichas distancias pueden ser disminuidas sin crear conflictos con dicha normativa, dado que en ella se establecen separaciones máximas, pero no mínimas.

La duración de los dispositivos debe ser integrada a la mantención de líneas. El proyecto 132, destaca que realizará su recambio según vida útil indicada por el fabricante, lo que idealmente debería ser consensuado con todos los titulares, a fin de mantener la calidad del sistema de disuasión, sugiriéndose la revisión de los mismos conjuntamente con la revisión periódica del estado de conservación de las líneas exigida por el Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes (223). Asimismo, el tramo de la línea donde se les sitúen es clave, ya que mientras más alejado estén los cables de los postes, más difíciles son de visualizar. Los proyectos 83, 91, 111, 125, 142 y 152, destacan su utilización en lugares de importancia biológica como ríos, lagos y humedales; en tanto que 188 señala su utilización particularmente en lugares cercanos a las buitreras.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Los salvapájaros son la medida mayormente utilizada a nivel mundial para evitar las colisiones en las aves, demostrando altos porcentajes de éxito, siendo utilizados ampliamente a nivel internacional (donde existe tendido eléctrico aéreo). Existen diversos tipos de disuasores, consensuándose que para que su uso sea efectivo debe cumplir con las siguientes condiciones básicas:

- Aumentar el diámetro de cable idealmente en 20cm
- Ser altamente contrastante con el medio
- Estar hecho de material resistente al sol y a las inclemencias del tiempo
- No debe dañar los conductores que los soportan
- Moverse con el viento.

Nacionalmente los más utilizados son los de tipo espiral y las balizas. No obstante, deben corregirse las frecuencias, respetando como mínimo las exigencias demandadas por la DGAC (30m para balizamiento de 60cm) (212), aunque lo ideal serían distancias de 5-10m en un solo cable, y 20m cuando se hace al tresbolillo o en dos cables de manera intercalada, dando un efecto óptico de uno cada 10m. Cuando se trate de balizamiento de tamaño considerable se deberá tener bajo consideración el peso de las mismas, a fin de evitar sobrecargar el cable. De igual manera se debe tener claro que tienen que ubicarse, sino es posible a lo largo de todo el cable, en los 3/5 centrales de los cables, que son los que más alejados se encuentran de los postes.

Es aconsejable la realización de mantención técnica, la cual puede ser hecha al mismo tiempo que se hagan las mantenciones de las líneas. Es importante que cuando se trate de proyectos presentados al SEIA, no solamente se mencione el tipo de disuasor a usar, sino se entreguen todos los detalles que hacen de esta una medida exitosa: ubicación, frecuencia, mantención, etc. Esta información no debería ser algo complejo de detallar, ya que a través que una simple búsqueda en línea se encontraron diversos proveedores de estos tipos de disuasores, los cuales especifican las características técnicas de los productos ofrecidos y como estos deben ser implementados para lograr cumplir con su objetivo:

- <http://www.birdbusters.com/>
- http://www.poweng.com.au/wildlife_protection.htm
- http://www.pigeonstop.co.uk/firefly_bird_flight_diverter.asp
- <http://commercialbirdsolutions.us/bird-control-systems-2/firefly-bird-flight-diverter/>
- <http://www.capitalrestoration.us/contrololutions.html>

Además, sería propicio incentivar el uso de disuasores tipo luciérnaga en lugares donde se encuentren aves nocturnas, o rutas de vuelos de aves migratorias nocturnas, ya que uso ha demostrado bajar las tasas de colisiones para ese grupo.

b. Plantar árboles paralelamente a la línea de tendido eléctrico

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

La plantación de árboles paralelamente a las líneas del tendido eléctrico, ayuda a mitigar las colisiones al forzar a las aves a ganar altura de vuelo a fin de tener una mayor visión de línea de árboles (Figura 5) (24, 33, 229). Esto fue concluido luego de que estudios evidenciaran una mayor ocurrencia de colisiones en lugares donde los arboles eran más bajos (229).

Esta estrategia a largo plazo se consigue a través de la plantación de árboles nativos que puedan alcanzar una altura suficiente como para sobrepasar la altura de los cables. Se debe tener en cuenta el tiempo de crecimiento de los mismos, además de las recomendaciones de seguridad respecto a las distancias necesarias entre los árboles y las líneas del tendido (229).

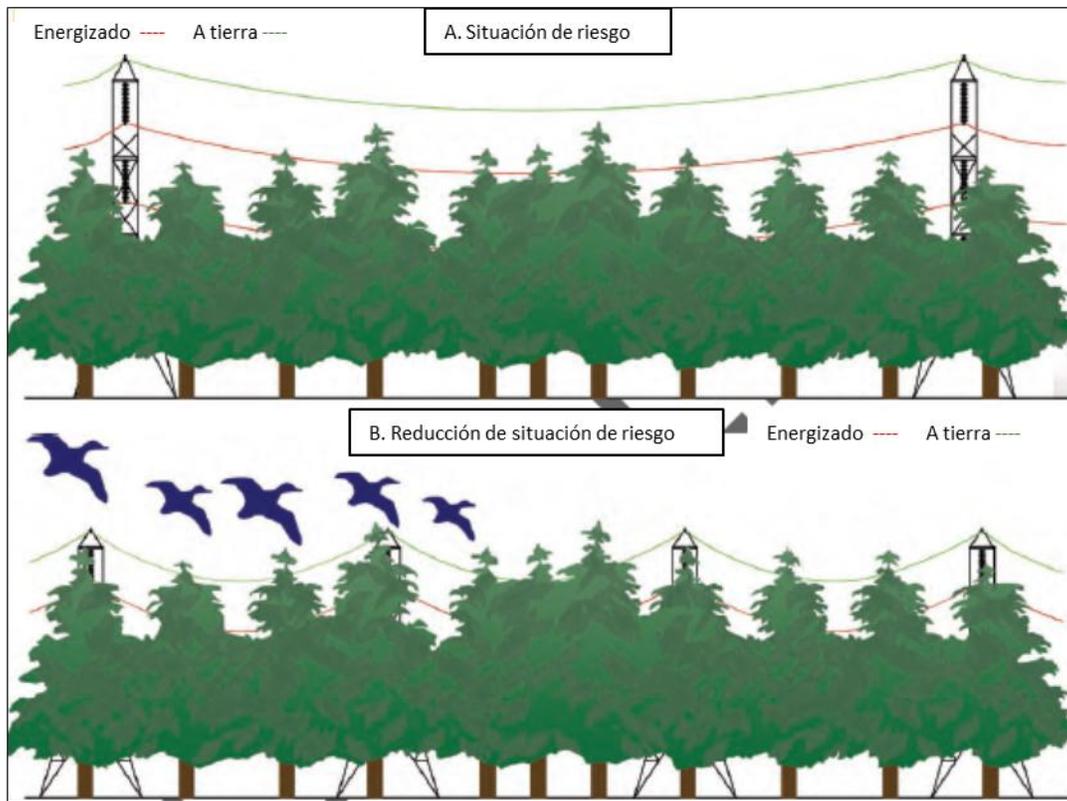


Figura 5: Mitad superior: Se muestra una situación riesgosa en la cual los cables están por sobre la altura de los árboles. Mitad inferior: Se grafica como el riesgo es reducido al hacer que la altura de los arboles supere la de los cables, obligando a las aves a pasar por sobre estos (229)

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Ninguna de las fuentes nacionales hace mención a esta medida de mitigación para evitar las colisiones de aves con el tendido aéreo.

La NSEG 5. E.n 71. establece que los árboles que se encuentren cercanos a las líneas deben ser podados, y que el caso de líneas rurales de tipo B (<25kV), estos deberán ubicarse a una distancia de 5m de las líneas, salvo que la altura de los arboles exija una distancia mayor. En el apartado C. de este Reglamento, referido a soportes, solamente especifica el tamaño de los soportes de hormigón armado, los cuales deberán tener una longitud máxima de 16m (223).

En territorio nacional, el tipo de árbol a plantar dependerá de las características del terreno y geografía. Asimismo la forma del árbol podría facilitar su uso y mantención, como por ejemplo aquellos son de forma columnar, que crecen de manera más ordenada y hacia arriba. Las especies nativas de crecimiento rápido y que alcancen buena altura son de forma globosa, no obstante se podrían podarse de forma columnar (216).

ANÁLISIS COMPARATIVO

Esta medida propuesta a nivel internacional posee diversas ventajas, ya que no sólo ayudaría a las aves evitar colisiones con el tendido eléctrico, sino que también es un aporte en términos paisajísticos, en reforestación de fauna nativa y aportando perchas de tipo natural para las aves, que a su vez podrían desalentarlas de anidar en el tendido eléctrico.

Sus limitaciones técnicas son escasas, ya que las mantenciones (podas) podrían hacerse en conjunto con las mantenciones de las líneas, aunque en un inicio sería recomendable el enrejado de los ejemplares para proteger y asegurar su crecimiento. Asimismo, sería necesario aplicar otras medidas de mitigación conjuntas, en casos de áreas consideradas como de alto tránsito para las especies de aves.

A nivel nacional esta medida no ha sido ni siquiera mencionada por las distintas fuentes. Sería aconsejable realizar pruebas en terrenos de fácil supervisión a fin de evaluar su aplicabilidad en Chile. No obstante, parece ser altamente factible, debido a las diversas ventajas que ofrece y su bajo costo de inversión.

c. Bajar la altura de los cables

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Mientras más bajos estén los cables de los tendidos eléctricos, menos probabilidades hay de que las aves colisionen contra ellos. También se postula que mientras menor sea la separación vertical de los cables, representarán un menor obstáculo para las aves que vuelan, prefiriéndose una separación horizontal de los conductores (24, 33). Asimismo se prefiere la construcción de tendidos sin cable de guardia, ya que las aves colisionan con él porque es más fino y va por sobre la parte superior de la estructura del tendido eléctrico (209). Si bien esto es muy eficaz protegiendo a las aves, el problema radica en que dicho cable es necesario para proteger a la infraestructura de los rayos, y por ende, es poco probable que esta solución sea ampliamente utilizada (24).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Si bien el bajar la altura de los cables no fue una medida discutida por ninguna de las fuentes nacionales. Brito (58), señala que la elevación del “cable central” ha resultado ser efectiva evitando la muerte de ejemplares de *Cygnus melancorypha* (Anatidae), con el tendido eléctrico en el Tranque Los Molles. Valenzuela (47), destaca que situar los conductores en el mismo plano, haría que las aves requieran de un menor esfuerzo para pasar por sobre ellos. El proyecto 109, hace mención al uso de cables en disposición vertical (no como medida anticolidión), lo que representa un menor obstáculo para las aves al momento de evitarlos.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Bajar la altura de los cables ayuda a las aves a esquivarlos con mayor facilidad, dado que no estarían dentro de las elevaciones que alcanzan sus vuelos. Sin embargo, no es una medida ampliamente difundida dentro de la literatura que hace relación al tema. En Chile tampoco se ha masificado, ya que no se encontró mencionada en ninguno de las fuentes de origen nacional consultadas. Probablemente, sea poco difundida, porque tiene que ser implementada desde el principio de los proyectos, y no una vez que estos se encuentren en marcha o se haya detectado la ocurrencia de colisiones. Asimismo, las características del terreno podrían suponer una dificultad al momento de implementarla.

De la revisión y análisis bibliográficos se desprende que no es una medida ampliamente divulgada. Los motivos no son claros, pero sería recomendable que los nuevos proyectos de líneas de transmisión consideraran dentro de sus posibilidades poner sus tendidos de una manera más amigable para las aves (a menor altura o detrás de líneas de árboles).

2.1.3. ESPECÍFICAS PARA ELECTROCUCIÓN

a. Seguridad de las estructuras

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Los componentes que generan el riesgo de electrocución deben estar lo suficientemente separados como para que las aves no puedan tocarlos simultáneamente, requiriéndose de estructuras más grandes y más costosas. Cuando estas distancias no pueden ser logradas por medio del diseño, ya sea por antigüedad, espacio u algún otro motivo, corresponde recurrir al aislamiento de las partes energizadas a fin de conseguir las distancias de seguridad.

En Europa se exige una separación entre líneas cargadas (entre conductores) de al menos 1,4m y en el caso de querer proteger a grandes aves, como rapaces o buitres debe incrementarse a >2,7m. El espacio seguro entre una posible percha y una fase cargada (conductores-fase a tierra) debe ser de 0,6m, y en el caso de aves grandes 1,8.m (24, 35). El Decreto Real Decreto 1432/2008 de España (227), señala que entre conductores la distancia mínima debe ser 1,5m, y entre la zona de posada y elementos en tensión es de 0,75m y en el caso de armado tresbolillo; la distancia entre la cruceta inferior y el conductor superior del mismo lado o del correspondiente puente flojo no tiene que ser inferior a 1,5m. En tanto para crucetas o armados tipo bóveda, la distancia entre la cabeza del poste y el conductor central no debe ser menor a 0,88m. Finalmente aquellas estructuras con cadena de aisladores horizontales, tienen que tener una distancia mínima accesible de seguridad de 1m entre la zona de posada y los elementos en tensión.

Existen dispositivos específicos para el aislamiento de estructuras o bien pueden estas hacerse con adaptaciones de materiales de uso diario, como el PVC, el cual es considerado un buen aislante eléctrico. Estos materiales reducen la probabilidad de electrocución, pero no la descartan por

completo. El aislamiento (con polímeros) puede llevarse a cabo en los cables de guardia, los conductores de fase, las crucetas y cables de puente, tanto en las posiciones de la llave y en los terminales, especialmente donde las tomas energizadas descubiertas conectan los transformadores. Al aislar los cables por completo, los aisladores ya no serán necesarios, y los cables pueden ser fijados directamente a los postes. Sin embargo, la fijación de las líneas de alta tensión por debajo de las crucetas (aisladores suspendidos), en lugar de los aisladores en posición vertical, ya ayuda a reducir el problema. También es importante que los aisladores no estén asociados a crucetas con pasadores o pernos de metal o materiales conductores similares, ya que esto puede producir una conexión a tierra a través del pájaro que se pose. La sustitución del acero en los postes de electricidad también sugiere ser una medida de mitigación efectiva, especialmente en los brazos de las crucetas (24).

BirdLife (33) da un listado de recomendaciones de aislamiento, según el tipo de poste:

- Postes de electricidad construidos en hormigón pretensado, hormigón o metal con posición vertical de los aisladores: Se recomienda cubrir los polos con tapas de plástico de 130cm de longitud.
- Postes de tensión:
 - a. Postes de electricidad con aislantes suspendidos: No necesita aislamiento, siempre que la distancia entre una posible percha (cruceta) y las partes energizadas (conductores), sea de al menos 60cm.
 - b. Postes de tensión que poseen el cableado por debajo las crucetas: Deben tener aisladores de por lo menos 60cm.
 - c. Postes de tensión con un conductor por encima de la cruceta: Para ser seguros requieren cadenas de aislante de al menos 60cm. En casos en que los conductores estén por encima o muy cerca de la cruceta, se deberán utilizar tubos. Los postes eléctricos empalmados debe ser tratados de la misma manera (aislamiento de los conductores que están demasiado cerca de un posadero (a unos 60 cm).
- Postes terminales o estación de torres: Frecuentemente los reactores de sobretensión se extienden por sobre la parte superior de los postes terminales y estaciones de torres. Este peligro para las aves puede ser evitado conectando el reactor de sobrevoltaje o tensión, por debajo de la cruceta y aislando todos los cables con tubo. En las estaciones de torres, todos los contactos directamente sobre y entre el interruptor y el transformador, deben ser tratados del mismo modo.

La modificación de estructuras de riesgo, a través de la colocación de crucetas de madera ha resultado ser muy efectiva para reducir el riesgo de electrocuciones, además de ser no conductoras (se sugiere una longitud mínima de 2,5m, aumentando así la distancia entre las fases). En las zonas arboladas se ha probado la instalación de cables semi-aislados.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Todas las fuentes nacionales hacen referencia a esta medida como una solución útil e ineludible, que forma parte integral de la manera en que se llevan a cabo los proyectos de conducción eléctrica en el país. Se hace referencia a ellos, en distintos términos, y es evidente que existe bastante experiencia en el tema. Se alude mucho a la importancia de la distancia entre conductores, la cual se asevera debe ser de al menos 1,5m (47, 111, 151, 160). Las distancias entre conductores indicadas por los proyectos SEIA son de: 1,8m (119, 140), 9m (106), 3,5-8,0m (179). Entre estructura y conductor: 1,75m (140, 179).

A nivel nacional se menciona como factible el aislamiento de cables por medio de cañerías aislantes y tuberías de PVC (56, 109 y 168). Para las crucetas se tiene claro que se debe evitar el uso de aisladores rígidos (47), aludiéndose al uso de aisladores de cadena (106, 109, 100, 124, 125, 173, 179, 151), cuyos largos son: 12m (106), 2,7m (124) 1,75m (179), 1,2m (140); el proyecto 109 indica usar cadena de aisladores en cada una de sus fases, pero no especifica el largo. También se indica el uso de elementos aislantes poliméricos (123), además de destacarse la utilización de crucetas que no conducen energía (47). En relación a esto, se destaca el testimonio de un encuestado el cual indica que en un proyecto se llevó a cabo la implementación de un segundo travesañ sobre los aisladores; fracaso total porque el nuevo era de metal y las águilas prefirieron el de madera con los aisladores. Si el travesañ auxiliar hubiese sido de madera seguramente habría sido exitoso.

Algunos titulares mencionan el uso conjunto de los criterios de separación y aislamiento, pero no especifican el cómo (117), o el uso de postes cuyo diseño prevengan la electrocución (146). El proyecto 109, indica que la posición vertical de los cables, impide la posibilidad de electrocuciones, dado que no hay posibilidad de contacto simultaneo.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Los principios de aislamiento y distancias son vitales para evitar las electrocuciones en las aves. Diversos países han creado programas a nivel nacional a fin de erradicar todas las estructuras que resultan peligrosas para las aves. Es importante considerar que lograr las distancias sin el uso de aislamiento es muy difícil, principalmente debido a al espacio físico y a los costos económicos que esto tendría, por lo cual la mayoría de las organizaciones y gobiernos preocupados por el tema a nivel mundial recomiendan su uso conjunto.

Nacionalmente, se observa que existe conocimiento respecto al tema y que se aplica el uso de las distancias mínimas, sobrepasando generalmente las medidas exigidas en otros países. No obstante, al no existir una estimación real respecto a la cantidad de aves electrocutadas a nivel nacional es difícil hacer una evaluación del éxito de las medidas de seguridad aplicadas en Chile.

De todas maneras se deberá poner énfasis en que los proyectos presentados al SEIA especifiquen las distancias de seguridad y como serán logradas, además de aclarar cada cuanto tiempo se harán mantenciones.

b. Disuasores de posada o guardaperchas

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

La función de estas estructuras es evitar se acerquen o se perchen las aves en postes y cables no adecuados (06), es decir aquellos que no cumplan ni con las distancias ni con el aislamiento de partes energizadas. La Tabla 4 presenta un resumen con tipos de disuasores de posada y sus distintas características, según los datos aportados por el Proyecto de Investigación y Desarrollo electrotécnico (PIE) realizado por un conjunto de organizaciones españolas (03).

En su mayoría estos elementos tienen la función de evitar que el ave tome contacto fase-tierra, a excepción de las varillas blancas verticales, que también podrían evitar el contacto fase-fase. Sin embargo, su eficacia es mala, al igual que casi para todo el resto de los disuasores, los que son calificados con eficiencia “Mala” o “No suficientemente contrastada” acorde a esta tabla (03).

APLIC (35) señala que los tubos de PVC o las tuberías corrugadas de unos 30-45cm de largo, serían útiles evitando que las aves se posen y aniden en las crucetas. Este disuasor se arma con un tubo cortado longitudinalmente con un largo de a lo menos el ancho existente entre ambas crucetas. El tubo se pone atornillado o ligado en las crucetas (utilizar materiales de bandas de acero inoxidable).

Tabla 4. Tipos de disuasores de posada y sus características

Tipo	Colocación	Efecto	Material	Costo	Eficacia	Equipo y tiempo
Barandillas finas	En el extremo de la cruceta, por encima del aislador suspendido	Dificultar contacto fase-tierra	Metal	Bajo	No suficientemente contrastada	Dos personas. 5 minutos por poste
Triangulo de plástico	En el extremo de la cruceta, por encima del aislador suspendido	Dificultar contacto fase-tierra	Plástico	Bajo	No suficientemente contrastada	Dos personas. 5 minutos por poste
Abrazadera en peine sobre cruceta	Cuatro abrazaderas en el extremo de	Dificultar contacto fase-tierra	Plástico	Bajo	No suficientemente contrastada	Dos personas. 5 minutos por poste

Tipo	Colocación	Efecto	Material	Costo	Eficacia	Equipo y tiempo
	la cruceta, por encima del aislados suspendido					
Peinetas de plástico verticales	En el extremo de la cruceta por encima de los puentes interiores	Dificultar contacto fase-tierra	Plástico	Bajo	Mala	Dos personas. 5 minutos por poste
Varillas blancas verticales	8 varillas sobre un seccionador en cabecera	Dificultar el contacto fase-fase o fase-tierra	Plástico	Moderado	Mala	Dos personas. 20 minutos por poste
Posaderos en "T" en lo alto del apoyo	En la parte alta del apoyo	Dificultar contacto fase-tierra	Metal	Moderado	Mala	Dos personas. Tiempo desconocido
Posaderos tipo "T" en la punta de la cruceta	En la punta de la cruceta	Dificultar contacto fase-tierra	Metal	Moderado	Mala	Dos personas. Tiempo desconocido
Posadero rectangular	En el extremo de la cruceta	Dificultar contacto fase-tierra	Metal	Desconocido	Desconocido	Desconocido
Escobilla o peineta	En el extremo de la cruceta	Dificultar contacto fase-tierra	Metal	Desconocido	Mala	Desconocido
Tirantes en combinación con posadero	En postes con posadero, formando un triángulo con el posadero (o el pilar) y la cruceta	Dificultar contacto fase-tierra	Metal u otros	Bajo	Mala	Dos Personas. 10 minutos por poste
Pletina inclinada	En el extremo de la cruceta colocada en ángulo con	Dificultar contacto fase-tierra	Plástico	Bajo	No suficientemente contrastada	Dos personas. 5 minutos por poste

Tipo	Colocación	Efecto	Material	Costo	Eficacia	Equipo y tiempo
	la cruceta					

Fuente: Elaboración propia. Basada en información extraída de 03

Se describe que los disuasores de posada causan más problemas que soluciones, dado que las aves intentan posarse de todas maneras, aunque no exista el espacio suficiente, lo que hace que tengan mayores posibilidades de tomar contacto con las estructuras energizadas. Un ejemplo es el caso de Mongolia donde se implementaron estos dispositivos en el 45% de los postes a lo largo de 140km, donde finalmente se documentó que el 50% de las carcasas de rapaces encontradas en toda la línea, estaban bajo los postes con dispositivos disuasores. Actualmente no hay estudios que prueben la eficacia de estos dispositivos evitando la electrocución de aquellas aves que se posan sobre ellos (35).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

De acuerdo a la revisión de información nacional, se desprende que el disuasor de posada mayormente utilizado es el de tipo peineta (106, 109, 110, 111, 126, 132, 134, 137, 140, 142, 145, 147, 149, 151, 153, 160, 161, 170, 178, 179), siendo también recurrentemente mencionado en las encuestas y en las entrevistas.

Generalmente se describen peinetas con una longitud de 1m, para las estructuras tipo suspensión y tipo anclaje o vértice (129). También se indica la Instalación de estructuras (perchas en T elevadas) (168). En tanto que otros no especifican qué tipo de disuasor se utilizará (110, 115, 165, 168). Uno de los entrevistados mencionó que “las peinetas para evitar el perchaje no son útiles por que en los cables del tendido eléctrico de alta tensión, los cables están suficientemente separados, por lo cual no serían necesarias”.

Aparentemente la utilización de estos dispositivos tiene más que nada la función de evitar que se ensucien los aisladores con las deyecciones de las aves, evitando que se produzca una ruta falla que genere cortocircuitos, como es mencionado por el proyecto 110. De todas maneras estos dispositivos son considerados como de baja o nula eficiencia para evitar que las aves se posen, aumentando el riesgo de electrocución.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Los guardaperchas carecen de reputación a nivel internacional. La literatura de divulgación científica resta valor a esta medida, indicando que no funcionan, ya que las aves se posan de todas maneras en las estructuras que tienen estos disuasores, y que además aumentan el peligro debido a la reducción de espacio que aumenta el riesgo de que las aves tomen contacto simultaneo con las estructuras energizadas. Nacionalmente, se utiliza muchísimo por los proyectos de líneas de transporte eléctrico, siendo indicada por muchos de ellos como medida de mitigación para las electrocuciones. De igual manera, encuestados y entrevistados, aludieron a ella como solución. No

obstante su utilidad parece estar orientada a evitar que se ensucien las estructuras con deyecciones.

Dado que a pesar de la presencia de estos aparatos las aves siguen posándose en las estructuras, se aconseja que todas aquellas partes energizadas que pudieran significar algún peligro para las aves sean aisladas.

c. Plataformas de anidación

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

La implementación de plataformas seguras para la anidación ha resultado ser una medida útil evitando las electrocuciones en aves (24). Esta solución consiste en alentar la anidación en los lugares deseados, a través del posicionamiento de plataformas en lugares seguros, ayudando además a la mantención de las líneas (Figura 6) (35).

Las plataformas pueden construirse con maderas descartadas de la construcción de los postes y deben ser lo suficientemente anchas como para cubrir las estructuras energizadas, ubicándolas en la parte superior o en medio del poste, lo más alejado posible de las partes riesgosas. Otra opción son los tubos de PVC, colocados horizontal o verticalmente, con uno hoyo para respiración y drenaje (35).

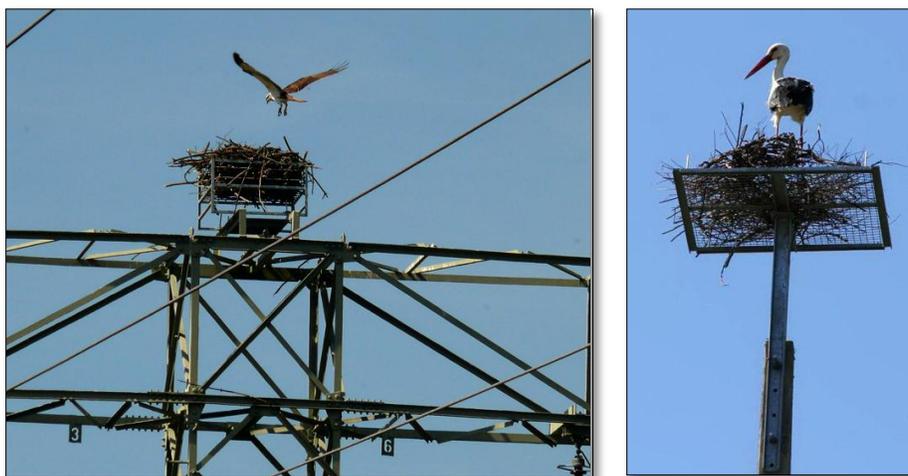


Figura 6. Izquierda: Águila pescadora anidando en plataforma de anidación artificial en línea de transmisión de medio voltaje en Alemania. Derecha: Cigüeña anidando en dispositivo de anidación en Argelia (24).

Las recomendaciones para instalar plataformas de anidación según APLIC (35) son:

- Situarlas de manera tal, que ni los conductores ni el material energizado, puedan ensuciarse con material de nido o deyecciones.
- Las plataformas deben situarse perpendicularmente al viento predominante.
- No usar disuasores de nidos cerca de los lugares donde estos ya existen, pues de fallar dicho nido, las aves tenderán a moverse al lugar más cercano.
- Ubicarlas en un ambiente adecuado y con disponibilidad de presas.
- Evitar ponerlas en lugares donde otras especies podrían verse afectadas por la depredación de rapaces.
- No siempre es necesario construir estas plataformas, estructuras tales como enrejados metálicos de ciertas torres y crucetas dobles con marco en H, funcionan adecuadamente como nidos.
- Pueden situarse en postes dados de baja, para dirigir las actividades de anidación a lugares lejos de las estructuras energizadas.
- Para águilas se recomiendan plataformas de 1,2m cuadrados con 1,5m de diámetro.
- Considerar el peso de la plataforma en condiciones de lluvia o nieve.
- Sopesar que se requerirá de ciertos permisos para la instalación de estas estructuras.
- Distancias de entre 20-100m, son necesarias para la redirección de actividades de anidación en águilas. Considerar para otras aves también.
- Se pueden usar artefactos para evitar que los depredadores suban por poste hasta el nido. Lo más común es el uso de un dispositivo hecho de una hoja de metal de 1,5m, envolviendo el poste a unos 1,5m del suelo.
- Se deben hacer actividades de mantención, siempre antes de la época de reproducción.
- Siempre eliminar los nidos abandonados y recortar aquellos que puedan hacer cortocircuitos.
- Se debe incluir el manejo de la especie *Myopsitta monachus* (Psittacidae), que construye grandes nidos en estas estructuras, así como el control de sus poblaciones. Se recomienda como estrategia exitosa, la remoción simultánea de ambos (en la noche las aves y al día siguiente, el nido).

Esta medida ha ayudado a aumentar las poblaciones de algunas poblaciones de aves que habían mermado, además se describe que en algunas poblaciones de aves, aquellas que han anidado estructuras de tendido eléctrico han resultado ser más exitosas que las que lo hicieron en naturales (224).

ANÁLISIS NACIONAL

Dentro de las fuentes nacionales consultadas, la única que hace mención a algo similar es el proyecto 172, el cual dice que se favorecerá la nidificación y los posaderos, a través del establecimiento de árboles sustitutos o perchas, enterrando ramas. Si bien la idea general de favorecer dichas actividades en estructuras propicias es una buena idea, el medio por el cual se

realizaría, “enterramiento de ramas”, no lo es, ya que se debe tomar en cuenta que una rama no tiene la misma elasticidad ni fortaleza que posee un árbol vivo, lo que la hace poco resistente al paso del tiempo. Asimismo la altura y ubicación de las mismas serían un factor determinante para el éxito de la medida.

En Chile no existe documentación respecto a la anidación de aves en estructuras de tendido eléctrico, por lo que las tasas de anidación y cuáles serían las especies que anidan son totalmente desconocidas. Tampoco se tiene claro si es un problema y menos su magnitud.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Las plataformas son una manera de evitar que las aves se acerquen a anidar a estructuras que son peligrosas. Su implementación es económica y solamente requiere de mantención en la época previa a la anidación. Internacionalmente, muchas especies se han beneficiado de esta medida, ya que ha ayudado a aumentar sus niveles poblacionales que estaban mermados, por la falta de lugares favorables para la anidación.

Debido a que en Chile no existe información acerca de las tasas de anidación de las aves en las estructuras de tendidos eléctricos, esta medida no ha sido difundida, a pesar de que ha demostrado ser útil. Como ya ha sido discutido, además ayuda a evitar problemas de suministro eléctrico, por los posibles cortes de energía que podrían producirse al electrocutarse un ave. Asimismo, las deyecciones de las aves corroen las estructuras, exigiendo mantenciones más frecuentes. Sería positivo realizar pruebas en territorio nacional, a fin de dilucidar las posibilidades reales de aplicación en distintas áreas geográficas. Probablemente su implementación sería positiva en lugares como estepa, matorral y desierto, debido a la falta de lugares naturales para hacerlo.

d. Ahuyentadores

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

El objetivo de esta medida es evitar que las aves se acerquen o se perchen en los postes. Existen los de tipo visual y los auditivos. Dentro del primer tipo se encuentran los señuelos, generalmente con forma de rapaces (06, 29), espantapájaros u otros, los cuales son considerados como poco efectivos dado que en general producen acostumbamiento en las aves, además de implicar mayor costo que el uso de aisladores o el diseño de las líneas, que son soluciones permanentes (24). La segunda categoría, son los también llamados sistema de ultrasonido, no encontrados en la literatura como medida para evitar impactos en líneas de transporte de energía.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Esta medida no se encuentra mencionada dentro de ninguna de las fuentes nacionales.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Los ahuyentadores han demostrado ser poco útiles con el paso del tiempo. Si bien pueden cumplir su objetivo inicialmente, terminarán por hacer que las aves se habitúen al estímulo, asimilando que no existen consecuencias negativas a pesar de que se acerquen a estos. Los señuelos de depredadores, rapaces, espantapájaros u otros, son utilizados muchas veces en lugares reducidos, como residencias o pequeños negocios y no existe evidencia de que hayan tenido éxito disuadiendo aves en otras circunstancias.

Nacionalmente estos elementos no son utilizados por los proyectos de generación eléctrica como medida de mitigación y tampoco se recomienda que así sea, ya que carecen de eficacia.

2.2. MURCIÉLAGOS

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Como se señaló anteriormente en el apartado de Impactos de este documento, las únicas especies que presentan impactos generados por tendidos eléctricos son los miembros del sub-orden Megachiroptera, los cuales utilizan los cables como percha y dado su gran tamaño, son propensos a electrocutarse. Este sub-orden se encuentra únicamente en Asia, África y Oceanía. Para el sub-orden Microchiroptera (presente en Chile) no existen antecedentes científicos que abalen la existencia de impactos generados por tendidos eléctricos, dado que es imposible que los animales de este sub-orden colisionen con elementos fijos, ya que han desarrollado la capacidad de ecolocación lo cual permite la detección de estructuras fijas con gran precisión. Tampoco existen casos descritos de electrocución dado que no utilizan el tendido como percha (234).

En cuanto a otros efectos como el electromagnetismo, no se han encontrado referencias con resultados determinantes, aunque se espera que este perturbe de alguna u otra manera la fauna en general.

Por consiguiente, no se considera la aplicación de medidas de mitigación para este caso.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Considerando lo descrito, resulta llamativo observar que los Servicios evaluadores soliciten en algunas ocasiones, estudios y aplicación de planes de contingencia para este grupo en proyectos de líneas eléctricas. Esto bien puede deberse a un interés de relevar el estudio de este grupo taxonómico, aun sin comprender las potenciales interacciones que este podría tener con los proyectos de conducción eléctrica; o bien, a una confusión generalizada y replicada de los proyectos de generación eólica.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Es importante tomar en cuenta la inexistencia de impactos comprobados de estas estructuras sobre los murciélagos, para evitar la sobrecarga de requerimientos de información de escasa

utilidad en las evaluaciones ambientales en nuestro país, en desmedro de otros estudios que podrían revestir mayor importancia al momento de definir medidas de mitigación o compensación.

3. SEGUIMIENTO

3.1. AVES

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

En la escena internacional, las actividades ejecutadas para el seguimiento de variables relacionadas con aves y su interacción con líneas de transmisión son seleccionadas en función de los objetivos propuestos. Por ejemplo, algunos estudios realizan tanto observación de vuelos diurnos y nocturnos como búsqueda de carcasas (30); otros, comparan la abundancia relativa de aves cerca de la línea con los registros de colisión y electrocución obtenidos mediante la búsqueda de carcasas para estimar riesgo especie-específico (06).

Colectar datos durante el mismo período de tiempo, en lugares con vegetación y topografía equivalente y en situaciones control-tratamiento (tramos con y sin medidas de mitigación, como desviadores de vuelo), permitirá que estos sean comparados y sea posible llegar a conclusiones relevantes (29). En lo referido a estudios previos, se recomienda la realización de estudios un año antes del inicio de la construcción del proyecto, orientados a detectar las rutas de vuelo de las aves residentes y migratorias (33).

En cuanto al seguimiento durante el funcionamiento de tendidos eléctricos, la búsqueda de carcasas es la técnica más comúnmente utilizada para estimar la magnitud de los impactos ocasionados sobre aves, a través del recuento de aves accidentadas atribuibles a colisión y/o electrocución. En relación a ello, cabe mencionar que de acuerdo a Bevanger (11) “la mortalidad de aves ocasionada por líneas eléctricas es pobremente comprendida y los reportes deben ser considerados como una muestra superficial del problema”.

La cobertura espacial de la búsqueda guarda relación con los impactos cuyo efecto se desea evaluar.

Para colisión, se han utilizado franjas de rastreo de 75m (06) a 100m (30) centrados en el eje del tendido. Algunos documentos que presentan lineamientos en la materia sugieren utilizar franjas de 80-100m (24) y 140m (06). Sugiriendo que las distancias mencionadas son adecuadas, Jans (06) describe que en una evaluación realizada en tres tipos de tendidos –no especificados– ubicados en distintos ambientes, en España, el 75% de las carcasas fueron encontradas en una faja de 20m a cada lado de la línea. Prinsen et al (24) señalan que “la mayoría” de las víctimas de colisión se encuentran en un radio de 50m en relación al tendido”.

Para electrocución, Janss (06) recomienda realizar la búsqueda en un radio de 10m bajo los postes y también menciona la posibilidad de realizar transectos vehiculares por caminos adyacentes a tendidos.

Cualquiera sea el caso, es fundamental realizar estudios de error y corrección de los datos en función de ellos. Los errores comúnmente considerados son los de búsqueda (12 30), de remoción de carcasas (12, 30), de hábitat (30) y de eventos no fatales (30). El detalle metodológico de estas correcciones no es propio de un tipo de proyecto sino común a la búsqueda de carcasas. Consecuentemente, en el presente informe dicho detalle se presenta referido a proyectos eólicos (Página 119), siendo todo lo allí descrito extensivo a proyectos de conducción eléctrica.

La frecuencia de búsqueda recomendada por Prinsen et al. (24) es de una a dos veces por semana, para aves de tamaño pequeño a medio, y quincenal para aves grandes y conspicuas. El criterio sugerido es el de establecer una frecuencia tal que permita evitar que la mayoría de las aves sea consumida por carroñeros; mientras más pequeña el ave, más frecuente debe ser la búsqueda.

En lo relativo al esfuerzo de muestreo, un observador debiera ser capaz de detectar un ave de tamaño medio (Ej. Un pato) a una distancia de 10m en un terreno plano con vegetación baja. La intensidad de la búsqueda debe ser ajustada dependiendo del tamaño de las víctimas, tipo de terreno y cobertura vegetal.

Al margen de la búsqueda de carcasas, los métodos que son implementados en el seguimiento de la interacción entre aves y tendidos son más estándar que propios de esta interacción, por lo cual el desarrollo procedimental de cada uno de ellos escapa al alcance de la presente consultoría. Información detallada sobre estos métodos puede ser encontrada en Ralph et al, 1996; Gregory et al, 2004; Gibbons and Gregory, 2007.

A modo referencial, los puntos fijos de observación realizados por De la Zerda & Rosselli (30), en Colombia, se establecieron a 200m del eje de la línea (en sentido transversal a ella), desde donde el observador tuvo adecuada visibilidad sobre un tramo de 500m aproximados de tendido. Desde allí se contabilizó cada individuo cruzando la línea, con excepción de las aves pequeñas, que fueron eliminadas del análisis dado el potencial de subestimación.

² Ralph et al, 1996. "Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres". Disponible en: http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr159/psw_gtr159.pdf

³ Gregory et al, 2004. "Chapter 2. Bird census and survey techniques". En Sutherland et al (Eds), 2004. "Bird Ecology and Conservation. A handbook of techniques".

⁴ Gibbons and Gregory, 2007. "Chapter 9: Birds". En Sutherland (Ed), 2007. "Ecological Census techniques. Second Edition".

Otro método que puede proporcionar conocimiento específico sobre el uso de hábitat y el comportamiento de vuelo de aves es la radiotelemetría. Por ejemplo, un estudio realizado en España estimó el riesgo de colisión de *Hieraaetus fasciatus* (Accipitridae) (31) mediante esta técnica.

Por último, el uso de detectores remotos de colisiones es otro método que permite cuantificar la magnitud de estas, así como evaluar la eficacia de las medidas de mitigación adoptadas, mediante la comparación del número de colisiones en tramos con y sin medidas de mitigación. Estos detectores funcionan por medio de un sensor (24) que detecta las vibraciones que generan las colisiones contra los cables; posteriormente la información es digitalizada, incluyendo fecha, hora y temperatura, lo que permite valorar de manera más realista la cantidad de eventos que ocurren en una zona en particular (Figura 7). El dispositivo es activado cada vez que se registra una vibración mayor a las registradas por viento, cuyo umbral debe ser perfeccionado para evitar la generación de datos falsos. Este método aún se encuentra en desarrollo (210).

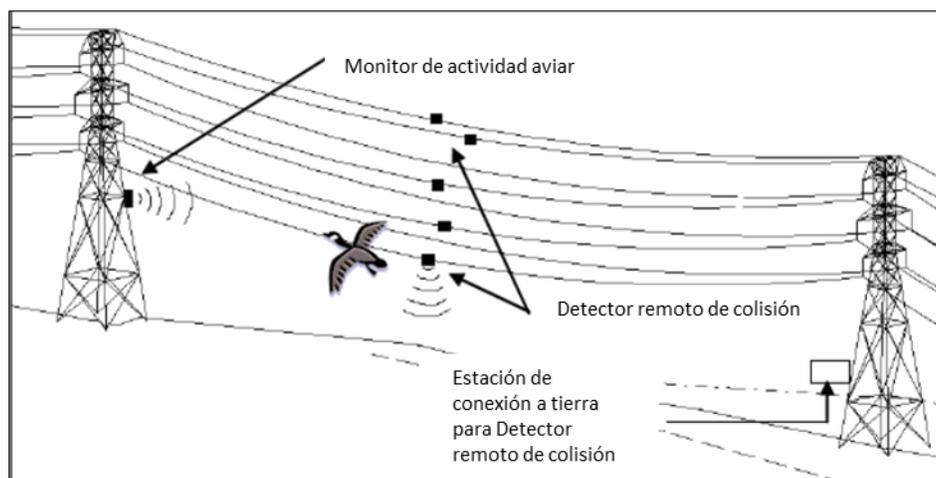


Figura 7. Posibles ubicaciones para la instalación del monitor en el tendido eléctrico (206)

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

En relación al diseño general de las actividades propias del seguimiento, se observa una falencia generalizada en la construcción de los estudios SEIA.

En relación a los estudios previos, aunque prácticamente todos los proyectos revisados contaron con un estudio de línea base que caracteriza el ensamble de aves mediante trabajo de campo, estos se reducen a un levantamiento somero de información. Debido a su brevedad y escaso diseño metodológico, normalmente no alcanzan la profundidad requerida para poder dar pie a una evaluación de impactos acertada. Excepciones a lo señalado precedentemente son los proyectos 107, 110, 122, 123, 126, 134, 140, 145, 149, 159, 165, 170, 189, los cuales cuentan al

menos con estudios cuyas campañas se realizaron en las cuatro estaciones del año y tomaron plazos suficientes, como para obtener información útil para predecir impactos.

Actores relevantes de distintos grupos de interés se refirieron, específicamente, a la duración de las campañas, la extensión de los estudios y, en particular, a la ausencia de metodologías o estudios específicos que permitan establecer los movimientos locales de las aves. Si bien algunos proyectos realizan estudios relativos a los patrones de movimiento de las aves en el área de estudio (111, 142, 159, 188), esta no es una práctica extendida. No obstante lo anterior, es un requerimiento habitual de la autoridad competente, por cuanto es esperable que el levantamiento de información de esta naturaleza sea cada vez más frecuente.

Los estudios post-construcción que se realizan durante la fase de operación de los proyectos cuyos objetivos primordiales debieran ser evaluar los resultados de las medidas de mitigación aplicadas y caracterizar el impacto una vez ocurrido, generalmente no consideran plazos, frecuencias y metodologías adecuadas como para evaluar estas medidas, así como tampoco se sustentan en una información previa consistente, de manera que a lo más, pueden determinar someramente la magnitud de los impactos, sin que ello conduzca a la aplicación de reales medidas de mitigación, salvo, en la mayoría de los casos, la implementación de soluciones técnicas, cuya efectividad no es evaluada.

En lo metodológico, propiamente tal, el seguimiento se realiza casi exclusivamente a través de la búsqueda de carcasas. Este dato está sujeto a numerosos sesgos (de detección y de remoción por carroñeros, principalmente), sin embargo, los planes de seguimiento suelen no considerarlos. Ningún proyecto menciona, por ejemplo, el uso de detectores remotos de colisión para el seguimiento de este impacto.

Para un total de 65 proyectos no se desarrollaron estudios tras la construcción de la línea, por cuanto en ellos no será posible evaluar el resultado de las medidas de mitigación aplicadas -que en la mayoría de los casos correspondieron a soluciones técnicas en el diseño de las torres o postes y al uso de disuasores de vuelo- ni cuantificar la magnitud de posibles impactos. De los 28 proyectos restantes, sólo 11 desarrollaron planes de seguimiento adecuados, considerando metodología, frecuencia y plazo. La menor frecuencia mencionada fue la de tipo quincenal, en tanto que muchos pusieron énfasis en centrar estos estudios en la época reproductiva de algunas especies (en particular un RCA hace referencia a *Sterna lorata* (Sternidae) y *Leucophaeus modestus* (Laridae)), en tanto que la mayoría mencionó pretender hacerlo de manera semestral o bianual. La duración de los planes de seguimiento para colisiones va desde un año a un máximo de tres, con un promedio de dos.

Finalmente, en relación a los costos de algunos planes de seguimiento implementados en Chile y al margen de a las limitaciones que determina el bajo número de experiencias proporcionadas por titulares de proyectos, estos representaron un porcentaje menor del valor total de los proyectos.

ANÁLISIS COMPARATIVO

El análisis contrastado del seguimiento de la interacción entre aves y tendidos eléctricos, en Chile y el extranjero, arroja aspectos coincidentes y otros que difieren entre sí.

En lo relativo a estudios previos a la construcción de proyectos resulta evidente que en la escena nacional, el grueso de los estudios alcanza un nivel básico de información que difícilmente permite realizar una adecuada evaluación de impactos.

Una porción menor de proyectos presenta estudios específicos para la materia (Ej. Estudio de tránsito aéreo o frecuencia de vuelo), equivalentes a los recomendados en el plano internacional; sin embargo, la frecuencia y extensión de estos es usualmente menor a la recomendada. El requerimiento habitual de estudios de esta naturaleza por parte de la autoridad y la disminución en el tiempo de tramitación que conllevaría la realización temprana de ellos, permite suponer un número cada vez mayor de proyectos incluyéndolos dentro de la caracterización inicial.

Aun asumiendo aquello, se identifica la necesidad de robustecer el diseño de los estudios, de manera que estos cumplan, al menos, con los objetivos de contrastar los impactos previstos con los impactos “reales” y evaluar la eficacia de las medidas de mitigación adoptadas.

Para los estudios de seguimiento post-construcción, existe cierto grado de coincidencia entre los métodos propuestos por la literatura y lo realizado en el país, siendo relativamente común el uso de la búsqueda de carcadas. No obstante lo anterior, las fuentes de error descritas en extenso y elemento sustancial de los estudios en el plano internacional, son omitidas casi por completo en los estudios nacionales. Otra diferencia importante en la aplicación de esta técnica guarda relación con el enfoque dado a ella: mientras la literatura la recomienda como una manera de comprender el impacto del tendido, algunos estudios nacionales la conciben como un mecanismo para “rescatar” individuos accidentados. Esto último, dada la frecuencia, capacidad de detección y relación costo/beneficio de dicho enfoque, es evidentemente un error conceptual.

Otros métodos, como los detectores remotos de colisión requieren aún en la escena internacional, de perfeccionamiento; por cuanto su uso en Chile parece no ser una opción recomendable en el corto plazo.

3.2. MURCIÉLAGOS

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Aunque no se encontraron estudios donde se examine la posibilidad de impacto de murciélagos con líneas de alta tensión, las medidas de seguimiento, sobre todo para monitoreo pre construcción podrían ser comparables a aquellas utilizadas en parques eólicos.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Para el seguimiento de murciélagos a nivel nacional se han utilizado redes de neblina, las cuales de preferencia deben acoplarse al uso de detectores de ultrasonidos (45).

En algunos proyectos de conducción eléctrica se pide estimar la presencia de murciélagos mediante el uso de algún método, sobre todo durante los últimos años (2012 – 2013). Esta petición de la autoridad medioambiental no tiene una base clara, puesto que los murciélagos no corren un riesgo de electrocución o colisión con cables del tendido eléctrico, como sí ocurre con las aves. Posiblemente el objetivo de la autoridad es proteger sitios adyacentes que pudieran ser de importancia para este grupo de mamíferos, como sitios de alimentación o dormitorio.

En el caso de la Línea de alta tensión S/E Chacaya – S/E Crucero (110) se pide clarificar la presencia de murciélagos en los cauces de los ríos Los y San Salvador, por donde cruza el tendido eléctrico, pensando en que estas especies utilizan los cauces de río como guías en sus rutas. El titular responde que se realizaron muestreos en la zona, en el crepúsculo y durante la noche, determinando la existencia de murciélagos en la zona. Sin embargo no se explicitan los métodos utilizados para determinar su presencia, ni se indican especies detectadas.

Otro aspecto interesante es la duración del monitoreo. En este sentido, se observa que algunos titulares llevan a cabo estudio bastante cortos y sin repeticiones de sitios. Tal es el caso de la Línea de alta tensión S/E Chacaya – S/E Crucero (110) en la cual se realiza un muestreo acústico de 2 días, durante 25 minutos por día.

En cuanto a la metodología, varios titulares han optado por métodos acústicos poco invasivos, pero la gran mayoría utiliza redes de neblina. Lo ideal es utilizar ambos métodos, puesto que los individuos capturados nos entregarán una base de referencia acústica acorde al sitio, la cual puede luego ser comparada con los resultados obtenidos utilizando métodos acústicos.

En el proyecto Línea de alta tensión S/E Chacaya – S/E Crucero (110) se utilizó con éxito el equipo detector de ultrasonidos Pettersson D500X y los datos obtenidos fueron analizados con el *software Bat Sound 4*, sin embargo no se utilizaron redes de neblina. Otros proyectos en los cuales se utilizaron equipo detectores de ultrasonidos, fueron: Línea de Transmisión Eléctrica 220 kV Encuentro – MH (151), donde el equipo (no descrito) se utilizó durante dos horas por un solo día; Línea de transmisión eléctrica Cerro Pabellón (111) para el cual tampoco se describe el equipo utilizado; Modificación al Trazado Línea Ancoa – Alto Jahuel 2x500kV: Primer Circuito (122) quienes especifican haber utilizado el equipo *Batscan*.

El método de redes niebla ha sido utilizado en el proyecto Modificación Línea de Transmisión 2x220 kV Maitencillo – Caserones, Variante Maitencillo Norte (142), donde se utilizó una red niebla de 6x2m y entramado de 25x25mm, en sectores húmedos, en la entrada de cuevas y lugares con vegetación abierta donde los murciélagos cazan insectos. La red se dispuso desde el crepúsculo durante dos horas, lo cual puede ser poco tiempo, considerando que algunos estudios

especifican que la mayor actividad de murciélagos ocurre durante las primeras cuatro horas luego de la puesta de sol.

Otros titulares, como el del proyecto Línea Ancoa – Alto Jahuel 2x500 kV: Primer Circuito (143) utilizaron metodologías poco adecuadas, como son la búsqueda de “evidencias” y puntos de escucha (no se precisa la detección de ultrasonidos) sabiendo que los murciélagos emiten ultrasonidos indetectables al oído humano. Como consecuencia de esto no se detectó la presencia de murciélagos en ningún punto dentro del proyecto.

Otro ejemplo corresponde a la metodología empleada por los proyectos LTE de 1X110KV Mejillones (144) y LTE 2X220kV Encuentro – Sierra Gorda (127), en los cuales, para estudiar murciélagos se realizó la metodología de *playback* utilizando parlantes comunes (Lifetrans FG-8008STBK y Behringer Europort EPA 40), los cuales no emiten ultrasonidos, y al mismo tiempo, en caso de producir ultrasonidos, no se podrían oír las respuestas (si las hubiese) ultrasónicas de los murciélagos. Además, se seleccionó algunas oquedades donde se pesquisó el substrato en búsqueda de signos de la presencia de murciélagos, como fecas, rastros, y el olor característico de las colonias de estos individuos.

En el proyecto “Línea alta tensión 2x220 kV San Fabián – Ancoa y obras asociadas” (180) se realizaron búsquedas diurnas de sitios refugio, reportándose una colonia de quirópteros al interior de una gruta rocosa, con gran acumulación de fecas, sin embargo no se implementaron medidas de seguimiento de este sitio ni de la colonia.

ANÁLISIS COMPARATIVO

La falta de evidencia científica y la comprensión de biología de los quirópteros, permite inferir que las líneas de tendido eléctrico no producen un impacto en poblaciones ni individuos de murciélagos, sin embargo la autoridad nacional pide la realización de un seguimiento sobre este punto.

De acuerdo a la realidad de los impactos que pueden provocar estas estructuras sobre los quirópteros, los estudios de seguimiento deberían enfocarse en los sitios de instalación de las estructuras, más que en los cables propiamente tal. No obstante, dicho impacto es inespecífico e inherente a cualquier estructura de origen antrópico, como ya fue detallado en el apartado de “Impactos”.

PROYECTOS DE GENERACIÓN EÓLICA

1. CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS

1.1. AVES

Los impactos ocasionados por proyectos de generación eólica son tanto directos como indirectos (05, 10, 16, 43). Los impactos directos se refieren a las mortalidades producidas por la acción de los aerogeneradores (05, 16, 42, 43, 44). Los impactos indirectos, en tanto, son aquellos que se producen al interrumpir el normal comportamiento de forrajeo, actividades de reproducción, patrones migratorios debido a la modificación paisajística de los parques eólicos (05, 10, 16), el desplazamiento de especies sensibles, el aumento de presión antrópica y la alteración y/o destrucción del hábitat (16, 44).

La perturbación, que lleva a un desplazamiento de las poblaciones, incluyendo barreras al movimiento, puede llevar a un desplazamiento y exclusión de aves de sus hábitats, encontrándose efectos negativos hasta una distancia de 600m de las centrales eólicas (44).

No obstante lo anterior, y debido a que los impactos indirectos son comunes a proyectos de diversa naturaleza (44), el presente análisis se enfoca en los impactos ocasionados directamente por proyectos de generación eólica.

1.1.1. COLISIÓN CON ASPAS

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

En la escena internacional, el efecto de los parques eólicos sobre las aves es uno de los motivos principales de preocupación, puesto que son evidentes y cuantificables (16).

a. Factores propios de las estructuras

El tamaño de las estructuras parece tener un claro efecto sobre la probabilidad de ocasionar colisiones, siendo mayor cuanto más altas sean las estructuras (15, 16). Por ello, varios autores alertan que si se aumenta más la altura de los aerogeneradores podría aumentarse la tasa de mortalidad al interceptar la altura de vuelo de las aves que realizan migraciones nocturnas (16).

En cuanto al tipo de estructuras, se señala que los aerogeneradores tubulares ocasionarían una menor mortalidad que los de celosía (16, 43). Sin embargo, otros autores indican que es en error común el considerar que el tipo de turbina o de torre sea un factor clave para las colisiones de aves. Estudios en Altamont sugieren que el tipo de turbina no parece afectar al vuelo, ni al modo de posarse, ni a la tasa de colisión de las rapaces (34).

En cuanto a la iluminación, existe consenso en que turbinas más iluminadas atraerían más a las aves, generando un mayor número de colisiones (15, 16). Esta atracción sería mayor cuanto más

continúa sea la emisión de luz (16) y supondría una amenaza, en mayor medida, para las aves migrantes nocturnas (16).

Existe evidencia de que algunas estructuras específicas suelen ocasionar gran parte o la totalidad de la mortalidad ocasionada por un parque eólico completo. Datos presentados por Morrison et al (34) muestran que sólo el 24% de las turbinas estudiadas son responsables del 100% de la mortalidad. Para uno de esos estudios, quince de las hileras de turbinas analizadas estaban localizadas en áreas de alta complejidad orográfica y eran responsables del 60% de los accidentes de rapaces, del 80% de las muertes de *Buteo jamaicensis* (Accipitridae) y del 100% de las muertes de *Aquila crysaetos* (Accipitridae) (34).

También se plantea que las turbinas dispuestas en línea, causan más colisiones que las que están en grupos (42).

b. Factores propios de las aves

La mortalidad de aves por colisión con aerogeneradores es especie-específica (16). Las especies de aves que aparecen con más frecuencia en los registros de colisión analizados son principalmente gaviotas (Laridae) y rapaces tales como *Gyps fulvus* (Accipitridae), *Aquila crysaetos* (Accipitridae), *Milvus milvus* (Accipitridae), *Buteo jamaicensis* (Accipitridae), los cernícalos (Falconidae), algunas palomas (Columbidae) y patos (Anatidae) (25, 34, 44).

Respecto de las paseriformes, que comprenden más de la mitad de las especies registradas pero en muy bajos números, se sugiere que existe muy poco conocimiento, debido a una combinación de causas como menos estudios, menores tasas de detección y rápida remoción de cadáveres por carroñeros (25, 43). En efecto, una revisión de la materia señala que los paseriformes abarcan una gran proporción de las fatalidades ocurridas (casi el 80% de las mortalidades reportadas) en nuevas plantas eólicas, viéndose afectadas tanto aves residentes como migratorias (36).

Las rapaces más susceptibles son de los géneros *Buteo*, *Athene*, *Falco* y *Aquila* (42). También se describen impactos por colisión sobre aves de las siguientes especies: *Gyps fulvus* y *Aquila adalberti* en España; *Aquila chrysaetos*, *Gymnogyps californicus*, *Grus americanus* y *Pelecanus erythrorhynchos* en Estados Unidos (04, 12).

Aunque por lo general los estudios se centran en los efectos de los aerogeneradores en las grandes rapaces, se ha demostrado que un 78% de las aves muertas en Estados Unidos fueron paseriformes protegidos. Sobre este total, la mitad corresponde a paseriformes migrantes nocturnos (05, 16). En efecto, en un estudio realizado en Minesotta, Estados Unidos, las familias con mayor incidencia de colisiones fueron Paluridae (34,5%), Passeridae (10,9%) e Hirundinidae (9,1%) (15).

En una evaluación sobre Gaviotines realizada en Bélgica, la media de gaviotines muertos fue de 6,7 y 11,2 individuos muertos/turbina/año para dos años en todo el parque eólico. Al incluir otras

especies (principalmente gaviotas), la media del número de víctimas mortales de colisión en 2004 y 2005 fue de 20,9 y 34,3 ind/turbina/año respectivamente. Aplicando factores de corrección para el área de búsqueda disponible, para la eficiencia de búsqueda y para la remoción por carroñeros, se calculó que durante las temporadas reproductivas de 2004 y 2005, alrededor de 161 gaviotines fueron impactados (26).

c. Factores ambientales

La localización de los aerogeneradores tiene un gran efecto en la probabilidad de colisión (16, 43), de manera que la energía eólica y las aves pueden convivir sin problemas si la elección del sitio de desarrollo del proyecto eólico es apropiada (12).

Los parques situados en, o cerca, de áreas utilizadas regularmente por un gran número de aves para su alimentación, reproducción, descanso o migración, son más peligrosos (12, 16). Los parques situados en crestas, valles, en pendientes muy pronunciadas, cerca de cañones y en penínsulas y estrechos pueden producir una mayor mortalidad entre las aves (16). También se señala que características como la pendiente, la altura y otros factores relacionados contribuyen a la mortalidad de las aves (34).

En Canadá, las mayores tasas de colisión para aves se han reportado en parques eólicos instalados en áreas de montaña, donde se aprovechan los vientos de portezuelos, pero además se han registrado fatalidades en áreas agrícolas, sitios de bosque y matorral (05). En cambio, en base a datos provenientes de Europa y Norteamérica, se señala que zonas de costa han presentado un mayor número de aves impactadas por las centrales eólicas, lo cual podría ser un claro reflejo de la mayor densidad de aves en estas áreas (12).

El riesgo de colisión se incrementa en períodos y sitios de migración. Aunque las migraciones ocurren predominantemente en primavera y otoño, no se encuentran limitadas a estas estaciones, puesto que las fechas de migración están relacionadas con la latitud. Además, se debe tener presente que estas varían en época del año según la localidad donde estas ocurran. Las migraciones pueden durar varias semanas, e individuos de diferente sexo y grupo etario pueden migrar en diferente época del año (13).

Las aves terrestres migran generalmente de noche, despegando media o una hora luego de la puesta de sol, volando durante varias horas. En cambio los córvidos, estorninos, halcones, águilas y buitres migran generalmente durante el día aprovechando las ráfagas termales ascendentes de la mañana (13). Por otro lado, las aves acuáticas y de la costa pueden migrar durante el día y la noche. Estos patrones horarios de migración pueden variar ampliamente cuando las aves deben cruzar amplios cuerpos de agua o zonas desérticas sin zonas adecuadas para el descanso, ya sea para realizar paradas de descanso antes o después de dicho cuerpo de agua (13).

La altitud de migración es sumamente variable. La mayoría de las especies vuela bastante más alto que las turbinas al momento de migrar. Estas especies se verían en riesgo únicamente al momento

de despegar y aterrizar en áreas restringidas donde pueden alimentarse y descansar durante la ruta migratoria (13). Las aves migratorias tenderán a volar a menor altitud cuando el viento está en contra, debido a la fricción del suelo que hará disminuir la velocidad del viento. La altitud de vuelo también será baja al momento de cruzar un portezuelo (13).

En caso de baja visibilidad (neblina o lluvia), el número de individuos migrando será menor, sin embargo algunas aves migran bajo estas condiciones. Esto ocurre generalmente cuando ya han comenzado a volar y se ven dentro de una situación de mal tiempo durante el trayecto. Al tener poca visibilidad, deben continuar volando dado que no pueden reparar en sitios favorables para descender, además volarán a baja altura, aumentando el riesgo de colisión con turbinas y líneas eléctricas (13).

De manera general, las aves utilizan ríos, líneas de costa o cordilleras para guiarse, sobre todo durante el día. Las concentraciones de aves en estos objetos lineales, será mayor cuando la dirección del viento cruza el objeto (13).

La altura de vuelo es severamente afectada por las condiciones climáticas (13, 15). En efecto, se ha descrito que las colisiones son más frecuentes en días de mal tiempo: neblina (04, 15, 16), tormenta (15) y altas velocidades de viento ($>1,5$ m/s) (15, 16).

d. Magnitud del impacto

La mortalidad causada por colisión con centrales eólicas es relativamente baja, en comparación con otras estructuras de origen antrópico (04, 14, 15, 27, 44). Sin embargo, un gran número de las aves que están siendo impactadas se encuentran con problemas de conservación (04) y/o poseen bajas tasas reproductivas (10); y en ciertas áreas los parques eólicos parecen estar actuando como sumideros poblacionales (27).

Se ha demostrado que pequeños cambios en la tasa de supervivencia pueden tener un impacto negativo sustancial sobre la población de algunas especies (34, 43, 44); por ejemplo sobre especies longevas, de lenta maduración y bajas tasas reproductivas (43, 44).

La mayoría de los estudios que registran colisiones de aves con aerogeneradores, reportan tasas de 0 a 60 muertes por colisiones al año o un equivalente a 0 a 20 aves muertas por MW al año. La tasa de mortalidad por aerogenerador y año varía entre 0 a 9,33 individuos en Estados Unidos; y entre 1,2 y 64,26 en España (16). El efecto negativo que puede tener una central eólica, se verá magnificado cuando la central es de gran tamaño o varias pequeñas centrales se instalan en un mismo sitio (10).

Hasta el momento sólo un estudio ha cuantificado la influencia de un parque eólico sobre la biología poblacional de una especie. Hunt (1994, 1997, 1999) ha realizado un estudio intensivo sobre la población de *Aquila chrysaetos* (Accipitridae) en el parque eólico de Altamont y sus alrededores. Se estima que en Altamont perecen unas 40 águilas reales al año. Los análisis

preliminares realizados por Hunt indican que la mortalidad relacionada con el parque eólico está realmente ocasionando el declive de la población de águilas (34). Las tasas estimadas para ese parque corresponden a 2.710 aves por año (DS = 11.848), de las cuales, 1.127 son rapaces (28).

Una revisión de la materia, indica que las especies que podrían presentar problemas a nivel de población en ciertos parques eólicos serían Águilas, halcones y lechuzas en Altmont Pass (California); buitres, lechuzas y halcones en Tehachapi (California), Tarifa y Navarra (España); y gaviotas y gaviotines en Zeebrugge (Bélgica) (12).

Con la expansión de la industria, la declinación de las poblaciones de aves, inicialmente restringida a poblaciones locales de las especies más vulnerables, podría eventualmente extenderse a declinaciones regionales o incluso nacionales. Estimaciones gruesas que consideran que por cada MW de electricidad generada por energía eólica muere en promedio un ave, señalan que el 2020 en EE.UU. el número de aves muertas anualmente podría fluctuar desde 300-400 a 3.000-5.700 y que podría elevarse a 300.000 hacia el 2030 (25).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

El conocimiento de los impactos ocasionados por la producción eólica sobre las aves de Chile, es prácticamente nulo, no existiendo información publicada en relación a la materia.

Indagando en fuentes complementarias de información (proyectos SEIA, entrevistas y encuestas a actores relevantes) se pudo acceder a los datos que se presentan a continuación (Tabla 5):

Tabla 5. Reportes de Aves accidentadas en parques eólicos de Chile

N°	Familia	Especie	N°	Localidad	Región	Tipo de estructura	Fuente
1	Hirundinidae	"Golondrina común" (¿ <i>Tachycineta meyeri</i> ?)	1	P.E. Totoral	Coquimbo	s/i	AR
2	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	1	P.E. Totoral	Coquimbo	s/i	AR
3	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	P.E. Totoral	Coquimbo	s/i	AR
4	Hydrobatidae	<i>Oceanites oceanicus</i>	1	P.E. Totoral	Coquimbo	s/i	AR
5	Emberezidae	<i>Phrygilus gayi</i>	1	P.E. Monte Redondo	Coquimbo	s/i	AR
6	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	P.E. Monte Redondo	Coquimbo	s/i	AR
7	Odontophoridae	<i>Callipepla californica</i>	2	P.E. Monte Redondo	Coquimbo	s/i	AR
8	Charadriidae	<i>Oreopholus ruficollis</i>	1	P.E. Monte Redondo	Coquimbo	s/i	AR
9	Emberezidae	<i>Phrygilus alaudinus</i>	1	P.E. Monte Redondo	Coquimbo	s/i	AR

N°	Familia	Especie	N°	Localidad	Región	Tipo de estructura	Fuente
10	Thinocoridae	<i>Thinocorus rumicivorus</i>	1	P.E. Monte Redondo	Coquimbo	s/i	AR
11	Emberezidae	<i>Diuca diuca</i>	1	P.E. Monte Redondo	Coquimbo	s/i	AR
12	Accipitridae	<i>Parabuteo unicinctus</i>	1	P.E. Monte Redondo	Coquimbo	s/i	AR

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos publicados, encuestas y entrevistas. AR: Actores relevantes. s/i: Sin información.

De manera teórica, un expediente proveniente del SEIA indica que *Larus pipixcan* (Laridae) podría interactuar con el parque si es que su ruta migratoria es más amplia que la observada durante los muestreos. Otra especie que podría interactuar es *Coragyps atratus* (Cathartidae), en sus vuelos locales, por la frecuencia y tipo de vuelo con que esta especie fue observada (66).

En cuanto al emplazamiento, desde el punto de vista de conservación de sitios prioritarios para las aves, se identifica como una amenaza importante el desarrollo de parques eólicos en las inmediaciones de sitios reconocidos como IBAS.

En cuanto a las características de las estructuras que han ocasionado mortalidad en el país, se considera que no existe una cantidad de registros que permita obtener conclusiones en relación a aquello.

En cuanto a la relevancia asignada a este impacto, el “Manual para el desarrollo de proyectos eólicos” califica el impacto sobre la avifauna sólo como un riesgo o evento no deseado, atendiendo a la incertidumbre sobre la ocurrencia, ocasión y magnitud de dichos eventos. Se señala que no existe real consenso a nivel internacional respecto del real impacto en la mortandad de aves y que, a excepción de algunos casos particulares, los datos existentes y los estudios realizados, el impacto de los aerogeneradores sobre la avifauna no es tan importante como pudiera parecer en un principio (50).

ANÁLISIS COMPARATIVO

En cuanto a las especies víctimas de colisión con parques eólicos, los escasos reportes de los que se dispone parecieran indicar cierta coincidencia (ej. Rapaces) con lo observado en la escena internacional. También alineado con la experiencia internacional, el prácticamente nulo reporte de passeriformes coincide con las dificultades propias de su registro, lo cual no quiere decir que este grupo no sea víctima del impacto.

En lo relativo a magnitud del impacto, la presente consultoría considera que los escasísimos registros que se presentan para el país no reflejan una baja ocurrencia del impacto. Por el contrario, se explicarían por las deficiencias metodológicas descritas en “Seguimiento” (Página 114).

En particular, se hace especialmente evidente la necesidad de contar con una base de datos centralizada, provista de información levantada mediante técnicas adecuadas y sometida a las correcciones que se detallan en el apartado “Seguimiento” (Página 114).

1.2. MURCIÉLAGOS

1.2.1. MORTALIDAD ASOCIADA A ESTRUCTURAS EÓLICAS

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Los proyectos de centrales eólicas, generan un impacto que ha sido descrito desde larga data sobre aves. Sin embargo en los últimos años se ha observado que el impacto negativo de estas estructuras es bastante mayor en murciélagos (se ha registrado hasta 10 veces más colisiones en murciélagos que en aves en EEUU), principalmente murciélagos migratorios del genero *Lasiurus* y *Lasionicteris* (01, 05, 14, 22, 25, 32, 36,42). Algunas especies residentes también podrían verse afectadas (36), pero en menor medida; se considera la especie *Tadarida brasiliensis* (Molossidae) como especie de alto riesgo debido principalmente a su tipo de vuelo rápido y poco maniobrable y su conducta migratoria (43).

En EEUU se han reportado altas tasas de mortalidad en murciélagos, variando entre 0 y 41,1 murciélagos/MW/año (5), siendo la tasa promedio de colisión de murciélagos de 3,4 murciélagos por turbina por año en este país (42). En la revisión realizada por Arnett et al. (32), la especie *Lasiurus cinereus* presenta la mayor proporción de mortalidad, además se calcula que un 90% de las colisiones de murciélagos del género *Lasiurus* en EEUU ocurren entre julio y noviembre (fines de invierno y principios de otoño), coincidiendo con la época de migración de estas especies (42).

Se ha observado que las mayores tasas de mortalidad de murciélagos por impacto de aspas en centrales eólicas ocurre con velocidades del viento menores a 6m/s, puesto que muchas especies, principalmente insectívoras se ven atraídas por la disponibilidad de insectos presentes cuando las velocidades del viento son bajas (19, 21). Por el contrario, las mortalidades de murciélagos han llegado a valores de cero cuando las velocidades del viento son menores a 2m/s y cuando las velocidades del viento son mayores a 6m/s, debido a inmovilidad de las aspas y nula presencia de especies en vuelo respectivamente (21).

En cuanto al tamaño de las turbinas, se ha observado un mayor número de colisiones en centrales con turbinas de mayor tamaño (27). Las colisiones son especialmente relevantes en sitios de importancia biológica (44), donde se ha documentado un pico entre el fin del verano e inicio del otoño (NWCC 2010), y en períodos de mal tiempo (15).

Se han identificado dos tipos de colisiones:

- Colisiones aleatorias: Corresponde a colisiones causadas a individuos durante su migración (9).
- Colisiones causales: Se explica porque los murciélagos podrían ser atraídos por las turbinas debido a varios factores, como son el ruido que estas emiten, la temperatura producida, la cual atraería insectos, y el aspecto que podría ser confundido con árboles donde buscan guarida, especialmente en sitios donde la disponibilidad de árboles maduros es baja (14). De hecho, se ha observado con cámaras termales que los murciélagos exploran y vuelan alrededor de las turbinas, posiblemente pensando que son arboles donde podrían encontrar una guarida, y de esta manera son golpeador por las aspas (09, 18).

Aunque los impactos negativos de centrales eólicas suelen ser bastante variables entre diferentes sitios, se ha observado mayores tasas de mortalidad de la especie *Lasiurus cinereus* (Vespertilionidae) en sitios donde las turbinas poseen más de 60m de altura (22). En Minnesota se ha observado que la mayoría de las colisiones de murciélagos están asociadas a turbinas de gran tamaño (15).

Otra causa de muerte provocada por estructuras eólicas en murciélagos es el barotrauma, definido como la rápida descompresión experimentada por los murciélagos, debido a los cambios de presión atmosférica que ocurren entre un lado y otro de la turbina, los cuales reciben el nombre de vórtices (09, 14, 18). Los murciélagos al tener un pequeño tamaño, se ven afectados a nivel pulmonar y cardiovascular (25). Este efecto se observa en carcasas de animales que no muestran traumas externos, sino lesiones internas en la cavidad torácica y abdominal (14).

Utilizando cámaras termales infrarrojas, Horn (9) ha observado que los murciélagos son efectivamente atrapados por estos vórtices producidos por las aspas de las turbinas al pasar de un lado al otro de la hélice. Se estima que aerogeneradores de mayor tamaño producirían vórtices y turbulencias mayores, las cuales pueden generar impactos negativos en murciélagos (43).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Se ha detectado la presencia de individuos muertos al pie de los parques eólicos Totoral (102) y Monte Redondo (103) en la región de Coquimbo, observándose una mayor mortalidad de individuos de la especie *Tadarida brasiliensis* durante el mes de octubre para ambos proyectos. (Tabla 6).

Tabla 6. Reportes de murciélagos colisionados en diferentes parques eólicos, ordenados por mes de observación (102, 103)

N°	Familia	Especie	N°	Localidad	Región	Fecha
1	Vespertilionidae	<i>Lasiurus varius</i>	1	P.E. Totoral	Coquimbo	Ene 2010
2	Vespertilionidae	<i>Histiotus macrotus</i>	1	P.E. Totoral	Coquimbo	Ene 2011
3	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	1	P.E. Totoral	Coquimbo	Jun 2012
4	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	1	P.E. Totoral	Coquimbo	Sep 2010
5	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	1	P.E. Monte Redondo	Coquimbo	Sep 2013
6	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	7	P.E. Monte Redondo	Coquimbo	Oct 2010
7	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	3	P.E. Totoral	Coquimbo	Oct 2010
8	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	1	P.E. Totoral	Coquimbo	Oct 2011
9	Vespertilionidae	<i>Lasiurus cinereus</i>	1	P.E. Monte Redondo	Coquimbo	Oct 2011
10	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	2	P.E. Monte Redondo	Coquimbo	Nov 2010
11	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	1	P.E. Totoral	Coquimbo	Nov 2010
12	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	1	P.E. Monte Redondo	Coquimbo	Dic 2010

Fuente: Elaboración propia, a partir de encuestas y entrevistas realizadas a actores relevantes. El encuestado o entrevistado no se especifica dentro de la tabla dado que se planteó la reserva del nombre como medida para estimular la recolección de información.

A raíz de estos hechos, el Servicio Agrícola y Ganadero ha optado por exigir monitoreos de mayor intensidad, e incluso algunos titulares de empresas eólicas han comenzado a implementar monitoreos estacionales y/o mensuales como medida voluntaria, sin embargo los resultados de estos no se encuentran publicados en el sitio *web* del e-SEIA.

Se reconoce que las especies del genero *Lasiurus* (Vespertilionidae) son las más afectadas por centrales eólicas, no obstante son especies difíciles de estudiar debido a sus hábitos solitarios y migratorios (51, 52, 53). Aunque en general existe nula información al respecto de este problema, como lo expresa el estudio realizado para el Parque Eólico Cuel (90), en Chile no existen estudios que entreguen información sobre valores de mortalidad asociados a la operación de parques eólicos. No obstante, el mismo estudio indica que pequeñas tasas de mortalidad pueden resultar muy significativas en poblaciones de especies con problemas de conservación. Por otro lado, algunos estudios sí indican la existencia de riesgos para los murciélagos, pero estos son basados en trabajos realizados en el extranjero, principalmente EEUU y Europa.

El estudio realizado para el Parque Eólico Ucuquer (83) explica que “cualquier estructura fija como un árbol, un edificio o un aerogenerador, potencialmente puede convertirse en un obstáculo para el vuelo de murciélagos” (11). Por esto, no es posible asegurar totalmente la no ocurrencia de eventos de colisión”. El estudio realizado en el Parque Eólico Pichihue (61) reconoce que existe un riesgo para murciélagos asociado a la accidentabilidad por colisión con las aspas de los aerogeneradores, pero se desconoce cuál es la tasa de estos accidentes en las distintas condiciones ambientales de nuestro país. Sin embargo y a modo de referencia, un estudio

realizado en España (16) apunta a una mortalidad de entre 6,3 y 99 individuos por aerogenerador y año.

En este sentido, el estudio del Parque Eólico Pichihue (61) recomienda acceder a datos numéricos de accidentabilidad en parques que se encuentren operando, como los ubicados en la costa de la Región de Coquimbo: el Parque Eólico Monte Redondo (103) y el Parque Eólico Totoral (102), en los cuales se han registrado accidentes para las especies *Tadarida brasiliensis* (13 colisiones) y *Lasiurus varius* (1 colisión).

Por otro lado, en el Parque Eólico La Cebada (85) no se hizo ningún registro de colisiones de murciélagos con aspas de aerogeneradores hasta ahora. Se interpretó inicialmente este hecho como producto de la extrema rareza de la ocurrencia de este tipo de accidentes. Sin embargo, a la luz de los resultados de los monitoreos que se realizaron hasta la fecha, se reconoce que existe la posibilidad que colisiones de murciélagos con las aspas de aerogeneradores y que estas podrían ser tan o más frecuentes que las de aves.

Este estudio (85) resalta que, en términos generales, se podría suponer que los vuelos que causan las colisiones son más bien vuelos de traslado y eventualmente migratorios. “El sistema de ecolocación de los murciélagos les proporciona una imagen discontinua, que probablemente no permite reaccionar a tiempo frente al movimiento de las aspas de los aerogeneradores”. También se debe considerar que algunos aerogeneradores poseen balizas en la punta de sus torres, que probablemente atraen insectos a esta altura, y que estos a su vez podrían atraer a los murciélagos. Por otro lado, algunos autores consideran que es “el girar de las aspas que causa una descompresión en el aire circundante, provocando que los pulmones de los murciélagos se dilaten súbitamente, haciendo reventar sus vasos sanguíneos. Se trata de un fenómeno conocido como barotrauma, sufrido por los buceadores cuando suben demasiado rápido a la superficie.” De acuerdo a este estudio (85) se debe tomar en cuenta esta última posibilidad, dado que de 14 cadáveres de murciélagos revisados, provenientes de dos Parques Eólicos, sólo dos evidenciaban fracturas. Se especifica que las dos especies encontradas muertas al pie de los aerogeneradores en los parques eólicos Monte Redondo (103) y Totoral (102) (*Tadarida brasiliensis* y *Lasiurus varius*) no se encuentran bajo categoría de conservación según la Ley de Caza Nº 19.473, SAG y su Reglamento, el D.S. 05 de enero de 1998. Sin embargo, *Tadarida brasiliensis* está clasificada como Casi Amenazada (NT) según la Lista Roja IUCN (IUCN Red List) y en peligro de extinción según la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMC). En consecuencia la especie no presenta problemas de conservación dentro de Chile, pero sí fuera del país. Galaz y Yañez (51) confirmaron que la especie *Tadarida brasiliensis* no presenta problemas de conservación en Chile. Según ellos se considera que la cantidad de las colisiones detectadas (hasta ahora), no tiene implicancia significativa para la especie, que forma colonias de centenares a miles de ejemplares en Chile.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Se observa de manera general una baja cantidad de información relevante para nuestro país, tomando en cuenta las condiciones propias de las especies, los tipos de aerogeneradores y su ubicación. De manera general, al momento de describir los posibles impactos de los parques eólicos a los murciélagos, se citan ciertos artículos internacionales, los cuales se repiten de manera constante. Los principales impactos citados en estudios de impacto ambiental son las colisiones con aspas, pero también se infiere que cualquier estructura fija puede ser un impedimento para el vuelo de los murciélagos. Esta aseveración no tiene un fundamento científico, puesto que se sabe que gracias a la capacidad de ecolocación de los murciélagos, estos son capaces de detectar fácilmente estructuras fijas, no así las aspas en movimiento de los aerogeneradores.

Si bien se han detectado colisiones de murciélagos en algunos parques de la región de Coquimbo, los titulares estiman que estas son en bajo número y por tanto no representan un riesgo a nivel de poblaciones. Esta afirmación por parte de los titulares no tiene soporte metodológico, puesto que si bien se han realizado estudios de monitoreo de colisiones en algunas centrales, estos van dirigidos a la accidentalidad de aves, y no implementan correcciones por la eficiencia de búsqueda de los investigadores, ni por remoción de carcasas por carnívoros y/o carroñeros, por lo que sólo representarían un pequeño porcentaje de la tasa real de accidentabilidad. Se plantea igualmente la posibilidad de que algunos individuos sean afectados por barotrauma, especialmente en parques eólicos con aerogeneradores de gran tamaño, puesto que se han encontrado individuos sin traumas visibles.

En el caso del Parque Eólico Monte Redondo, se han realizado adaptaciones a los monitoreos de colisión de aves, para que sean efectivos para monitorear murciélagos (103), sin embargo no se especifican cuales son dichas modificaciones. Se explicita que las búsquedas se realizan en únicamente una circunferencia de 80m de radio desde la base de los aerogeneradores, por lo que el área total que es inspeccionada es bastante baja. Por otro lado, no se realizan estudios para estimar la tasa de remoción de carcasas por predadores (zorros, roedores, aves carroñeras) ni para estimar la efectividad de búsqueda de los investigadores. Dado esto, los resultados obtenidos en dicho parque eólico podrían encontrarse muy por debajo de la realidad en cuanto a número de colisiones, y la conclusión de que el parque no presentaría problemas para los murciélagos a nivel poblacional no sería del todo válida.

Estudios realizados en Estados Unidos indican que una alta proporción de los accidentes afectan a las especies migratorias pertenecientes al género *Lasiurus* y *Tadarida*. En Chile ambos géneros se encuentran presentes, y contemplan tres especies (*Lasiurus cinereus*, *Lasiurus varius* y *Tadarida brasiliensis*), sin embargo no se conoce lo suficiente sobre su ecología migratoria, siendo esta información clave para determinar los períodos críticos en que podrían verse afectadas, y de esta manera facilitar la aplicación de medidas de mitigación.

2. MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y SOLUCIONES TÉCNICAS DE DISEÑO

2.1. AVES

2.1.1. COLISIÓN CON ASPAS Y ESTRUCTURAS

a. Planificación y Regulaciones

La planificación a nivel nacional y regional de la generación eólica es un aspecto importante a considerar al momento de identificar las medidas de mitigación a implementar.

Para elaborar una adecuada planificación de la energía eólica Atienza et al. (16) indican que es necesario contemplar los siguientes elementos:

- Elementos imprescindibles para la producción de energía eólica: 1) Mapa de vientos/ Disponibilidad del recurso eólico aprovechable, 2) Acceso a la red de distribución de energía.
- Elementos que reduzcan el impacto sobre los espacios protegidos y los hábitats: 3) Deben considerarse y excluirse todas las áreas protegidas y los espacios derivados de los convenios internacionales como por ejemplo los humedales RAMSAR, 4) Deben considerarse y excluirse todas las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (IBAs de BirdLife International).
- Elementos que reduzcan el impacto sobre las especies sensibles o amenazadas: 5) Deben considerarse y excluirse las áreas de reproducción de las aves y murciélagos más sensibles y amenazados (radios). 6) Deben considerarse y excluirse las áreas con un índice combinado de riqueza, singularidad e interés alto para las aves. 7) Deben excluirse las áreas de reposo o invernada de las especies de aves y murciélagos más sensibles y amenazados (polígonos).
- Elementos que reduzcan el impacto sobre el paisaje: 8) Deben elaborarse mapas de impacto visual.
- Otros elementos a tener en cuenta: 9) Planeamiento urbanístico. 10) Otros planeamientos territoriales. 11) Accesibilidad de las zonas. 12) Pendientes del terreno. 13) Núcleos de población. 14) Vías de comunicación. 15) Deben elaborarse mapas de ruido.

De acuerdo a lo señalado los mismos autores indican que el procedimiento recomendado para una adecuada planificación es el siguiente:

Fase 1 – Determinación de objetivos de conservación de la biodiversidad

Fase 2 – Determinación de objetivos Energéticos

Fase 3 – Inventario y diagnóstico inicial de los factores de aptitud

Fase 4 – Identificación de zonas potencialmente Aptas

Fase 5 – Evaluación del cumplimiento de los objetivos energéticos

Fase 6 – Análisis de detalle de las zonas potencialmente aptas

En el Reino Unido, especialmente en Escocia, se ha elaborado un mapa de áreas sensibles para aves, donde estas se superponen con áreas donde existen o se proyectan o parques eólicos y se determina las especies más posiblemente afectadas. Este tipo de mapas con restricciones, combinados con estudios de factibilidad técnica y de costos, podrían ser usados por los planificadores para identificar áreas preferenciales para el desarrollo de parque eólicos en una región (25).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

En el contexto nacional, el desarrollo de los proyectos de generación eólica –y el de los proyectos energéticos en general- no responde a una planificación centralizada sino a iniciativas de privados. Las implicancias de esta estrategia de desarrollo energético trascienden largamente al tema de la presente consultoría; en lo exclusivamente referido a ésta, es posible prever que pese a ser sindicada como una de las medidas de mitigación idóneas en el ámbito internacional, no es aplicable a la realidad nacional.

ANÁLISIS COMPARATIVO

La planificación en el contexto regional y nacional de la generación eólica es un aspecto importante a considerar al momento de identificar las medidas de mitigación a implementar, puesto que considera aspectos relacionados con la determinación de objetivos de conservación de la biodiversidad y de objetivos energéticos, también el inventario y diagnóstico inicial de los factores de aptitud, la identificación de zonas potencialmente aptas y luego la evaluación del cumplimiento de los objetivos energéticos y el análisis detallado de las zonas potencialmente aptas.

Este proceso tiene mucho que ver con la adecuada selección de los sitios, en el ámbito regional y nacional, de modo de desarrollar ampliamente el potencial eólico disponible para producir energía, en el contexto de la conservación de la biodiversidad, a través de la minimización de los posibles impactos ambientales negativos.

La situación nacional difiere bastante de lo señalado, puesto que no se realiza planificación para el desarrollo de proyectos de generación eólica, ni proyectos energéticos en general, si no que esta materia se regula de acuerdo a la iniciativa privada, que funciona al alero de las necesidades e

intereses del mercado. Esta condición no sólo es una estrategia, sino que está reglamentado de esa forma, ya que la normativa eléctrica vigente (DL Nº4, Ley General de Servicios Eléctricos) establece como fundamento que el mercado de electricidad en Chile se ha diseñado de forma tal que la inversión y la operación de la infraestructura energética la realicen operadores privados.

Al respecto es importante señalar sin embargo que, según la legislación eléctrica vigente, la Comisión Nacional de Energía tiene entre sus funciones el identificar las obras de transmisión troncal y las alternativas de ampliación futura, en términos de obras necesarias, pero no así del trazado propiamente tal ni el impacto ambiental.

b. Evaluación preliminar y selección adecuada de los sitios donde se emplazarán los proyectos

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

El conocimiento acabado de las poblaciones de aves y de su hábitat en los sitios donde se emplazarán futuros proyectos aparece como una importante medida de reducción de los impactos de los parques eólicos sobre la avifauna. Si bien esta no es una medida de mitigación propiamente tal, resulta de primordial importancia, puesto que permite tomar medidas previas a la instalación de un proyecto que redundarán en una reducción de los costos de inversión en medidas de mitigación y soluciones técnicas del diseño (05, 07, 12, 13, 16, 22, 25, 27, 28, 34, 40, 203, 217).

Todos los autores están de acuerdo en que los problemas no tienen una solución fácil, especialmente porque hay muchos factores que contribuyen simultáneamente a transformar los aerogeneradores en potenciales barreras letales para las aves. Desde este punto de vista, es esencial el conocimiento de los factores reductores de la mortalidad de las aves y que deben ser tenidos en cuenta a la hora de construir un parque eólico (203). Por su parte Powlesland (217) indica que la manera más útil de asegurar un mínimo efecto negativo de las granjas eólicas es elegir un sitio apropiado.

Al respecto se indica por ejemplo que la energía eólica y las aves pueden convivir sin problemas si la elección del sitio de desarrollo del proyecto eólico es apropiada. En particular se espera que un sitio no posea una alta densidad de aves, en especial rapaces, y que el sitio no provoque la separación de sitios de anidación y/o alimentación ni el desplazamiento de las especies de aves que los utilizan (12). También se concluye que la toma en cuenta de los sitios importantes para las aves migratorias (reposo, alimentación y reproducción) es un aspecto clave que podría disminuir el impacto negativo de centrales eólicas (13). Lo mismo indican Shawn Smallwood et al (28), en cuyo estudio señalan que la mejor medida de mitigación es la correcta elección del sitio de construcción, basado en estudios pre-construcción donde se de una real importancia al comportamiento y uso del hábitat por las aves presentes a lo largo de toda una temporada (28).

Una recopilación de estudios realizada en Alemania indica que en desmedro de todas las medidas existentes y aplicables a parques eólicos, la correcta elección del sitio donde este se construirá

sigue siendo la medida más efectiva para reducir los impactos negativos sobre aves y murciélagos. En este sentido, se propone evitar sitios donde exista fauna o flora protegida, sitios con presencia de especies sensibles (5km como mínimo), evitar sitios de migraciones conocidas, corredores de vuelo y/o sitios con altas concentraciones de aves (quebradas, portezuelos, humedales, crestas), Evitar sitios de hibernación, alimentación y migración de murciélagos, y evitar la fragmentación de hábitats homogéneos. Se recomienda una distancia mínima de 500m entre los diferentes sitios y los aerogeneradores (para turbinas de menos de 50m de altura) (27).

Edkins (25) señala que entre las medidas de prevención más importantes para prevenir los impactos por colisiones, definir la localización es primordial, aunque hay muchos aspectos involucrados cuando se elige un sitio. Entre otras acciones se recomienda que los parques eólicos, las líneas eléctricas, las cercas y torres de telecomunicación deben ser localizadas lejos de humedales, de otras áreas donde se concentren aves para nidificar, alimentarse o descansar, de rutas migratorias conocidas o de rutas de vuelos diarias y, especialmente, de áreas que soportan poblaciones de especies escasas o amenazadas.

El estudio de las especies susceptibles de colisionar con los aerogeneradores, que habiten en el área o transiten por ella, es un tema de análisis importante en el estudio previo, según lo indican varios autores (205, 212). Otros recomiendan que la observación detallada del comportamiento de vuelo de especies susceptibles de colisionar, junto al mapeo de rutas migratorias, son precursores necesarios antes de la selección de un sitio de instalación (25).

Por su parte Atienza et al. (16) señalan que un buen análisis inicial de la localización de los proyectos, además de servir para reducir el impacto ambiental, servirá para agilizar el procedimiento de evaluación y autorización de éstos, ya que está más que demostrado que los proyectos con mayores complicaciones ambientales suelen conllevar un procedimiento más largo, con el riesgo, además, de no ser autorizado. Se trata por lo tanto de un análisis que garantizará no solo un menor impacto ambiental, sino también una herramienta para la rápida toma de decisiones por parte del promotor que le ahorre tiempo y recursos económicos.

Acerca de los estudios pre-construcción, el U.S. Fish and Wildlife Service (40) postula que deben iniciarse con una evaluación preliminar del sitio, cuya función es identificar los posibles problemas relacionados con la fauna/flora y sus hábitats, para esto se debe comenzar identificando áreas geográficas extensas de mayor sensibilidad (parches de bosque nativo intacto, comunidades ecológicas intactas, especies sensibles a la fragmentación del hábitat, u otros factores importantes). Aunque el proyecto de desarrollo de una central eólica sea a pequeña escala, el estudio se debe realizar a una gran escala e incluir en lo posible otras áreas de desarrollo de energía eólica.

Finalmente, según el USFWS el último paso en los estudios pre-construcción es realizar Estudios de campo para documentar la fauna / flora y hábitats del sitio, a fin de predecir posibles impactos de la instalación de una central eólica. En esta etapa el investigador podrá por primera vez realizar

estudios científicos cuantitativos y cualitativos para establecer el riesgo que implica el desarrollo del proyecto propuesto para: (a) estudiar más a fondo el sitio, para determinar si el proyecto puede continuar o si debe ser abandonado, (b) Diseñar y operar un sitio para eliminar o minimizar impactos adversos significantes, (c) Diseñar medidas compensatorias de mitigación, y (d) Determinar la duración y esfuerzo del monitoreo post-construcción

En esta etapa, también se establecen las consideraciones de diseño de los estudios a efectuar para estimar presencia, utilización del sitio, comportamiento, intensidad del estudio y el riesgo de colisión, pérdida de hábitat y fragmentación, desplazamiento, y efectos indirectos sobre las especies. Se describen los recursos técnicos (métodos y medidas) asociados a cada pregunta y finalmente se establecen algunos puntos de decisión respecto a los estudios a seguir. (40)

En la denominada Guía de California (25) se señala que el primer paso, de un total de cinco, para minimizar los impactos de un parque eólico sobre aves y murciélagos es la evaluación preliminar del sitio, a través de la cual se puede evaluar los aspectos biológicos y los potenciales impactos asociados en un sitio propuesto y desarrollar un plan de estudios “pre-permisos”.

Este procedimiento consiste en una visita de reconocimiento al terreno y una colecta de datos en gabinete acerca del sitio a partir de bases de datos, reportes de proyectos cercanos, y expertos locales. A partir de esto se puede realizar una lista preliminar de impactos, incluyendo un listado de probables especies existentes y potencialmente afectadas. La sensibilidad del sitio determinará qué tipo de estudios se requieren en la etapa pre-permisos.

Con la información obtenida en la evaluación preliminar del sitio, los proyectos pueden ser clasificados en cuatro categorías que requerirán distintos niveles de intensidad y duración del estudio.

Categoría 1: Sitios con disponibilidad de datos relacionados con fauna silvestre y vientos. En estos sitios, existen datos de estudios previos acerca de potenciales impactos en aves y murciélagos, a partir de proyectos cercanos. Los sitios cercanos donde existen proyectos, pueden presentar ligeras incertezas acerca del nivel de los impactos o pueden presentar datos disponibles lo cual asegura un buen conocimiento del sitio.

Categoría 2: Sitios con poca existencia de información y sin indicadores de impactos significativos. Estos sitios no presentan señales evidentes de especies en estados de amenaza o de fatalidades significativas en proyectos vecinos. En este caso las prospecciones pre-permisos debieran durar un mínimo de un año para evaluar el uso del sitio por aves y murciélagos en todas las estaciones.

Categoría 3. Sitios con alto o con incierto potencial de impacto sobre fauna silvestre. En esta categoría encontramos sitios con altos o desconocidos niveles de uso por parte de aves y murciélagos, en este caso los estudios pre-permisos deben durar más de un año.

Categoría 4. Sitios inapropiados para el desarrollo de proyectos eólicos. En estos sitios no debe considerarse el desarrollo de proyectos en cualquier tipo de área silvestre protegida, son por lo general sitios donde existen datos que hacen inaceptable el riesgo de impacto mortal para aves y murciélagos.

En relación a la estructura de la evaluación preliminar Atienza et al (16), proponen un procedimiento de evaluación muy sencillo, que se basa en: a) una evaluación previa, sencilla, rápida y de bajo coste económico para el promotor que facilita la elección de alternativas viables, b) una identificación objetiva del área de afección, c) una obtención de información enfocada a proporcionar la base de la evaluación, y d) una evaluación objetiva basada en criterios aplicables a todos los parques eólicos.

De acuerdo a Morrison et al., existen variados métodos para determinar los recursos faunísticos presentes en una localidad donde se pretende instalar un parque eólico, previa evaluación e identificación de las zonas potencialmente peligrosas. Por lo tanto, cada sitio debe contener información proveniente de las siguientes fuentes: Expertos locales; búsqueda bibliográfica; bases de datos de recursos naturales; prospecciones de reconocimiento; mapas de vegetación y análisis de hábitat. Finalmente se debe examinar si la información existente y los resultados de la prospección citada se ajustan a la normativa vigente (34).

Por último cualquier estudio de evaluación de impacto ambiental debe incluir un capítulo detallado de los impactos acumulados y sinérgicos de todos los parques eólicos cercanos al proyecto, autorizados o proyectados, así como de todas las infraestructuras asociadas (tendidos eléctricos de evacuación, subestaciones eléctricas, caminos de acceso, etc.) (16).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

En relación a la adecuada selección de sitios de emplazamiento de nuevos proyectos, es importante considerar que se ha realizado en Chile un proceso de identificación y validación de una red de sitios prioritarios para las aves silvestres (IBAs) (59). En este proceso se identificó un total de 176 IBAs, de este total 80 corresponden a áreas importantes para aves migratorias neotropicales, demostrando que Chile es un país importante y relevante para las poblaciones de aves migratorias. En particular dentro del listado de sitios en donde ocurren especies migratorias neotropicales existen 36 sitios que cumplen con los criterios 5 y 6 de la Convención RAMSAR que serían humedales de importancia Mundial y 26 sitios que cumplen con los criterios para nominarlos e incluirlos en la Red Hemisférica de Reserva para Aves Playeras entre los cuales destacan las zonas del extremo norte, zona centro-sur de Chile y la Isla de Chiloé. Las IBAs que cuentan con mayor número de especies de aves migratorias neárticas son: La Desembocadura del Río Lluta, Humedal – Marisma Rocuant-Andalién, Estero Mantagua y Desembocadura del Río Aconcagua, Humedal El Yali, Santuario de las Aves Bahía de Caulín, Lago Budi, Desembocadura del Río Itata, Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén, Bahía de Putemun, Humedal de Batuco y Playa de Pullao.

La identificación y la actual confirmación de las IBAs, es el primer paso para nuevas oportunidades de conservación y/o manejo sustentable de esta red de áreas importantes para las aves de Chile, a la vez esta designación es como una certificación a nivel mundial que debería tomar en el trascurso del tiempo importancia entre las autoridades nacionales que tienen poder en la toma de decisiones en materia ambiental, como por ejemplo la aprobación o rechazo de la construcción e instalación de megaproyectos energéticos o de otra índole que muchas veces no son compatibles con las poblaciones de aves existentes en estas áreas. No obstante es importante destacar que en la revisión de la literatura científica publicada en nuestro país, no se encontró ningún artículo referido al tema del impacto de la generación de energía eólica sobre la fauna silvestre y con respecto a otro tipo de publicaciones, de divulgación o técnicas, sólo se puede mencionar, la Guía para la Evaluación Ambiental de Proyectos Eólicos, publicada por la Comisión Nacional de Energía (50), la cual no hace referencia a esta temática en particular.

Por otra parte, tomando como base el análisis de 46 proyectos de generación eólica, se observa que en general en Chile la evaluación de los sitios se lleva a cabo en el contexto del desarrollo de las líneas de base dentro del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, es decir, después de que el sitio ha sido seleccionado y sólo algunos realmente analizan el sitio en su contexto para emitir recomendaciones respecto del emplazamiento de los aerogeneradores (60), en tanto que en otros casos se exponen revisiones bibliográficas o de la cartografía disponible, para establecer si se está afectando directamente o si existe en el área de influencia sitios bajo protección oficial (SNASPE, Sitios RAMSAR, Santuarios de la Naturaleza, etc.) o Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad (62, 96) y, por último, a partir de la consulta a la literatura o por declaración del propio titular se indica que el proyecto no se emplazará en una ruta migratoria de aves (83).

Lo expresado precedentemente es una afirmación en base a la experiencia del consultor, pero no es una conclusión de la información recogida del SEIA, ya que este instrumento de gestión ambiental preventivo no tiene incorporado un análisis de alternativas, por lo tanto no se espera que declaren un análisis previo en la documentación del SEIA.

ANÁLISIS COMPARATIVO

En el contexto del desarrollo de la industria de generación eólica a nivel internacional, según las recomendaciones de los especialistas, de las organizaciones conservacionistas y de los órganos gubernamentales oficiales, la evaluación preliminar de los sitios donde se instalarán los proyectos es primordial para minimizar los impactos sobre las aves y quirópteros.

A partir de la bibliografía examinada se concluye que si bien esta no es una medida de mitigación propiamente tal, resulta de vital importancia, puesto que permite tomar medidas previas a la instalación de un proyecto que redundarán en una reducción de los costos de inversión en medidas de mitigación y soluciones técnicas del diseño.

Al mismo tiempo se concuerda que es importante estudiar previamente el área de afección, puesto que, debido a la movilidad de las aves y los murciélagos, un parque eólico puede tener un impacto ambiental más allá del espacio físicamente ocupado por los diferentes elementos del proyecto.

No obstante lo anterior y de acuerdo a lo constatado en la revisión de 50 expedientes ambientales de proyectos, se puede concluir que en Chile, para la selección inicial del sitio de emplazamiento de los proyectos, escasamente se toma en cuenta las condiciones que éste pueda presentar en cuanto a sus características como hábitat para fauna residente o visitante. Lo anterior se constató al observar que en ninguno de los casos analizados se hizo mención a ello, ya que la evaluación ambiental de los sitios comienza generalmente con los estudios de línea de base, cuando ya la localización está decidida, considerando preferentemente factores productivos y, más aún, cuando ya los estudios de ingeniería están concluidos. La única consideración que se hace al momento de definir un emplazamiento es determinar la existencia de áreas bajo protección oficial, dado que este factor está contenido en la legislación ambiental.

Existen excepciones notables, como lo relatado por un entrevistado que representa a una empresa generadora de electricidad, quien informó que junto a los estudios de factibilidad y del potencial eólico de cada lugar, se analiza la probabilidad de que en el lugar se produzcan impactos significativos para la fauna de vertebrados voladores y que ha habido casos en que se han desechado proyectos, porque se determinó que en la zona existían sitios de reproducción, concentraciones o rutas de vuelo de especies amenazadas.

En la documentación revisada sólo se analizan los factores topográficos y climáticos, desde la perspectiva del riesgo que pueden representar para las aves la instalación de estructuras en ciertos lugares, pero no se toma en cuenta la compatibilización de éstos, con las necesidades de la generación eólica. Sin embargo en el aspecto de la planificación, se menciona la necesidad de realizar un balance de ambos puntos de vista.

c. Manejo del hábitat dentro y fuera de los parques eólicos

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

El manejo del hábitat es una medida que puede redundar en una importante reducción de la tasa de accidentabilidad de aves en parques eólicos, aun cuando los resultados demoran en manifestarse, debido a que los procesos de transformación son en general de lento desarrollo.

Las intervenciones básicamente pueden realizarse tanto al interior como fuera de los parques y tienen que ver con dos aspectos fundamentales: hacer más atractivos los ambientes que se encuentran fuera del sitio de emplazamiento y menos atractivo el que ese encuentra al interior (12, 25, 27, 42, 204).

Un factor importante tiene que ver con la presencia de presas para aves rapaces o aves insectívoras al interior de los parques. La concentración de las muertes de rapaces en algunos aerogeneradores parece explicarse por la abundancia de presas en las inmediaciones, por las características topográficas del entorno, o por una combinación de ambos factores. Las posibles soluciones a las colisiones en el parque eólico de Altamont y en otros proyectos eólicos pasan por modificar la ubicación de las turbinas y el tiempo de funcionamiento, así como por el manejo de las poblaciones de presas en los alrededores de aquellos aerogeneradores responsables de la mayor parte de las bajas (34).

Múltiples estudios en Europa y Norteamérica indican que las aves rapaces son fuertemente impactadas por los parques eólicos debido a que estas son atraídas por los hábitats creados. El incremento de roedores presa, así como el aumento considerable de sitios de percha (cercas, postes, etc.) crean un ambiente propicio para este tipo de aves, por lo se deben minimizar (27). Muchos estudios señalan que se debe reducir el hábitat disponible para presas debajo de las turbinas, controlando la proliferación de roedores y evitando la presencia de ganado que pudiera atraer aves rapaces y carroñeras (25).

Por ejemplo, Thelander & Smallwood (204) encontraron que el grado de agregación de las madrigueras de roedores en un parque eólico de California explicaba mejor la variación en la tasa de mortalidad de una determinada especie de Falconiformes que el tipo de aerogenerador, el tipo de torre, la altura de la torre, u otras características. El uso del suelo y las modificaciones de hábitat alrededor de ciertos aerogeneradores parecen estar creando hábitats óptimos para los roedores. Estos cambios localizados fomentan que las rapaces busquen alimento en áreas de alto riesgo, causando así un número desproporcionado de colisiones. Se podría demostrar una reducción en las muertes de rapaces identificando estas áreas de alto riesgo y fomentando hábitats poco atractivos que excluyan a los roedores o incrementando su abundancia lejos de los aerogeneradores.

La reducción de la mortalidad en aves residentes en un sitio o sus alrededores puede lograrse haciéndolo inhabitable para las aves en general o para una determinada especie en particular, a través de cambios en el hábitat. Esta acción ha sido efectiva en reducir la abundancia de aves en aeródromos donde el pasto se deja crecer sobre 23cm, lo que lo hace inadecuado para especies que se refugian o nidifican en el piso (25).

Acciones positivas relacionadas con la protección y conservación de hábitat esencial, fuera del sitio, ya sea áreas de nidificación y reproducción; hábitat de forrajeo; áreas de refugio o de invernada; áreas de descanso de especies migratorias; y corredores biológicos, pueden constituirse en una interesante fuente de reducción de mortalidad para aves en proyectos de generación eólica. Lo mismo sucedería con la creación de áreas de restauración de la función del hábitat e implementación de un incremento de la capacidad de carga de estas áreas, así como el mejoramiento del hábitat fuera del sitio mediante la implementación de programas de control de

depredadores y remoción o control de especies exóticas invasoras. También es recomendable establecer zonas buffer para minimizar los riesgos de colisión (por ejemplo a 100 m de un humedal, zona de alimentación o de nidificación) (25).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Este tema no fue planteado como medida de mitigación en ninguno de los casos revisados y no existen publicaciones a nivel nacional que lo aborden.

ANÁLISIS COMPARATIVO

La intervención del hábitat, tanto en el sitio de emplazamiento de los proyectos, como en su área de influencia indirecta, es una medida que, en muchos casos, resulta fundamental para evitar impactos en algunas especies de aves, especialmente cuando se refiere a disminuir la oferta de presas para en aves rapaces, así como también acciones positivas relacionadas con la protección y conservación de hábitat esencial, fuera del sitio, ya sea áreas de nidificación y reproducción; hábitat de forrajeo; áreas de refugio o de invernada; áreas de descanso de especies migratorias; y corredores biológicos, pueden constituirse en una interesante fuente de reducción de mortalidad para aves y murciélagos en proyectos de generación eólica.

Esta medida sin embargo no tiene réplica hasta el momento en nuestro país, dado que en ninguno de los casos estudiados, se planteó como posible medida de mitigación y tampoco fue citada en la literatura o en las encuestas.

d. Diseño y configuración de los parques eólicos

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

El diseño del parque tiene gran importancia; son más comunes los accidentes en aquellos en que el emplazamiento de las turbinas es lineal, que en aquellos en que éstas se encuentran agrupadas en bloques (12, 34, 40).

Algunos factores relacionados con la configuración de los parques eólicos influyen en su impacto sobre la avifauna (34). Para mitigar los impactos, en las nuevas plantas eólicas, es clave comprender el uso y la abundancia de las especies dentro del área propuesta, así como su conducta. Asimismo, es importante conocer si el lugar propuesto presenta características susceptibles de poner en riesgo a una especie determinada. Por ejemplo, si las rapaces están entre las especies de interés, es importante tener en cuenta aspectos físicos del lugar como la altura, orientación e inclinación de las pendientes, complejidad del relieve y posibles efectos indirectos de los cañones u otras peculiaridades topográficas que afecten a vientos y corrientes.

El factor principal que afecta al comportamiento y la muerte de las aves es la ubicación de las turbinas en las pendientes. Para un estudio en particular, quince de las hileras de turbinas

analizadas estaban localizadas en áreas de alta complejidad orográfica y eran responsables del 60% de los accidentes de rapaces (34).

La orientación de las filas de turbinas en forma paralela a la dirección predominante del vuelo de las aves, en lugar de interceptar los pasos de aves es de gran ayuda, especialmente en lugares donde hay mucha actividad de vuelo en un eje predominante, como por ejemplo, entre zonas de alimentación y nidificación o de descanso en aves costeras (40).

Como medida de mitigación se ha descrito que el hecho de dejar suficiente espacio entre las turbinas permitiría a algunas especies atravesar y moverse entre estas, disminuyendo el impacto negativo producido por colisiones contra las aspas. Esto sería válido para aquellas especies residentes que se alimentan en la central (28, 40). Contradictoriamente, por otra parte, se ha descrito también que una medida de mitigación sería la instalación de las turbinas lo más juntas unas de otras posible, minimizando el área de impacto de la central y favoreciendo la evasión de estas por bandadas de aves migratorias, las cuales bordearían la central (25). El USFWS propone también que una posibilidad es disponer una mayor cercanía de los aerogeneradores entre sí, en el trazado, de manera de dejar el mínimo espacio posible entre las turbinas, para fomentar a las bandadas de aves a volar alrededor de todo el parque, en lugar de pasar entre las torres.

Numerosas investigaciones indican que determinadas características del paisaje, principalmente el relieve, pueden aumentar la mortalidad en parques eólicos. Los parques situados en crestas, valles, en pendientes muy pronunciadas, cerca de cañones y en penínsulas y estrechos pueden producir una mayor mortalidad entre las aves. (10, 13, 15, 25).

Edkins (25) recomienda instalar los aerogeneradores detrás del borde de los acantilados o por el lado contrario de donde vienen los vientos en las cimas para reducir el contacto casual con rapaces que usan los vientos ascendentes, también es recomendable. Minimizar la fragmentación e intervención del hábitat, planificando adecuadamente la creación de corredores en zonas boscosas y prefiriendo aerogeneradores de mayor tamaño para así disminuir el número de turbinas. Además señala que se debe favorecer las formaciones de tipo agrupadas antes que aquellas de tipo lineal. Por último, realizando un diseño beneficioso de la localización de las turbinas, es decir en áreas donde se minimicen los impactos negativos (lejos de acantilados, lejos de portezuelos), se estima 4% de disminución en las mortalidades de rapaces (25).

El reemplazo de aerogeneradores pequeños, por aerogeneradores de mayor tamaño (no se especifica el tamaño) pero en menor número, permite seleccionar mejor el sitio de instalación y evitar portezuelos o pasos obligados de aves, con esta medida se observó disminuciones en las colisiones de 50% para águilas reales y 75% para otras rapaces en Altmont Pass, California. Esto refleja la importancia de la selección de sitio para la instalación de las centrales eólicas, se estima

que mover una central unos cientos de kilómetros puede disminuir sustancialmente la mortalidad de aves y murciélagos (04).

De acuerdo a la información que se tiene sobre los impactos producidos en aves, la instalación de turbinas en sitios con baja disponibilidad de presas disminuiría el riesgo de colisión para rapaces (43).

Es importante considerar, además, la ubicación o situación de algunas turbinas en particular dentro de un proyecto. En el estudio 34, los datos muestran que sólo el 24% de las turbinas estudiadas son responsables del 100% de la mortalidad. Hay turbinas responsables de múltiples colisiones, y turbinas que no han provocado ninguna muerte. El trabajo de campo realizado en el parque eólico Altamont, en California, ha mostrado claramente que no todas las turbinas tienen la misma probabilidad de causar un accidente. Las posibles soluciones a las colisiones en Altamont y en otros proyectos eólicos pasan por modificar la ubicación de las turbinas y el tiempo de funcionamiento, así como por el manejo de las poblaciones de presas en los alrededores de aquellos aerogeneradores responsables de la mayor parte de las bajas (34).

Es conocido que no todos los aerogeneradores de un mismo parque eólico tienen la misma probabilidad de ocasionar muertes por colisión y, sin embargo, en la mayoría de los estudios solo se analiza la mortalidad de un porcentaje pequeño de los aerogeneradores (16).

Los aerogeneradores situados en los bordes de una alineación tienen un mayor riesgo de colisión, al evitar muchas aves pasar entre los aerogeneradores. Una medida de mitigación es dejar suficiente espacio entre turbinas para facilitar el pasaje de las aves, lo cual podría disminuir la tasa de colisiones observada y el consecuente efecto negativo sobre las poblaciones de aves. Para esto se debe crear bloques de turbinas separados (28).

Smallwood & Thelander (204) comprobaron que las turbinas ubicadas al final de las líneas y en los extremos de los grupos mataban desproporcionadamente más aves e hipotetizaron que un par de postes podrían servir como turbinas falsas al extremo de la línea de turbinas o en las orillas de los grupos. Los postes debieran instalarse a una distancia de 5 a 10 m entre sí, justo al borde del plano del rotor de la última turbina y extendiéndose hasta la máxima altura que alcanza el rotor. Se esperaba que estos “desviadores de vuelo” estimularan a las aves a volar sobre o alrededor de las turbinas en operación, sin embargo no se encontró literatura que indique que esta medida haya sido probada con éxito.

Otra sugerencia para sobrellevar este problema es relocalizar las turbinas que matan desproporcionadamente más aves hacia otro lugar del parque (218).

En el diseño de los parques debe considerarse también el riesgo que implica la presencia de otras estructuras como las líneas de transmisión y las torres meteorológicas. También minimizar el

impacto con líneas eléctricas usando trazados subterráneos cuando sea posible, puesto que además del efecto barrera que produce un parque eólico, la presencia de tendido eléctrico puede generar un gran número de colisiones en aves. Se debe evitar el uso de estructuras con cables de retención o tensión, como antenas meteorológicas (25).

Además, la frecuencia de colisiones en el hemisferio norte aumenta entre septiembre y marzo. La concentración de las muertes de rapaces en algunos aerogeneradores parece explicarse por la abundancia de presas en las inmediaciones, por las características topográficas del entorno, o por una combinación de ambos factores. Las posibles soluciones a las colisiones en el parque eólico de Altamont y en otros proyectos eólicos pasan por modificar la ubicación de las turbinas y el tiempo de funcionamiento, así como por el manejo de las poblaciones de presas en los alrededores de aquellos aerogeneradores responsables de la mayor parte de las bajas (34).

En el proceso de diseño y planificación de un parque se debe considerar la posibilidad de remoción y traslado o desmantelamiento definitivo de aerogeneradores que causan impactos negativos. Si se observan impactos negativos producidos por una estructura, ya sea líneas de transmisión o central eólica, que sean de importancia, estas estructuras deberían ser removidas o modificadas, a fin de aminorar y/o eliminar los impactos negativos que se estén produciendo (20). En otras palabras, se debe tomar en cuenta dentro de la planificación, el caso de desmantelamiento si ocurren eventos de mortalidad a gran escala, ya sea en aves o murciélagos (23, 25, 30).

Se debe finalmente eliminar las turbinas no operativas, puesto que estas son utilizadas como posaderos por aves rapaces, aumentando el riesgo de incidentes negativos (25).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

En general se constató que en el diseño de los parques eólicos analizados, en el marco del SEIA, no se toman en cuenta aspectos relacionados con los impactos hacia la avifauna, al momento de diseñar los proyectos. En uno sólo de los proyectos, el parque Eólico Totoral (102) se declara que, a partir de la información recogida en el estudio de línea de base, se decidió alejar el proyecto de la línea de costa, eliminándose cuatro turbinas consideradas en el diseño preliminar. En el P. E. Chiloé (60) se realizó una caracterización del ensamble de aves presente en el sitio, se determinó la existencia de nidificación de tres especies y se registró el patrón de movimiento o dispersión de las aves. Tomando como base estos estudios se señala que existirán posibles situaciones de riesgo con algunos generadores, pero el titular sólo se limita a señalar que se deberá poner énfasis en la revisión de ellos, durante el seguimiento post construcción.

ANÁLISIS COMPARATIVO

El diseño de los parques eólicos, referidos a la disposición de las turbinas en relación a la topografía y geografía del sitio de emplazamiento y también la orientación respecto a los vientos predominantes y a los movimientos de vuelo de los vertebrados voladores, tiene gran peso al momento de minimizar posibles impactos, principalmente por colisión de aves y también murciélagos.

La disposición de los generadores en hileras o bloques también ha sido considerada como un factor importante, siendo a veces necesario modificar el emplazamiento de algunas de estas estructuras, especialmente las de los extremos, para evitar o disminuir la incidencia de colisiones.

En nuestro país, no hay antecedentes que indiquen que los aspectos ambientales o los posibles impactos sobre vertebrados voladores sean tomados en cuenta, al momento de realizar o corregir el diseño de la configuración física de los parques eólicos.

e. Desarrollo y utilización de modelos predictivos

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Algunos autores señalan que el uso de modelos espaciales que intentan predecir áreas de gran sensibilidad para aves pueden ser herramientas de gran utilidad para definir la localización de los proyectos, de modo de minimizar los impactos sobre ciertas especies clave (25). Además, se da énfasis en el desarrollo de modelos predictivos que utilicen variables meteorológicas como velocidad y dirección del viento, humedad relativa, y temperatura para predecir situaciones críticas como por ejemplo baja visibilidad, fuertes vientos o tormentas que fuercen el aterrizaje de grandes grupos de aves en sitios poco comunes (13).

El trabajo de Barrios et al. (232) da cuenta de la efectividad de esta medida. Las aves planeadoras utilizan para sus desplazamientos las corrientes ascendentes de aire, ya sean térmicas o vientos de ladera. Los vientos de ladera, que se forman mediante la interacción entre el viento y el relieve, se han apuntado como uno de los factores que determinan la peligrosidad de un parque eólico al condicionar el comportamiento y el uso del espacio que las aves planeadoras hacen de las inmediaciones de los aerogeneradores. Las especies con elevada carga alar son especialmente sensibles a esta circunstancia. Por ejemplo, *Gyps fulvus* (Accipitridae) utiliza las laderas de las montañas y colinas para ganar altura y, de hecho, es una de las especies que colisiona con mayor frecuencia con los aerogeneradores de parques eólicos situados sobre este tipo de elevaciones del terreno. El objetivo de dicho estudio fue mostrar que un modelo espacialmente explícito de generación de corrientes ascendentes en laderas puede ayudar a contrastar hipótesis cuantitativas sobre los mecanismos involucrados en la mortalidad del buitre leonado en dos parques eólicos del campo de Gibraltar. El modelo estima la fuerza ascendente del viento en cualquier punto de un parque eólico, de manera que es posible relacionar la sustentación con la conducta de los buitres.

Los primeros resultados indican que el modelo es capaz de predecir con suficiente precisión la localización de áreas dentro de los parques eólicos especialmente peligrosas para los buitres. En estas zonas se registraron mayores tasas de mortalidad o conductas de mayor riesgo, y tienen en común que la fuerza de las ascendentes se encuentra cerca del mínimo necesario para poder sustentar a los buitres en su ascensión. Se considera que la herramienta es eficaz para minimizar la mortalidad por colisión de esta especie tanto en la fase de planificación de nuevos parques eólicos (ubicación de los aerogeneradores) como en la fase de explotación (automatización del funcionamiento de los aerogeneradores potencialmente peligrosos).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

El desarrollo y la utilización de modelos predictivos no son mencionados como alternativa de mitigación de impactos a nivel nacional.

ANÁLISIS COMPARATIVO

En la literatura internacional revisada, se hace mención al uso de modelos que intentan predecir áreas de gran sensibilidad para aves a escala espacial y también se citan modelos predictivos que utilizan variables meteorológicas como velocidad y dirección del viento, humedad relativa, y temperatura para predecir situaciones críticas como por ejemplo baja visibilidad, fuertes vientos o tormentas, que fuercen el aterrizaje de grandes grupos de aves en sitios poco comunes.

A pesar de que los modelos predictivos pueden ser herramientas de gran utilidad para definir la localización de los proyectos, de modo de minimizar los impactos sobre ciertas especies clave, en Chile aún no se han desarrollado intentos por implementar medidas de este tipo.

f. Planes de contingencia

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

De acuerdo a la literatura revisada, se concluye que los planes de contingencia no se mencionan ni se utilizan como medida de mitigación en el contexto internacional.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Si bien el diseño y desarrollo de planes de contingencia, para recuperar o rehabilitar ejemplares dañados o heridos por colisiones con los aerogeneradores no constituye una real medida de mitigación de los impactos, (de hecho en ninguna de las publicaciones internacionales la consigna como tal), en Chile es la solución más recurrentemente planteada en los procesos de evaluación ambiental, tanto por los titulares de los proyectos, como por la autoridad al momento de evaluar los proyectos en el marco del SEIA.

Es así como en 21 de los proyectos analizados (60, 62, 63, 64, 70, 72, 73, 74, 79, 81, 83, 84, 96, 97, 98, 99, 102, 105, 199, 200, 201, 203), se propone, y acepta, como medida de mitigación, la recolección de ejemplares injuriados y su traslado a centros de rehabilitación o incluso la implementación de sitios dedicados a este fin, en las propias instalaciones del proyecto.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Es importante señalar que se constató que en ninguna de las publicaciones internacionales revisadas, se consigna como medida de mitigación, el desarrollo de planes de contingencia para rescatar y rehabilitar ejemplares dañados por colisiones, por lo cual se concluye que los esfuerzos debieran dedicarse mayormente a la prevención de colisiones que a la reparación post evento. Sin embargo, considerando que esta es una medida recurrente en nuestro país, sería recomendable que, como medida de compensación, se proponga que los Proyectos aporten al mejoramiento de los Centros de Rehabilitación regionales existentes o, si no los hay, impulsen y apoyen iniciativas locales para el establecimiento de dichos Centros.

g. Diseño de estructuras

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Respecto al diseño de estructuras que evitan las colisiones, se ha descrito que son mejores las torres de tipo tubular (27), en comparación con las torres de tipo *Lattice* o enrejado, dado que las primeras no permiten a las aves posarse (40, 43). Además, se ha observado que el recambio de torres viejas y pequeñas, por torres nuevas de mayor capacidad energética, podría tener un efecto favorable sobre las poblaciones de aves y murciélagos, si estas equiparasen la capacidad energética total de la central, dado que una turbina nueva puede reemplazar varias turbinas viejas (27).

Las primeras turbinas fueron montadas en torres de 18-24m de altura y tenían rotores 15-18m de diámetro, que giraban a 60-80 revoluciones por minuto (rpm). Las turbinas eólicas actuales están montadas en torres 60-85m de altura, con rotores de 40-47m de diámetro. Las turbinas más grandes (≥ 500 kW las nuevas, 40-300kW las antiguas), tienen un menor número de revoluciones por minuto (reduciéndose de 11 a 28 rpm), pero tienen una velocidad en las puntas de las aspas similar a la de las turbinas más pequeñas (43). Atienza et al. (16) señala que son preferibles los aerogeneradores que funcionan con una menor velocidad de rotación, siendo este tipo de generadores el más extendido en el ámbito marino. Esta diferencia puede ser en parte responsable de las bajas tasas de colisiones de aves rapaces, observadas en la mayoría de las instalaciones eólicas donde se han instalado grandes turbinas, ya que el enfrentarse a aerogeneradores de mayor tamaño, les facilitaría la identificación de las aspas como un objeto individual, pudiendo esquivarlas con mayor facilidad (40), no obstante, no existen estudios que hayan investigado el efecto de la desaceleración de rotación de las aspas en aves (210). De igual manera, un número considerable de otras modificaciones en la tecnología de turbinas (no sólo su tamaño y altura) han tenido lugar en los últimos años, lo que hace difícil separar los efectos individuales de cada una de ellas y por lo tanto determinar el grado en que el tamaño afecta las tasas de colisiones (43).

Se señala que existiría una clara relación entre la incidencia de colisiones y la altura de las estructuras, especialmente en condiciones de baja visibilidad, dado que mientras más altos se

fabriquen los pilares de los aerogeneradores, podría incrementarse la tasa de mortalidad al interceptar la altura de vuelo de las aves que realizan migraciones nocturnas (16, 43). No obstante estas aves vuelan en modo crucero, alcanzando mayores alturas que las turbinas eólicas, con posibles excepciones durante tiempo inclemente, despegues o aterrizajes (05). Las experiencias recopiladas en países tales Nueva Zelanda y Estados Unidos, señalan que estructuras mayores a los 150m, podrían constituir un peligro para los vuelos de estas aves (210). Mabee et al. (222) realizó un estudio en West Virginia, con respecto al comportamiento de migración nocturno de las aves sobre el parque eólico de Allegheny Front, donde se determinó, a través del uso de radares, que las aves volaban entre los 214 y los 769m de altura, siendo un evento aislado la medición entre los 200-300m. Barclay et al. (233), probaron en su estudio, que las tasas de mortalidad no tenían relación con el tamaño de las torres, ni con el diámetros de los rotores actuales (90m de diámetro, 94m de altura de las torres).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

En Chile el tipo de estructura más utilizado es la de tipo tubular, fabricada en acero (Figura 8). Dentro de los proyectos SEIA revisados, se encontró que la altura promedio de las estructuras es de 120m (torre más las aspas), no superándose en ningún caso los 150m. Aquellos parques eólicos que mencionaron como medida de mitigación técnica el uso de torres de “mayor tecnología” (64, 87, 103) resultaron tener la misma altura y características que el resto.

Respecto al diámetro del rotor, tampoco se observan grandes diferencias, siendo en su mayoría de 100m, con un máximo de 127m. Este tipo de diseños permite una velocidad de rotación más lenta (103). Los entrevistados no hicieron referencia al tema ni tampoco se encontró información en los artículos nacionales.



Figura 8. Torre de tipo tubular DIA Parque Eólico Alena (64)

ANÁLISIS COMPARATIVO

Debido a que las compañías que instalan en Chile sus parques eólicos son de origen internacional, las estructuras que ellos implementan son las mismas que se utilizan en otros países de Europa o América del Norte. Generalmente son de tipo tubular, con alturas de 120m aprox. y diámetros de rotor de 100-127m, destacándose que la estructura de tipo tubular es considerada hasta el momento la mejor evitando las colisiones, ya que como se mencionó anteriormente impide que las aves se posen en las estructuras.

Estas torres consideradas como “de alta tecnología” podrían llegar a causar problemas para las aves migratorias, especialmente en momentos de mal tiempo, donde las tormentas o la neblina abundante pueden ser un factor de riesgo para las aves, debido a que los problemas para maniobrar durante el vuelo y la escasa visibilidad, las obligan a descender en altura, acercándose peligrosamente a los aerogeneradores, hecho que cobra especial relevancia en países como Chile, el cual recibe una gran cantidad de aves migratorias.

Internacionalmente no existe un consenso respecto a si efectivamente las torres que se utilizan actualmente sean menos peligrosas para las aves que las antiguas, probablemente debido al poco tiempo de uso que tienen en el área energética, lo que dificulta a su vez la recopilación de datos para estudios. Aunque sí se tiene claro que ayudan a ocupar un menor número de estructuras para generar una cierta cantidad de energía.

Dado que el uso de estas tecnologías está globalizado, es practicante imposible llegar a realizar modificaciones en ellas, por lo que no se considera como una medida mitigación aplicable en el país.

h. Corte selectivo de turbinas problemáticas

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Muchos autores mencionan que el cese completo de actividades de un parque o de algunos de sus aerogeneradores durante algunos períodos de tiempo específicos, sería una herramienta de gran utilidad para disminuir la incidencia de colisiones y mortalidad de aves (16, 23, 25, 28). En especial durante las noches con un paso migratorio importante o con condiciones meteorológicas adversas (16, 23, 28), o en lugares reconocidos como cuellos de botella para migraciones, tales como pasos de montaña y área de concentración o reproducción de aves como humedales (25, 26, 27, 204).

De Lucca et al. (224) realizaron un estudio en el cual investigaron la efectividad del corte selectivo de turbinas en las mortalidades de *Gyps fulvus* (Accipitridae) en 13 parques eólicos de España. La investigación se realizó en el estrecho de Gibraltar, lugar de paso de diversas especies migratorias que se dirigen hacia al este de África, entre ellos la especie anteriormente mencionada. Aquí se estaba llevando a cabo un programa de monitoreo ambiental, que muchas veces incluía la parada de ciertos aerogeneradores que supusieran situaciones de riesgo (bandadas cercanas u otro). Se constató que existían 10 turbinas particularmente peligrosas que se distribuían dentro de seis de

los 13 parques eólicos de la zona incluidos dentro de dicho programa de vigilancia. Las paradas selectivas fueron llevadas a cabo entre los años 2008-2009, y lograron disminuir las muertes de la especie en un 50,8%, observándose particularmente su efecto en los meses de migración, con un tiempo máximo de detención de 22 minutos/aerogenerador. Debido a que estas aves son diurnas, las mayores mortalidades se concentraron dos horas después del amanecer y dos horas después del atardecer, por lo que las paradas de turbinas solamente deberían ser hechas dentro de esas dos horas, específicamente en los momentos peligrosos, lo que se puede perfeccionar por medio del uso de radares. Finalmente las pérdidas de producción energética por este tratamiento, fueron de 0,07 anual (224, 228, 232).

No obstante lo expuesto en relación a esta medida, Drewitt & Langston, en Edkins (25), opinan que para conocer sus reales efectos, esta medida debe ser rutinariamente implementada y que aunque las torres con sus hojas en posición estacionaria parecen constituir un riesgo menor para las aves en vuelo que las hojas en movimiento, se desconoce en qué proporción real se reducirían las muertes por colisión. Por lo tanto, considerando que las colisiones también ocurren con las torres de las turbinas, esto no excluye la necesidad de evitar la instalación de parques eólicos en rutas de migración o en otros lugares donde se producen concentraciones de especies vulnerables a las colisiones.

La gran aplicación y eficacia de esta medida se da cuando se conocen las fechas de paso de ciertas aves migratorias, durante condiciones meteorológicas adversas, o cuando hay aerogeneradores particularmente conflictivos (16), logrando evitar muertes masivas de aves. Cabe destacar que no es una medida efectiva cuando el parque eólico se ubica en sitios con altas densidades de aves residentes (04).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

En Chile el corte de actividad no es mencionado dentro de las medidas para evitar las colisiones. Únicamente el P. E. San Juan de Chañaral de Aceituno (74), señala que en caso de que se presenten reiteradas situaciones de colisión, se evaluará la medida de disminuir las revoluciones de giro de las aspas en ciertos períodos de tiempo o modificar el ángulo del aerogenerador. En tanto que el P.E. Tólpan (70), lo señala dentro de revisión bibliográfica, pero no se compromete a ello.

Ninguna de las otras fuentes hace mención a dicha medida, probablemente debido a que los estudios que apoyan esta solución son relativamente nuevos.

ANÁLISIS COMPARATIVO

A lo largo de este análisis bibliográfico, se encontró sólo un artículo científico que probase la eficacia de esta medida en la disminución de las colisiones, además de haber sido evaluada en una sola especie de ave. No obstante, sí es muy apoyada por otros autores, quienes recalcan su utilidad potencial en la disminución de impactos en aves migratorias. En cuanto a los costos

económicos de implementación del tratamiento, se cree que son marginales, aunque de todas maneras conlleva costos en la producción energética, lo que podría dificultar su aceptación por parte de los titulares.

Los lugares que son rutas de aves migratorias pueden beneficiarse fuertemente por la aplicación de esta medida, ya que puede evitar la muerte de miles de aves en una sola noche. Debido a que una porción de los parques eólicos nacionales se emplaza en lugares cercanos al borde costero – ruta de migración de aves reproductoras boreales-esta medida podría ser útil y adecuarse a la realidad nacional. No obstante lo anterior, un paso previo a ello sería refinar el conocimiento de las rutas migratorias.

i. Aumento de la visibilidad de las aspas

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Corresponde a una medida bastante económica que consiste en pintar las aspas para aumentar su visibilidad para las aves durante el día (01, 16, 25, 42). El problema es que cuando las aves están muy cerca de las turbinas, no logran distinguir las aspas como un objeto “sólido”, sino que simplemente lo captan como una mancha en movimiento, esto se produce especialmente al mirar las puntas de las aspas girando, ya que la velocidad absoluta siempre es más rápida en las regiones perimetrales del aerogenerador, haciéndose cada vez más difícil para la retina identificar un objeto en la medida que se aproxima al mismo. La distancia a la que este fenómeno ocurre es a 20m para rotores pequeño, y 50 m para rotores grandes y rápidos (27).

Se han descrito diversas alternativas de pintura, sin embargo aún no ha sido del todo probada su efectividad en la disminución de las tasas de colisiones (16). Respecto a la pintura UV, existen bastantes discrepancias, ya que produciría un aumento de 52% de las fatalidades (25). Hötter et al. (27) asegura que no se han registrado resultados concretos al pintar las aspas con este tipo de pintura y Atienza et al. (16) postula que efectivamente incrementa la visibilidad de las hélices. Estas discrepancias podrían deberse a que existen diferencias de captación en la longitud de onda del UV entre distintas especie aves (25). En tanto, el muy mencionado uso de pinturas antireflectantes, es solamente una medida dirigida a evitar al ojo humano la molestia de la visualización del reflejo de las aspas (219), sin tener mayor efecto en el ojo de las aves.

Long et al. (218) demostraron que el color de las turbinas puede hacer gran diferencia al momento de evitar colisiones, evidenciando en su estudio que los insectos se ven altamente atraídos por los colores blancos (RAL 9010) y el gris claro (RAL 7035) de las turbinas eólicas. En tanto que el color purpura, disminuiría considerablemente el grado de atracción y con ello el acercamiento de sus predadores (aves y murciélagos) a estas estructuras. Edkins (25), resume que autores han encontrado discrepancias, ya que estudios han demostrado que pintar de barras rojas y blancas, reduce en un 90% las colisiones (n=10), mientras que otros han observado un aumento de dichas fatalidades en un 2-3%. Se ha comprobado que para las aves los colores sólidos rojo,

verde y negro, son mucho más visibles que el blanco, dentro de los cuales el amarillo posee la máxima visibilidad. No obstante, esto se modifica al probarlo contra fondos naturales (220).

Se plantea que no sólo el color es importante al momento de prevenir colisiones, sino que también la disposición en que estos se aplican en las aspas influiría en su eficiencia (220). Hötter et al. (27) aconseja el marcaje perpendicular al plano de giro de las aspas cuando se utiliza color negro; así mismo sugiere que marcar la punta del aspa permitiría su visualización desde los costados.

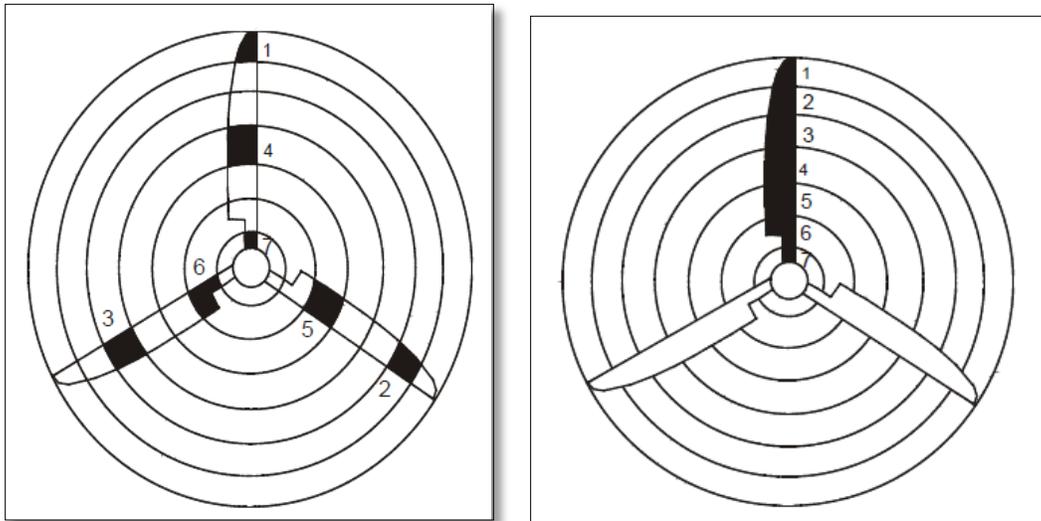


Figura 9: Izquierda: Pintura de aspas con distintos patrones en cada aspa. Derecha: Una sola aspa de color negro (220)

Maximizar el tiempo de estimulación entre la misma región retinal es un método para aumentar la visibilidad de cada aspa. Para esto se deben pintar distintos patrones en cada aspa, con la idea de que no se repitan los lugares pintados entre ellas (Figura 9. Izquierda). Otra forma es juntar todos estos segmentos pintados en una misma aspa, lo que da como resultando un aspa de color sólido; esto es más fácil de lograr pues requiere de menos precisión (Figura 9. Derecha). En un estudio desarrollado con *Falco sparverius* (Falconidae) se evaluaron distintas aspas pintadas con patrones lineales en diferentes grados de separación. Así se llegó a la conclusión de que para las aves, un aerogenerador con una aspa pintada de color negro entero (y las otras dos blancas), es dos veces más visibles que uno con las tres aspas de color blanco (27, 220). Sin embargo, no se sabe hasta qué punto estas características podría evitar colisiones, especialmente en condiciones de mala visibilidad. Además, tales medidas pueden ser inaceptables por razones paisajísticas (217).

Un problema agregado, es cuando disminuye la superficie de visibilidad del aspa al ser avistada lateralmente. Para evitarlo, se debería aumentar el tamaño de la puntas tomando siempre en cuenta el concepto de borrosidad por movimiento. Una posible solución a este problema es implementar un accesorio rectangular a la punta externa del aspa. Este accesorio tiene que ser

fijado en ángulo recto al eje del aspa, con el objetivo de minimizar el frotis de movimiento (Figura 10). Si un único dispositivo provoca un desequilibrio del conjunto de rotor, rectángulos adicionales podrían ser añadidos a las otras dos aspas para dar equilibrio, estos tienen que ser transparente o pintados de blanco (220).

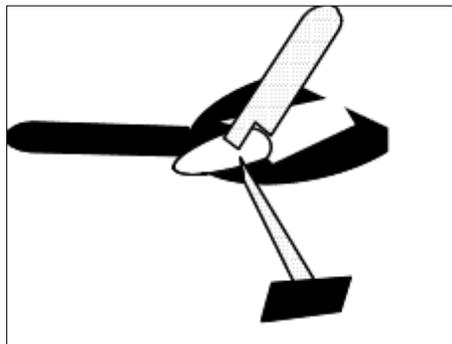


Figura 10. Rectángulo fijado a la punta de un aspa (220)

Hasta el momento los estudios de campo no han sido capaces de resolver la incógnita respecto a la eficiencia real del pintado de aspas, dado lo difícil de su comprobación debido a la metodología de los estudios (27). Sin embargo, se desprende que el pintar las aspas de colores claros, como el blanco o el gris, que son los usuales de fábrica, no ayudaría a aumentar la visibilidad. En tanto que el uso de pinturas UV, puede ser cuestionado debido a la falta de estudios que prueben su eficacia, asimismo como la indicación de uso de pinturas antireflectantes con fines beneficiosos para las aves.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

El aumento de visibilidad de las aspas es la medida más aludida por los proyectos SEIA y los encuestados, para evitar las colisiones de aves con los aerogeneradores. En la mayoría de los casos, simplemente se menciona, y solamente un par de casos se indica el color específico a utilizar, haciendo alusión a la experiencia positiva del titular en otros parques eólicos con el uso estos colores. El P.E. Cabo Leones (80) asegura haber tenido éxito con el uso del color blanco mate, en tanto que el P.E. Canela (105) destaca el uso del color RAL 7035 gris claro, el cual es el color original con el cual son fabricadas las aspas. Dichos colores, son los peores para pintar las aspas, ya que tienen la desventaja de generar el efecto de borrosidad por movimiento, evitando que las aves puedan distinguirlas. Probablemente, la experiencia de los titulares, guarde relación con otras circunstancias que terminan por evitar las colisiones, tales como la ubicación del parque, o las características de la biodiversidad del lugar.

Otra opción mencionada es el uso de pinturas antireflectantes. Como ya se analizó, estas no tendrían relación alguna con la visibilidad de las aves, sino que es una medida de mitigación que evita el reflejo de las mismas al ojo humano, por lo que su alusión como medida de mitigación para colisiones no debería ser considerada como válida. En tanto que pintar las aspas con franjas

de color (102), sería lo más cercano a una medida real, aunque esto debe ser hecho con distintos patrones para cada aspa. Las otras fuentes nacionales consultadas no hacen alusión al tema (artículos nacionales, entrevistados).

ANÁLISIS COMPARATIVO

El aumento de la visibilidad de las aspas es una solución altamente recomendada tanto a nivel internacional como nacional. Aún no ha sido del todo validada, pero diversos estudios internacionales la recomiendan, siempre y cuando sea aplicada de la manera correcta. Su costo económico, la convierte además en una medida aplicable a cada proyecto.

Se sabe que se debe evitar el uso de pinturas claras, como el blanco o el gris claro, por el efecto de borrosidad que producen, aparte de la atracción de insectos. Los colores más idóneos aún no han sido definidos, pero estudios aseveran que los colores más oscuros, como el púrpura o simplemente el negro, permitirían resolver los problemas anteriormente mencionados. El problema son los impactos a que podría acarrear a nivel de paisaje el uso de estos colores, ya que también se aumenta la visibilidad de los aerogeneradores para el ojo humano.

En Chile se constató que es usual el uso de colores claros, dentro del espectro entre blanco y gris claro, lo que debería ser modificado, y bajo ninguna circunstancia ser considerado como una solución. El uso de pinturas UV sigue estando en discusión, en tanto que la utilización de pinturas antireflectantes no tiene influencia en la visión de las aves, sino que apunta a mitigar el brillo que molesta al ojo humano.

La forma en que se pintan las aspas es gravitante al momento de ser avistadas o no por las aves. Se debe pintar un aspa, o las tres en distintos segmentos, para que puedan ser diferenciadas. Asimismo se plantea el problema que se genera cuando estas son avistadas desde un costado, para lo cual se sería positivo poner una especie de lengüeta rectangular perpendicular a la punta del aspas.

El aumento de visibilidad de las aspas es la medida más aplicada en los parques eólicos de Chile, no obstante, los colores y la forma en que se propone pintar las aspas no son las indicadas. Sin embargo, este problema es fácil de resolver por medio de la divulgación de la información correcta al respecto.

j. Sistema de ultrasonido

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Los sistemas disuasivos bioacústicos, son dispositivos sónicos que transmiten sonidos de relevancia biológica, es decir, emiten llamadas de alarma producidas por las aves cuando están heridas, atrapadas, o capturadas. Estas llamadas son especie-específicas y pueden causar que los conspecíficos, e incluso otras especies taxonómicamente similares, huyan del lugar desde donde son emitidas. Dichos sonidos rara vez causan habituación. El problema es que depende de cada

especie la reacción que se obtendrá, ejemplo de ellos son las gaviotas, las que son atraídas por estas grabaciones, aparentemente con el objetivo de investigar. En tanto que en otras especies, como *Nycticorax nycticorax* (Ardeidae), se ha documentado un 80% de efectividad. Otra modalidad de disuasor de sonido es el uso de vocalizaciones de predadores, como por ejemplo halcones (230).

Los sistemas sónicos que generan una variedad de sonidos producidos electrónicamente, también están disponible en el comercio. Estos pueden emitir ruido a niveles de hasta 120 dB (A) a un metro de distancia. Dicha gama de ruidos fuertes y repentinos puede asustar las aves, pero dado que no tienen un significado biológico, el riesgo de habituación es alto. Algunos sistemas sónicos producen vocalizaciones de alarma de aves combinadas con sonidos electrónicos de hasta 119 dB (A) a cinco metros, con volumen ajustable para uso cercano a zonas urbanizadas. Con los sistemas de tipo estáticos, se puede reducir la habituación, cambiando su ubicación y ajustando los sonidos (24, 230).

Cabe destacar que no existe evidencia de que los disuasores ultrasónicos funcionen, de echo la evidencia indica que la mayoría de las especies de aves no pueden oír en el rango ultrasónico (>20kHz), además no existen bases biológicas para su uso, muestra de esto es un estudio que probó que las palomas ignoran por completo dichos aparatos. Asimismo se debe tener presente que al igual que cualquier otro sonido, la transmisión se verá afectada por la dirección del viento, además de cómo estos son reflejados por las estructuras aledañas. La temperatura también sería un factor importante. Se describe que algunos aparatos podrían alcanzar hasta 300m (230), lo que quiere decir, esta técnica no puede ser utilizada en lugares muy amplios, además de ser cara (24). Asimismo se debe considerar el impacto social que traen estos sonidos para las comunidades (217).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Esta medida es muy aludida en los proyectos al SEIA (62, 65, 66, 68, 80, 81, 96, 100, 103, 105). Ninguno de proyectos SEIA hace mención al tipo de aparato, ubicación u alguna otra característica que aporte detalles del mismo, lo que es de vital importancia, ya que como se detalló anteriormente en este documento, solamente algunos tipos de sonidos serían efectivos, además de depender de los factores ya mencionados. Es importante tener en cuenta que se necesitarían una gran cantidad de estos aparatos para disuadir a las aves de acercarse a un parque eólico, así como también sería necesario tener planes para cambiar la ubicación de los dispositivos y sus sonidos. Los encuestados se refieren a ellos como emisores de ultrasonido o disuasores de sonido de baja frecuencia, pero tampoco mencionan alguna otra característica que aporte datos concretos del aparato en cuestión.

Una de las razones por la cual este sistema es tan mencionado a nivel nacional, guarda relación con las medidas de mitigación recomendadas por el SAG en D-PR-GA-008-versión 01, donde se hace alusión a la “Implementación de sistema ultrasonido para evitar colisión en líneas de transmisión y en aerogeneradores” (226).

ANÁLISIS COMPARATIVO

La efectividad de este método para ahuyentar a las aves aún está en discusión. Su éxito depende de diversos factores, siendo esta multifactorialidad lo que aumenta la variación de sus resultados. Las características de las especies y del lugar son fundamentales al momento de aplicarlo. Se ha visto que las frecuencias y ruidos que no tienen un componente biológico de “miedo” no son útiles a largo plazo, generando una pronta habituación por parte de las aves. De igual manera la especie de ave determinará la reacción frente al uso de vocalizaciones de alarma, pudiendo obtenerse incluso el efecto contrario, haciendo que se active una respuesta de investigación del lugar desde donde provienen.

Estos métodos son difíciles de implementar en lugares abiertos, ya que se necesitaría un gran cantidad de ellos para cubrir dicho territorio, asimismo, la transmisión de las ondas de sonido depende de factores como la temperatura, y las características de la superficie (objetos u otros que hagan que rebote el sonido), además del impacto que tienen estos sonidos para las comunidades humanas cercanas. En general, este sistema es comercializado principalmente para lugares como aeropuertos, estaciones de trenes u otros similares. No empero, otras empresas los venden específicamente para su uso en parques eólicos, estos productos están en su mayoría equipados con un radar de detección que permite que se active la generación de sonidos en base al acercamiento de los pájaros.

Su uso en la disuasión de aves no está acreditado por la comunidad científica y su utilización como medida necesita de mayores pruebas.

k. Detección remota

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Los sistemas de detección remota serían una de las mejores tecnologías disponibles a la fecha, ya que permiten la detección de aves en tiempo real y la activación automática de un sistema de alerta, que gatilla la detección de los aerogeneradores (parada de dos minutos y medio, promedio) o la disuasión de las aves que se encuentran cercanas a las turbinas (Figura 11). Otra ventaja adicional de este tipo de sistemas, es la posibilidad de obtener un registro automático del número de colisiones reales por aerogenerador, lo cual pasa a formar parte del sistema de vigilancia ambiental (16).

El sistema de detección remota, llamado comercialmente *DTBird* ya ha sido instalado en dos parques eólicos (Zaragoza y Navarra) de España, con aparente buen resultado. Siendo obligatoria la instalación de este sistema o de uno de similares características, según una resolución publicada en ese país el año 2011, (16).

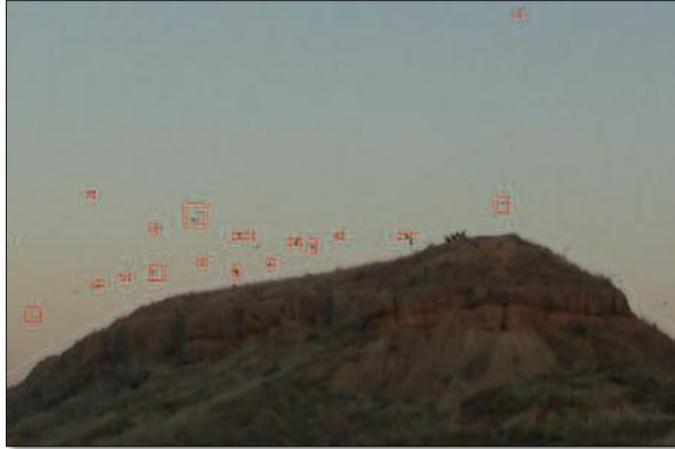


Figura 11. Fotografía donde se aprecia como el sistema de detección remota detecta la presencia de aves en vuelo (16)

Dentro de la planta de energía eólica Smøla, en Noruega, se instalaron dos sistemas de video *DTBird* para probar su eficacia para controlar las colisiones y para disuadir a las aves a través de sonidos de alerta. El sistema recibe la información a partir de dos conjuntos de cámaras de video ligeras colocadas en la torre de la turbina, una cámara colocada verticalmente y otra horizontalmente. Estas cámaras cubren el área barrida por el rotor hacia arriba y hacia la zona de aproximación hacia la turbina con un ángulo de visión de 90°. Cada juego incluye también dos altavoces de advertencia/disuasión, colocadas en la torre de la turbina. Las entradas de vídeo de los sensores son analizadas automáticamente de forma local, y las secuencias de vídeo se almacenan de forma automática y actualizada en una plataforma de análisis. Cuando un ave observada cumple con los criterios de distancia de alerta/disuasión, el sistema emite automáticamente una señal acústica. El sistema fue efectivo detectando al 76-96% de las aves que volaron cerca del área de riesgo con luz de día, si se ve en relación a las 24 horas, su porcentaje de detección fue de 59-80% (215). En su página web comercial (<http://www.dtbird.com>), se puede ver que es utilizado en países como Italia, Albania, Polonia, Francia y otros tantos. Asimismo se señala que uso está incluido en *Good Practice Guidance and Associated Toolkit. GP Wind Project*.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Ninguna de las fuentes nacionales consultadas menciona el uso de la detección remota como medida de mitigación, lo que podría deberse al desconocimiento de su utilización a nivel internacional, o a que ha sido descartado completamente debido a los costos económicos que implica.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Los sistemas de detección remota permiten la detección de aves en tiempo real y la activación automática de un sistema de alerta, que gatilla la detección de los aerogeneradores o la activación

de sonidos de disuasión. Son ampliamente utilizados por países dentro de Europa, e incluso es recomendado por manuales de buenas prácticas eólicas. Su costo es de 15.000-35.000 Euros (11.123.279- 259.54.318 CL) dependiendo de la cantidad que se ordene. Dicho precio hace difícil su implementación en Chile, sin embargo, se debe tener en cuenta que las compañías internacionales, probablemente estén dispuestas a realizar estas inversiones en otros lugares de mundo, lo que hace cuestionarse su posible implementación en Chile.

I. Luces de navegación

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

El evitar el uso de luces de señalización permite disminuir en gran medida las colisiones de aves contra las aspas de las turbinas eólicas (15, 42), puesto que las luces instaladas en la parte superior de los aerogeneradores para que las aeronaves los reconozcan, son un factor fuertemente atrayente (16, 27), especialmente durante los días de baja visibilidad (15, 16, 24, 42, 217). Las aves no sólo corren el riesgo de morir o herirse al colisionar contra las infraestructuras, sino que también están propensas a agotarse, pasar hambre, o ser depredadas (16). Adicionalmente, las luces podrían atraer a algunas aves indirectamente, por medio de la captación de potenciales presas, como son los insectos (25).

Aunque todavía no se han estudiado en profundidad los métodos de iluminación que permitan reducir dicha atracción, se postula que la sustitución de las luces continuas rojas o blancas por una iluminación intermitente podría ser de ayuda (16, 40, 43). Sin embargo, algunos estudios sugieren que cualquier fuente de luz visible para los seres humanos, también lo es para las aves y por lo tanto supone un peligro potencial (16). Es probable que la intensidad de la luz y la frecuencia con la que se emita, sean factores más importantes que el color en sí, indicando que cuanto más largo es el período de oscuridad entre destellos de luz, las aves son menos propensas a sentirse atraídas o desorientadas (16, 25, 43, 217).

La Administración Federal de Aviación (FAA) regula el alumbrado prescrito para las estructuras de más de 199 pies o 60,66m de altura sobre el nivel del suelo, para garantizar un tráfico aéreo seguro. La FAA recomienda actualmente para la iluminación de las turbinas eólicas comerciales, el uso de luces estroboscópicas, que producen destellos momentáneos intercalados con períodos de oscuridad de hasta tres segundos de duración, permitiendo la iluminación de una porción de las turbinas instaladas (por ejemplo, una de cada cinco) y disparando todas las luces de forma sincronizada. Dichas luces estroboscópicas o intermitentes no parecen influir en las tasas de mortalidad de las aves paseriformes (43).

El color y el tipo de luz es un tema de discusión para el cual se encuentran diversas recomendaciones. En Nueva Zelanda, la Civil Aviation Authority of New Zealand (CAA), exige que cada turbina de los extremos de una fila esté iluminada, pudiendo requerirse mayor iluminación dependiendo de la cercanía de la misma a un aeropuerto. Las luces utilizadas generalmente son de mediana intensidad y tienen que operar de manera tal que su visibilidad a nivel del suelo sea

mínima, para lo cual se instalan en la parte superior del nacelle luces rojas constantes dirigidas hacia arriba. Las luces blancas están prohibidas a fin de minimizar el riesgo para la vida silvestre (217). En tanto que un artículo preparado para el departamento de agricultura de Estados Unidos, recomienda el uso de luces blancas intermitentes de intensidad mínima, evitando iluminar todas las turbinas, así como también el uso de las luces sólidas o intermitentes de color rojo (211). De igual manera, un estudio de la influencia de la luz en las fatalidades de aves migrantes nocturnas demostró que las luces de color rojo constante atraen a las aves, no así las rojas intermitentes. Destacándose que las torres que contenían luces rojas, tanto constantes como intermitentes, registraron entre un 50-70% más de fatalidades, que aquellas que estaban equipadas solamente con luces rojas intermitentes. Poniendo hincapié de que sólo se deberían utilizar luces rojas intermitentes en parques eólicos (221).

En otras estructuras relacionadas con líneas de transmisión y centrales eólicas, se deberían utilizar luces con sensores de movimiento, de manera que permanezcan apagadas durante su tiempo en desuso, además de la implementación de faroles con pantalla orientadas hacia el suelo (40). Todas las luces innecesarias en edificios altos deberían apagarse, al menos desde 23:00 hasta el amanecer, y el uso de la iluminación con focos externos tiene que evitarse durante los períodos de migración. Cuando sea necesaria la iluminación con focos (ej. vallas publicitarias), el haz de luz debe ser dirigido desde arriba hacia abajo, en lugar de apuntar hacia el cielo, en tanto que la iluminación de seguridad para las instalaciones sobre el suelo deben protegerse para evitar que la contaminación lumínica al mínimo (25).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Las luces de navegación son exigidas para advertir durante la noche al ojo humano de la presencia de estructuras de una cierta altura, pudiendo funcionar como un elemento de atracción para las aves durante los periodos de migración o mal tiempo. En Chile son mencionadas erróneamente por los proyectos presentados al SEIA, como una medida de mitigación que evita que las aves colisionen. Describiéndose el uso de luces intermitentes blancas (63 y 64) o rojas (100, 105, dos encuestados y dos entrevistados) como medida de mitigación.

En Chile la DGAC exige a través del Decreto 173/2004, que las estructuras desde 105m y hasta los 150m (según la información nacional las estructuras eólicas miden en promedio 120m), deben ser iluminadas con luces de obstáculos de mediana intensidad Tipo A, B o C. Siendo las de Tipo A blancas con destellos simultáneos, Tipo B rojas con destellos simultáneos (las que deben ser utilizadas en conjunto con luces tipo B de baja intensidad) y C rojas fijas (212).

ANÁLISIS COMPARATIVO

A nivel nacional el uso de luces de señalización es muchas veces indicado erróneamente como una forma de evitar que las aves se acerquen y colisionen con estructuras. La realidad es que funcionan como un atrayente para las aves migratorias, especialmente en los momentos de escasa visibilidad, aumentando considerablemente el riesgo de colisión.

Las distintas fuentes nacionales mencionaron el uso de luces intermitentes, en su mayoría de color rojo, como medida de mitigación. En tanto que internacionalmente, si bien aún sigue siendo un tema en discusión, aparentemente existiría consenso en que el uso de luces intermitentes es lo más aconsejable, idealmente con intervalos de tres segundos y que se enciendan de manera sincronizada, iluminando sólo una porción de las estructuras dentro del parque eólico. Otro criterio en el que todos los autores concuerdan es que la intensidad de la luz es factor fundamental y que esta debería ser lo más baja posible.

Con respecto al color de la luz no existe una uniformidad de criterios en la bibliografía, ya que se recomienda tanto el uso de luces rojas y de luces blancas.

Desde el punto de vista de las posibilidades existentes entregadas por la DGAC para iluminar dichas estructuras, las más desaconsejables serían las luces tipo C de mediana intensidad (roja continua o fija), seguidas de las Tipo B de mediana intensidad, puesto que si bien estas luces son rojas intermitentes, deben ser utilizadas en conjunto con luces Tipo B rojas continuas de baja intensidad. Concluyéndose que las Tipo C (blancas intermitentes de mediana intensidad), serían las menos nocivas, a pesar de la falta unificación de criterios respecto a que color sería mejor de usar.

2.2. MURCIÉLAGOS

2.2.1. MORTALIDAD ASOCIADA A ESTRUCTURAS EÓLICA

a. Planificación y Regulaciones

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

En el ámbito de la planificación de las estrategias de generación eléctrica utilizando el potencia eólico y minimizando los impactos sobre murciélagos, no existe tanta literatura disponible como en el caso de las aves (23, 38, 40).

La planificación debe tomar en cuenta el tamaño, el tipo y la ubicación de las instalaciones eólicas, además, en cuanto a las especies de murciélagos presentes en el sitio, debe tomar en cuenta los posibles disturbios que se puedan causar a sitios de alimentación, rutas migratorias, hábitats y contemplar una estimación de las posibles tasas de colisión (23).

En una primera fase de selección de sitio, se debe tomar en cuenta la distancia del proyecto a sitios de paso migratorio, sitios de alimentación, reproducción y descanso (en el estudio consultado no se especifican distancias mínimas), además de tener información sobre los hábitats impactados por el proyecto. En una segunda fase de construcción, se debe planificar los trabajos en fechas cuando los murciélagos son menos activos (invierno), al mismo tiempo esto será dependiente de las especies presentes, de la ubicación geográfica y meteorología del sitio. En la tercera fase de inicio de actividades, las operaciones deben ser restringidas durante los momentos de mayor actividad de murciélagos (horario, periódico y/o por temporadas) para evitar colisiones.

Finalmente, en una fase post inicio de actividades, los planificadores deben incluir condiciones de desmantelamiento en caso que el impacto sobre las poblaciones de murciélagos sea de grandes magnitudes. Este desmantelamiento debe realizarse en periodos de menor impacto (menos actividad) (23).

Por último en el protocolo que propone el USFWS (40) se señala que es necesario “evitar o minimizar impactos adversos significantes y cuando sea apropiado, compensar por daños provocados” y se hace énfasis en realizar planificaciones que permitan evitar antes que minimizar daños.

Se concluye acerca de la importancia de crear medidas regulatorias a nivel europeo para estimar las fatalidades por colisión de las diferentes especies de murciélagos migratorios. Este estudio es interesante para recalcar la importancia de hacer estudios y planes de manejo a nivel continental (38).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Considerando que en el ámbito nacional no se lleva a cabo planificación para el desarrollo de proyectos de generación eólica, ni proyectos energéticos en general, si no que esto se regula de acuerdo a las necesidades e intereses del mercado, por lo cual no existe, por el momento ninguna posibilidad de planificar el desarrollo eólico, tomando en cuenta los probables impactos sobre murciélagos.

ANÁLISIS COMPARATIVO

En la revisión de la literatura internacional, la frecuencia de las referencias a la planificación para el desarrollo armónico de los proyectos eólicos con la conservación de los murciélagos, es menor que para el caso de las aves, probablemente porque el conocimiento acerca de los impactos sobre este grupo es más reducido y de menor antigüedad que para las aves.

No obstante se cita que la planificación debe tomar en cuenta el tamaño, el tipo y la ubicación de las instalaciones eólicas, relacionando estos aspectos con los posibles disturbios que se puedan causar a sitios de alimentación, rutas migratorias y hábitats de murciélagos., tanto en el nivel local como regional.

En nuestro país en cambio, como ya se indicó anteriormente cuando se analizó la situación de las aves, no existe planificación centralizada para el desarrollo eólico, lo que determina como consecuencia, que no se pueda considerar la inclusión del tema de los impactos sobre quirópteros en este proceso.

b. Evaluación preliminar y selección adecuada de los sitios donde se emplazarán los proyectos

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Muchas de las consideraciones que hacen de la evaluación preliminar y de la selección adecuada de los sitios para emplazamiento de parques eólicos el elemento primordial para prevenir impactos sobre aves, son válidas para murciélagos, puesto que como ya se vio en el punto anterior, la mayoría de los artículos hablan de ambos grupos de vertebrados voladores (05) (16) (21, 23, 25, 27, 40, 41).

Para el caso de los quirópteros es necesario aplicar los mismos procedimientos que se indican para las aves, en relación a la evaluación preliminar de los sitios donde se propone establecer proyectos eólicos, donde el conocimiento previo de la biología de las especies presentes y de su hábitat aparece como una importante medida de reducción de los impactos sobre las poblaciones de murciélagos (16, 22, 25, 27, 40).

Si bien los resultados de los estudios realizados no revelan patrones consistentes que permitan hacer recomendaciones para la localización y diseño a nivel macro (de los parques) o micro (de los aerogeneradores) para minimizar los impactos en murciélagos, las medidas sugeridas para aves podrían ser también de utilidad (25).

Es sabido que los impactos en murciélagos migratorios pueden minimizarse drásticamente si se instalan parques eólicos fuera de estas rutas migratorias, sin embargo el pobre conocimiento actual sobre la ecología de las diferentes especies no permite aplicar esta medida (41).

En cuanto a los sitios sensibles para aves y murciélagos, se debiera crear incentivos gubernamentales para el no uso de sitios prioritarios de conservación, como el pago de un impuesto por mega watt producido (42).

Rodríguez et al (23) asumen que el impacto sobre murciélagos puede ser mínimo, dependiendo del sitio seleccionado para la instalación de una central eólica. En una primera fase de selección de sitio, se debe tomar en cuenta la distancia (no se especifican distancias mínimas) del proyecto a sitios de paso migratorio, sitios de alimentación, reproducción y descanso, además de tener información sobre los hábitats impactados por el proyecto.

En desmedro de todas las medidas existentes y aplicables a parques eólicos, Hötter et al (27) afirman que la correcta elección del sitio donde este se construirá sigue siendo la medida más efectiva para reducir los impactos negativos sobre aves y murciélagos. En este sentido, se propone evitar sitios donde exista fauna o flora protegida, sitios con presencia de especies sensibles (5km como mínimo), sitios de migraciones conocidas, corredores de vuelo y/o sitios con altas concentraciones de aves (quebradas, portezuelos, humedales, crestas), sitios de hibernación, alimentación y migración de murciélagos, y evitar la fragmentación de hábitats homogéneos. Se recomienda una distancia mínima de 500m entre los diferentes sitios y los aerogeneradores (para turbinas de menos de 50m de altura) (27).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Es un hecho conocido que en nuestro país, en general la evaluación ambiental de los sitios donde se emplazarán proyectos de generación eólica, se lleva a cabo en el contexto del desarrollo de las Declaraciones de Impacto Ambiental o, preferentemente, en los Estudios de Impacto Ambiental, tomando como insumo de información las líneas de base, es decir, después de que el sitio ha sido definido considerando principalmente su aptitud desde el punto de vista del potencial eólico e incluso después de que los estudios de ingeniería se han completado. Lo anterior se corroboró al revisar el proceso de evaluación ambiental de un total de 46 proyectos de generación eólica, en el contexto del SEIA. Por lo tanto, al igual que lo señalado para el caso de las aves, se observa que no se toman en cuenta el estudio de las condiciones y aptitudes de los lugares seleccionados para instalar los parques eólicos, en cuanto a la posible generación de impactos negativos para quirópteros.

Por otra parte, en la revisión de la literatura científica, no se encontró ningún trabajo publicado sobre el tema en cuestión: Impacto de los proyectos de generación eólica sobre fauna silvestre y menos sobre la temática en particular.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Tal como se mencionó para el caso de las aves, en la literatura internacional se hace énfasis en que la evaluación preliminar de los sitios donde se instalarán los proyectos, es primordial para minimizar los impactos sobre quirópteros, aun considerando que esta no es una medida de mitigación propiamente tal, porque se lleva a cabo mucho antes de iniciar la construcción y operación de los proyectos.

En este contexto resulta de vital importancia determinar si el lugar de posible emplazamiento se encuentra dentro o cercana (a no más de 5 km) de un área sensible, donde existan sitios de paso migratorio, sitios de alimentación, reproducción y descanso, además de tener información sobre los hábitats impactados por el proyecto.

Para evaluar los sitios el caso de los quirópteros es necesario aplicar los mismos procedimientos que se indican para las aves, enfatizando en el conocimiento previo de la biología de las especies presentes y de su hábitat.

En el ámbito nacional, las únicas consideraciones ambientales que se tienen al momento de seleccionar un sitio, son las que impone la Ley de Bases del Medio Ambiente y que dicen relación con la existencia de Áreas Protegidas por el Estado. Adicionalmente, es necesario mencionar que los únicos estudios del medio biótico que se llevan a cabo, se realizan en el contexto de la Evaluación Ambiental, cuando ya los sitios han sido seleccionados, tomando en cuenta, principal y casi exclusivamente, su aptitud desde el punto de vista del potencial eólico.

c. Diseño y configuración del parque eólico

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

El diseño y la posterior configuración del parque eólico, puede ser determinante en la incidencia de accidentes, así como también lo es el diseño del ambiente en torno a los parques eólicos (27, 40).

En el protocolo desarrollado por el USFWS (40), se enumeran medidas básicas y luego medidas especiales para diseñar y definir la configuración de los parques eólicos, así como para los procesos de reemplazo de partes de los generadores o turbinas, y para el desarme de las centrales en su totalidad una vez que las operaciones de producción de energía no son viables, entre las cuales destacan las siguientes:

- Evitar la instalación de centrales en áreas donde la mitigación es imposible o muy difícil
- Minimizar al máximo posible caminos, líneas eléctricas, cercas, y otras infraestructuras asociadas
- Utilizar vegetación nativa en caso de reforestación de zonas degradadas
- En lo posible instalar líneas de media y baja tensión bajo tierra
- Evitar torres de telecomunicación sostenidas con cables
- Utilizar el mínimo de torres meteorológicas
- Minimizar actividades que puedan atraer predadores y presas
- Establecer zonas de buffer para proteger hábitats sensibles determinados en las etapas pre-construcción
- Ubicar las turbinas de manera a no separar aves y/o murciélagos de sus guaridas, sitios de alimentación o de reproducción
- Evitar impactos a cuerpos de agua y cuencas
- Luego de la construcción, se debe cerrar los caminos inútiles y restaurar el sitio con vegetación nativa
- Minimizar al máximo el número y longitud de caminos de acceso
- Minimizar los impactos a humedales y recursos hídricos
- Reducir al máximo el riesgo de incendios
- Reducir la introducción y dispersión de especies invasivas
- Tomar medidas de control de especies invasivas
- Tener un manejo de basura y desechos
- Evitar la construcción de mejoras en el hábitat existente, esto podría atraer más aves y/o murciélagos, lo que incrementaría el riesgo de colisión
- Utilizar torres tubulares para las turbinas.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

A partir de la revisión de los expedientes de la evaluación ambiental de los proyectos, no es posible detectar si es que se toma en cuenta la posibilidad de ocurrencia de impactos, para tomar decisiones en la etapa de diseño de los proyectos, no obstante en ninguno de los casos analizado tampoco se señala como medida de mitigación, la posible remoción o reubicación de las estructuras, después de la evaluación preliminar o posterior a la instalación del proyecto.

ANÁLISIS COMPARATIVO

El diseño de un parque eólico, tomando en consideración aspectos tales como evitar la instalación de centrales en áreas donde la mitigación es imposible o muy difícil o evitar la instalación de otros elementos que puedan constituirse en obstáculos o, especialmente, ubicar las turbinas de manera a no separar murciélagos de sus guaridas, sitios de alimentación o de reproducción, asoma como un elemento fundamental a la hora de minimizar los impactos, sin embargo en la revisión de los expedientes ambientales de los proyectos autorizados en nuestro país, no se hace referencia a este tema.

Por ello, es Indudablemente recomendable que, si existen antecedentes de la existencia de poblaciones de quirópteros residentes en el lugar seleccionado para construir un proyecto eólico o si la línea de base arroja información en tal sentido, se debe considerar este factor en el diseño, para disminuir los posibles impactos

d. Desarrollo y utilización de modelos predictivos

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

También para el caso de los murciélagos, al igual que para las aves, se postula la posibilidad de desarrollar modelos predictivos, que permitan prevenir episodios de colisiones o eventos de mortalidad (09, 41).

Por ejemplo, dado que los murciélagos presentan una mayor actividad durante las dos primeras horas luego de la puesta de sol, y esta, a su vez se encuentra fuertemente determinada por la abundancia de insectos y por condiciones meteorológicas, se estima que la creación de modelos predictivos que permitan estimar los períodos de mayor actividad permitirían disminuir los impactos negativos al desactivar las turbinas durante esos períodos (09).

Por otro lado se concluye que el uso de modelos estadísticos que contemplan múltiples variables ambientales para predecir la presencia de murciélagos migratorios, serían capaces de mejorar la eficiencia en el establecimiento de medidas de mitigación en centrales eólicas (41).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

En ninguno de los expedientes analizados se menciona esta medida como alternativa de mitigación de impactos.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Esta medida se asocia fuertemente a la anterior, dado que la predicción de episodios de gran actividad, de murciélagos, permite anticipar el momento en que el cese de la operación de las turbinas será más efectivo, de manera de reducir los tiempos en que se dejará de generar.

En el caso de los murciélagos que presentan una mayor actividad durante las dos primeras horas luego de la puesta de sol, y esta, a su vez se encuentra fuertemente determinada por la abundancia de insectos y por condiciones meteorológicas, se estima que la creación de modelos predictivos que permitan estimar los períodos de mayor actividad permitirían disminuir los impactos negativos al desactivar las turbinas durante esos períodos

A pesar de que los modelos predictivos pueden ser herramientas de gran utilidad para definir la localización de los proyectos, de modo de minimizar los impactos sobre ciertas especies clave, en Chile aún no se han desarrollado intentos por implementar medidas de este tipo.

e. Diseño de estructuras

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

El tamaño y la altura de los aerogeneradores han incrementado en los últimos años, actualmente se encuentran diámetros de rotor de hasta 90m y torres con alturas de incluso 94m (233). Las turbinas más altas alcanzan mayores distancias por encima del suelo, tienen áreas de barrida mucho más grandes, y por lo tanto se superponen más a las alturas de vuelo normales de los murciélagos. Mientras más grandes son sus hojas, también son más anchas y más largas produciendo mayores vórtices en las puntas de las aspas, junto con una mayor estela de turbulencia. Actualmente las potenciales repercusiones de estas nuevas tecnologías sobre las tasas de colisiones y barotraumas en murciélagos son un tanto inciertas (09, 43).

Barclay et al. (233), probaron que la altura de las torres tenían influencia en las altas tasas de mortalidad en murciélagos. Llevaron a cabo una revisión, en la que relacionaron el número de animales muertos con la altura de las torres. Obtuvieron diferencias significativas que comprobaron que las muertes de murciélagos aumentaron exponencialmente en la medida que se incrementaba la altura de la turbina, concluyéndose que mientras más altas son, matan más murciélagos (32, 233). Concluyéndose que las mayores mortalidades se producen en torres que miden 65m o más. En tanto que el área de barrida no pareció tener impacto significativo en el número de muertes. A esto se añade el que los murciélagos arbóreos muestran una atracción por las estructuras altas durante la época otoñal de migración, momento del año donde además muere la mayor cantidad de murciélagos (208).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

En Chile, según lo concluido a través de la revisión de los proyectos ingresados al SEIA, la altura promedio de las estructuras es de 120m (torre más las aspas). Estas estructuras podrían ser

consideradas como bastante altas cuando se trata de riesgos para murciélagos, ya que la ciencia ha demostrado sobre los 60m de altura aumenta el riesgo de colisión.

Respecto al diámetro del rotor, en su mayoría son de unos 100m, con un máximo de 127m. Los estudios prueban que esto no influiría en la incidencia de colisiones. Este tipo de diseños a la vez permite una velocidad de rotación más lenta (103). Lo que es positivo ya que mientras menor sea la velocidad de rotación de las turbinas en velocidades bajas de vientos, menos colisiones se producirán.

Dentro de las fuentes nacionales revisadas ninguna hace alusión a que el diseño de las estructuras podría influir, positiva o negativamente, en la probabilidad de colisiones de quirópteros. Probablemente no se tenga conocimiento respecto a la influencia que podría llegar a tener dicho factor en las muertes de quirópteros.

ANÁLISIS COMPARATIVO

La evidencia bibliográfica internacional, muestra que mientras más alta sea la turbina, más peligrosa es para los murciélagos, en Chile las alturas de los aerogeneradores son bastante altas (100-120m). Este es el estándar internacional y por ende es prácticamente imposible modificarlo, más aun considerando que dichas alturas tiene relación directa con una mayor generación energética. Los rotores también han incrementado su tamaño con las nuevas tecnologías, no obstante, como se analizó anteriormente, su tamaño no tiene influencia en las mortalidades.

Dado que la exigencia de la modificación de las alturas de las estructuras es muy poco factible de lograr, esta medida queda descartada para su uso inmediato. Se recomienda la elaboración de estudios que ayuden a evaluar la realidad nacional.

f. Aumento de la velocidad de corte o *Cut-in speed* de las turbinas

ANÁLISIS INTERNACIONAL

La velocidad del viento tiene una fuerte influencia en el grado de actividad que manifiestan los murciélagos, observándose aumentos en la presencia y actividad cuando las velocidades están por bajo los 6m/s, y disminuyendo cuando dicha velocidad es sobrepasada (214).

Las velocidades por bajo los 6m/s, son alcanzadas generalmente en de verano y otoño cuando se producen las migraciones, ejemplo de esto es el aumento de la presencia de murciélagos migratorios del género *Lasiurus* (y probablemente *Tadarida*) bajo dichas condiciones (41). Postulándose la existencia de una relación entre el incremento de la actividad y el aumento de las posibilidades de forrajeo de insectos. Contrariamente, los quirópteros disminuyen su actividad cuando las velocidades de viento se hacen más fuertes que 6m/s, así como también cuando llueve o hay bajas temperaturas (225).

Las muertes de murciélagos podrían reducirse sustancialmente mediante la reducción de la cantidad de horas de funcionamiento de las turbinas durante los períodos de poco viento cuando los murciélagos están más activos (<6m/s) (01, 04, 05, 14, 16, 18, 19, 25, 43, 214, 225). Esto puede lograrse mediante el aumento de la velocidad de "corte" o *cut-in speed* de las turbinas eólicas, definida como la velocidad mínima de viento necesaria para que las hojas de la turbina comiencen a girar y producir electricidad (43). En el caso de las turbinas comerciales esta velocidad se da cuando el viento alcanza una velocidad de 3,5-4,0m/s, momento en el cual existe gran movimiento entre los quirópteros, si esta velocidad de corte o *cut-in speed* es aumentada a entre 5,5-6,0m/s, disminuye el riesgo, debido a la reducción de ejemplares activos que vuelan en el ambiente. Es importante destacar, que estas bajas velocidades de viento son propias de un período específico de año, que es va desde finales de verano y principio de otoño en el hemisferio norte (01).

Al aplicar esta medida se han descrito disminuciones de entre un 50% (19) y un 93% (4) de las colisiones en murciélagos, especialmente durante períodos de migración (19). Ejemplo de esto es el caso de las instalaciones de Meyersdale y Mountaineer, donde se redujeron en un 82% y 85%, respectivamente las víctimas mortales, al hacer que sus turbinas dejaran de funcionar en aquellas noches cuando la velocidad media del viento fue de menos de 6 m/s, entre las fechas del 1 de agosto al 13 de septiembre 2004 (25). El estudio de Baerwald et al. (01), concluyó que disminuían en un 60% las muertes al aumentar la velocidad mínima de funcionamiento de las turbinas de 4 a 5,5 m/s. Para ello modificaron la inclinación de las aspas y bajaron la velocidad del generador (que es necesaria para que enciendan las aspas), esto tiene un efecto similar al tratamiento anterior, es decir, reduce el tiempo que rotan las aspas en velocidades de bajas de viento, pero tiene diferentes implicaciones para la operación de las turbinas desde el punto de vista técnico, ya que las pérdidas eléctricas son aún menores.

Respecto a los costos económicos de esta medida, Horn et al. (09), asegura que si los cortes son aplicados solamente durante los períodos críticos donde se producen colisiones, se provocaría una pérdida modesta o moderada de producción de energía, y por ende de dinero. Arnett et al. (19), estimó que la pérdida potencial como resultado de su estudio (recorte de actividad a velocidad de 5,0m/s, en 12 aerogeneradores, por 76 días (0,5 hora antes de la puesta del sol a 0,5 horas después de la salida del sol), generó una pérdida de aproximadamente del 2% de la producción total. Si esto se hubiera hecho en todos los aerogeneradores del parque eólico, que eran 22, se habría dado lugar a una pérdida de tan sólo el 0,3 % de la producción anual total.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

En Chile el corte de actividad de aerogeneradores bajo determinadas velocidades no existe como medida para evitar colisiones. No encontrándose alusión a esta medida en ninguna de las instancias de obtención de información nacional. El parque eólico Tolpán (70) menciona dentro de su revisión bibliográfica respecto al riesgo de colisión, la detección de aerogeneradores de mayor riesgo. La escasa divulgación y popularidad de esta medida puede tener diversos motivos, dentro

de los cuales el más probable sea la pérdida de un porcentaje de energía producida y su consecuente perjuicio económico.

ANÁLISIS COMPARATIVO

El hacer que los aerogeneradores se enciendan a una mayor velocidad de viento cuando la actividad de murciélagos es más baja, ha demostrado ser útil en el plano internacional. Diversos estudios demuestran una disminución en las tasas de colisiones bajo este tratamiento. Esta medida solamente forma parte de dichos estudios científicos, y no ha sido encontrada dentro de esta revisión bibliográfica como solución adoptada por algún parque eólico internacional. En tanto que en Chile su uso no fue mencionado por ninguna de las fuentes consultadas.

Esta medida debe ser aplicada especialmente cuando las velocidades del viento son bajas y los murciélagos migran. En el hemisferio norte esto se da a finales de verano y principios de otoño. En Chile, existen tres especies de quirópteros migratorios: *Lasiurus cinereus* (Vespertilionidae), *Myotis chiloensis* (Vespertilionidae) y *Tararida brasiliensis* (Molossidae). Se sabe que la primera migra en otoño a lugares más templados (52). De conocerse las rutas de vuelo de estos, o detectar su presencia por medio de radares, sería altamente efectiva su implementación en los parques eólicos emplazados en territorio nacional. Claramente deberían llevarse a cabo pruebas y estudios preliminares para evaluar la factibilidad de la medida, lo que no descarta que su uso sea factible en un futuro.

Con respecto a los costos económicos, se ha demostrado que son marginales para la producción de energía, y probablemente podría llegar a ser más económico que las medidas compensatorias, o que otras soluciones que han comprobado ser menos efectivas, como es el uso de emisores de sonido de baja frecuencia.

g. Emisores de sonido de baja frecuencia

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Estudios sugieren que la actividad de los murciélagos puede verse afectada por las señales electromagnéticas producidas por radares portátiles, esto se debe al fenómeno de ecolocación, mediante el cual se producen señales vocales de alta frecuencia que permiten la percepción del entorno, a través de la escucha de las características que los ecos que reflejan al chocar con los objetos en la trayectoria del haz de sonido. Así, los murciélagos que utilizan la ecolocalización dependen en gran medida de la función auditiva para la orientación, la comunicación, la captura de presas y la evitación de obstáculos. Las turbinas de los parques eólicos pueden interrumpir su percepción de ecos y servir como elemento de disuasión, puesto que este enmascaramiento o simplemente la trasmisión de sonidos de alta intensidad crean un espacio aéreo incómodo o desorientador que los murciélagos preferirían evitar. El uso de los dispositivos que utilizan este principio ha probado verse comprometidos por la presencia de humedad en el área (>80%), además de verse limitados por la distancia y el área en el cual se disipan las ondas emitidas (214).

Luego de realizar una exhaustiva búsqueda en Google Académico y en ISI *web of knowledge*, se hizo evidente la falta de documentos de evidencia científica que pruebe la real eficiencia de estos dispositivos en quirópteros.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Diversos proyectos SEIA mencionan la implementación de sistemas de ultrasonido (65, 66, 68, 70, 81, 96, 99, 100), en tanto que los proyectos 62 y 105, indican que estudiarán la medida en base a los seguimientos ambientales de en la etapa de operación.

El uso emisoros o disuasores de sonido de baja frecuencia, es una medida muy aludida por los titulares, no obstante, en ninguno de los ocho casos no se hace mención al tipo de aparato, ubicación u alguna otra característica que aporte detalles del mismo. Por lo que no se tiene claro cuál es el método que se pretende usar. De todas maneras, cada vez que se menciona, es aludido como medida de mitigación para aves. Asimismo, no existen datos respecto a la implementación de estos a nivel nacional, por lo que no se tiene claro si han sido realmente usados, ni cuales han sido sus resultados. Finalmente cabe destacar que estos aparatos carecen de validez científica en murciélagos.

ANÁLISIS COMPARATIVO

El uso de estos dispositivos es ampliamente divulgado en Chile, pero no existe evidencia de la implementación de ellos, por lo que recabar información respecto al uso real de ellos en territorio nacional sería de gran utilidad para la toma de dediciones, ya que internacionalmente la comunidad científica aun no avala su uso, pues no existen pruebas que demuestren su eficiencia disuadiendo murciélagos. A esto se suma su alto valor económico de adquisición, además de sus limitaciones de uso en lugares abiertos, lo que terminar por convertirlo en un elemento poco recomendable como medida de mitigación.

h. Luces de navegación

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

Se ha hipotetizado que las torres con luces de navegación podrían atraer a los murciélagos para congregarse y forrajear, incrementando las posibilidades de colisión (02). No obstante, ningún estudio ha logrado probado dicha hipótesis. Horn et al. (09) encontraron que las luces de aviación parecían no tener incidencia alguna en el forrajeo que realizan los murciélagos cerca de las turbinas. Arnett et al. (32) describieron en su revisión, que no existían diferencias estadísticamente significativas que permitieran concluir que morían más murciélagos en las torres iluminadas que las no iluminadas. Jain et al. (206) examinó la relación entre la actividad de murciélagos y la iluminación de las turbinas. Se monitorearon cuatro sitios de turbinas con balizas rojas parpadeantes y ocho sitios con balizas rojas de luz constante. No observándose diferencias significativas en las mortalidades en las actividades entre ambas luces, postulándose que no existe relación entre las luces de las turbinas con las colisiones, ni con las actividades de ecolocación.

Horn et al. (09) observaron que las luces de navegación atraían a los insectos, describiéndose mayores abundancias en los aerogeneradores iluminados. No obstante, esto no mostró ser estadísticamente significativo. Además, el artículo no deja en claro que tipo de luz era la que se evaluó. Ellos discuten, que si bien las luces podrían atraer a los insectos, esto no resultaría en un aumento de la actividad de murciélagos. Respecto a los insectos, se ha documentado que los colores que más los atraen son el azul y el verde, siendo las luces con alta presión de sodio y las LED, las que mayor captación generan (207).

Se cree que si existiese algún grado de atracción por la luces (aún no comprobada), las luces pulsantes podrían disminuirla. A la fecha no existen estudios respecto a la influencia del color de la luces en la atracción de quirópteros, por lo que no se ha develado aún que colores tendrían algún efecto en ellos (225).

De todas maneras el resto de la iluminación artificial utilizada en parques eólicos, debe ser disminuida al máximo. Se ha reportado que bajo condiciones de iluminación artificial algunas especies de murciélagos, como *Myotis lucifugus* (Vespertilionidae), pueden mostrar drásticos empeoramiento en su habilidad para evitar obstáculos (207). Lo que lógicamente podría afectar su maniobrabilidad cerca de los aerogeneradores.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Respecto al uso de luces de navegación y su efecto en murciélagos, se concuerdan que las luces rojas estroboscópicas serían una medida de mitigación para evitar la atracción de insectos, que como consecuencia atraerían a los murciélagos, mencionándose que esto es una deducción empírica y que no se poseen datos de respaldo.

Ni los artículos de origen nacional, ni lo proyectos SEIA aluden a esto como medida de mitigación de colisiones de murciélagos.

El análisis respecto a las luces permitidas por la DGAC ha sido incluido en el segmento Proyectos de generación eólica- Aves- Medidas de mitigación y soluciones técnicas.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Si bien no existe evidencia científica que pruebe que las luces de navegación aumenten la actividad de los quirópteros en las cercanías de los aerogeneradores y por ende su riesgo de colisión, si se ha comprobado que las luces de ciertos colores atraen a los insectos, las verdes y azules.

Debido a que las luces de navegación deben ser usadas de todas maneras, se postula que el tipo de luz menos desaconsejable sería la de Tipo C (blancas intermitentes de mediana intensidad), las que resultan indiferentes a los murciélagos, pero que ayudarían a disminuir la atracción de las aves hacia las luces durante los períodos de mal tiempo. Igualmente se aconseja disminuir el uso de alumbrado al mínimo necesario, a fin de evitar entorpecer los vuelos nocturnos.

i. Planes de Contingencia

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

En la literatura internacional no se menciona la implementación de planes de contingencia como medida de mitigación, lo cual permite inferir que esta medida no es aplicada.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

Tal como ocurre para el caso de las aves, se plantea el desarrollo de planes de contingencia para recuperar o rehabilitar ejemplares dañados o heridos por colisiones con los aerogeneradores, como una medida de mitigación de los impactos, a pesar de que, como ya se indicó anteriormente, en ninguna de las publicaciones internacionales se consigna la rehabilitación de ejemplares como una real medida de mitigación, es más ni siquiera se menciona tal posibilidad.

Para el caso de los murciélagos, sólo en cuatro de los proyectos estudiados se plantea esta medida (65, 70, 79, 88) y en todos los casos va adicionada a los planes de rescate y rehabilitación de aves.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Al igual que en el caso de las aves el diseño y desarrollo de planes de contingencia, para recuperar o rehabilitar ejemplares dañados o heridos por colisiones con los aerogeneradores no es considerada como una medida de mitigación de los impactos, lo cual es evidentemente concordante con el énfasis que se debe dar a las medidas preventivas sobre las de reparación y al enfrentamiento del problema desde una perspectiva poblacional, en desmedro de una individual.

En otras palabras el rescate y recuperación o rehabilitación de ejemplares es una medida inefectiva e inútil, considerando el alto costo y la escasa cobertura en términos del número de ejemplares que es factible, primero, rescatar y, posteriormente rehabilitar. Más aun considerando el desconocimiento que existe en nuestro país sobre biología y medicina de quirópteros.

La única consideración que vale señalar en este aspecto dice relación con lo señalado previamente en el contexto de la implementación de un criterio de bienestar animal. De igual modo, tomando en cuenta la popularidad de esta medida, también es recomendable considerar la posibilidad de incentivar la asociación de los proyectos con Centros de Rehabilitación a nivel local.

3. SEGUIMIENTO

3.1. AVES

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

3.1.1. Diseño y enfoque del seguimiento

En el plano internacional el seguimiento es concebido como un elemento constitutivo de un diseño que considera flujo de información en ambos sentidos, entre los estudios pre y post construcción (10, 16, 17, 18, 24, 33, 35, 40). El seguimiento, en consecuencia, se encuentra indisolublemente ligado a la línea base, la predicción de impactos y a las medidas de mitigación adoptadas (10, 25).

En este contexto, las acciones de seguimiento cumplen con los objetivos de: i) cuantificar y ponderar el impacto real ocasionado por los proyectos (10, 16, 25, 34); ii) caracterizar los factores –temporales, espaciales y estructurales- que provocan variaciones en la ocurrencia de los impactos (34); iii) evaluar la precisión de las tasas de mortalidad previamente estimadas (25); iv) evaluar la eficacia de las medidas de mitigación adoptadas (16, 25, 34, 40); v) evaluar la necesidad de establecer medidas correctoras o compensatorias en el caso de que se produzcan impactos no previstos (16, 34); vi) mejorar futuros proyectos eólicos y vii) mejorar el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, al perfeccionar los modelos predictivos.

Sin embargo, su aplicación requiere de estudios previos –línea base; predicción y evaluación de impactos; medidas de mitigación- que entreguen información respecto de: i) composición, abundancia y densidad de aves presentes regularmente en el área; ii) distribución y patrón de movimiento local de las aves; iii) riesgo de colisión proyectado y iv) medidas de mitigación adoptadas con todo el detalle metodológico correspondiente (10).

Sobre la misma base conceptual (estudios pre y post construcción), pero adicionando replicaciones en grupos control y en distintos “tratamientos”, aparece el diseño “antes, después, control, impacto” (BACI, por sus siglas en inglés) (10, 34). Un diseño de este tipo permite generar datos comparables con otros estudios y formular interpretaciones acertadas para las preguntas que dan origen al seguimiento (10).

La aleatorización de las unidades experimentales, la replicación orientada a cuantificar la variación inherente a los datos y la realización de estudios piloto también son elementos de diseño que deben ser tenidos en cuenta al momento de diseñar un plan de seguimiento (25, 34).

Concepciones del seguimiento como las anteriormente descritas han permitido mejorar el entendimiento de la interacción entre aves y proyectos eólicos y, en consecuencia, implementar un modelo de manejo adaptativo, en el cual el conocimiento obtenido a través del seguimiento

posibilita la toma de decisiones acertadas y, a su vez, sienta las bases para la planificación de proyectos futuros (05).

3.1.2. Actividades para el seguimiento

a. Evaluación de parámetros poblacionales

Algunas actividades para el seguimiento de las variables de interés guardan relación con la evaluación (antes-después y/o en grupos control-tratamiento) de parámetros poblacionales como la riqueza de especies (10, 25), la composición del ensamble (25), la abundancia y densidad de cada especie (10, 25), el comportamiento y los movimientos locales (10, 25).

Para este fin se utilizan técnicas estándar para el estudio de aves, lo cual significa que las actividades de seguimiento siguen los mismos protocolos que los estudios previos a la construcción (línea base); en consecuencia, sus resultados son comparables (10, 25).

Algunas de los métodos más comúnmente utilizados corresponden a transectos pedestres, puntos fijos de conteo, muestreos en vehículo, muestreos focalizados en sitios prioritarios, búsqueda de nidos y *playback* nocturno. Otros métodos, útiles para comprender comportamientos y movimientos locales, son el uso de radares y observación directa (10, 25).

El detalle metodológico propio de cada método de muestreo escapa al alcance de la presente consultoría, no obstante lo anterior, a continuación se presentan nociones básicas de algunos de ellos. En cualquier caso, para la adecuada ejecución del método seleccionado es indispensable consultar bibliografía referida a dicha materia (Ej. Ralph et al, 1996⁵; Gregory et al, 2004⁶; Gibbons and Gregory, 2007⁷).

Según Edkins (25), el censo o recuento es el método estandarizado para coleccionar datos sobre aves diurnas. Involucra la instalación de un observador en un punto desde el cual pueda efectuar conteos, a razón de 30 minutos. Los puntos de observación deben estar separados por 1,6 km. entre sí y cubrir toda el área del proyecto. Debe registrarse el número de especies de aves, la distancia de las aves al observador, la altura del vuelo y las variables ambientales. Las conductas de vuelos, planeo, aleteo, vuelo de caza, deben ser registrados por intervalos cortos de 30 segundos.

⁵ Ralph et al, 1996. "Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres". Disponible en: http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr159/psw_gtr159.pdf

⁶ Gregory et al, 2004. "Chapter 2. Bird census and survey techniques". En Sutherland et al (Eds), 2004. "Bird Ecology and Conservation. A handbook of techniques".

⁷ Gibbons and Gregory, 2007. "Chapter 9: Birds". En Sutherland (Ed), 2007. "Ecological Census techniques. Second Edition".

En relación a la búsqueda de nidos -particularmente de rapaces- se señala que ésta debe realizarse durante la estación reproductiva, en un radio de al menos 2,6 km más allá del área del proyecto; no obstante se indica que esto puede ser reducido si las rapaces tienen ámbitos de hogar más pequeños (25).

La observación directa ha sido utilizada para describir el comportamiento de las aves en Almont Pass (California), donde se realizaron sesiones de 30 minutos de observación (28). Morrison et al (34) hace referencia a un estudio que, utilizando la misma técnica, realizó observaciones de 30 minutos con una frecuencia semanal y una duración de un año. Los investigadores escrutaban cada sitio con prismáticos de 8x40 a intervalos de minuto y medio, registrando la posición de todas las rapaces detectadas dentro de los límites del área de observación. Para cada sesión se tomaban datos de las aves, tales como estación, hora, sexo, edad, dirección y tipo de vuelo, categoría de posadero, altura de vuelo, distancia a la torre, etc.).

Los radares, aunque caros, entregan gran cantidad de información, y si se calibran de manera correcta, son una confiable herramienta para estimar especies, dirección de vuelo, frecuencia de vuelo y altura, entre otros, dentro de un área bastante amplia y bajo cualquier condición meteorológica (10).

El estudio de aves migratorias nocturnas requiere de estudios adicionales. Las herramientas disponibles incluyen radar, monitoreo acústico y visual, pero no existen recomendaciones sobre frecuencia de muestreo o diseño para estos estudios (25).

b. Búsqueda de carcasas

La búsqueda de carcasas es una técnica ampliamente utilizada para el seguimiento de los impactos ocasionados por proyectos eólicos sobre aves, ya que permite estimar de manera bastante cierta la magnitud del impacto por turbina o MW (21).

El monitoreo de la cantidad real de colisiones es problemática, sino imposible, puesto que se trata de eventos poco frecuentes cuya observación directa consumiría demasiado tiempo. Por eso la mayoría de los estudios se basa en la búsqueda de cadáveres que, se asume, representan una mínima parte de los eventos reales (21, 25).

De acuerdo a lo anterior, un elemento inherente a la técnica es la corrección de los datos obtenidos en base a la eficiencia de detección de los investigadores y a la remoción de carcasas por depredadores y carroñeros, entre otras fuentes de error que se discuten más adelante (10, 15, 21, 23, 25). La consideración de los hallazgos como un resultado en si mismo resultará en una subestimación de la magnitud del impacto y, en consecuencia, en una interpretación errada de la magnitud del impacto (21). Debido a que existe un extenso desarrollo metodológico en relación a este punto, la actividad –aunque propia de la búsqueda de carcasas- se presenta por separado en el apartado “Fuentes de error” (Página 119).

La búsqueda, propiamente tal, consiste en un recorrido pedestre en el cual un observador experto o debidamente entrenado rastrea la presencia de restos atribuibles a aves, al pie de los aerogeneradores (16, 21). El uso de perros entrenados sería instrumento de apoyo eficaz pero es escasamente utilizado (25).

Un observador debería tener una adecuada capacidad de detección a 3m a cada lado del eje de progresión, aunque esto puede variar en función de la vegetación y la topografía de cada sitio de estudio (25). En efecto, otras investigaciones utilizaron transectos de 5m (2,5m a cada lado del eje de progresión) (16) y de 10m (5m a cada lado del eje de progresión) (21).

Johnson et al (15) informan una velocidad de progresión de 40m/s, la cual podría verse modificada por las mismas variables mencionadas anteriormente. Otro factor a considerar en relación a este punto es que el cansancio de los observadores disminuye su capacidad de detección de los cadáveres, por tanto se recomienda que la prospección no se extienda a más de 10 aerogeneradores por persona/jornada (16).

Morrison et al (34) mencionan estudios en los cuales se apreció que la búsqueda realizada por observadores que ejecutaban tareas adicionales redundaban en una subestimación del número real de accidentes; misma consecuencia que se observó en los programas de “autoseguimiento”, que subestimaron sustancialmente la tasa de mortalidad de aves pequeñas. No obstante, ambas prácticas se realizan en muchos parques eólicos (34).

Para cada carcasa se debe registrar, como mínimo, la siguiente información: fecha, hora, ubicación, especie, edad, sexo, condición (intacto, depredado, diseccionado, solo plumas), signos de carroñeo y distancia a la turbina más próxima. También se deben incluir comentarios acerca de las posibles causas de muerte y un registro fotográfico (15, 26, 34).

En cuanto a la cobertura espacial del rastreo, la experiencia internacional muestra información contrastante, aunque relativamente alineada, pues se sugiere realizar la búsqueda en un radio de 50m al pie de la turbina (21, 26), 63m al pie de la turbina (15), en un radio de 80-120m al pie de la turbina (10), en un radio equivalente a la máxima altura del rotor (25) o un radio alrededor de la turbina de un 10% más que el diámetro del rotor (16). Edkins (25) sugiere que el área puede ser modificada (reducida) siempre que se asegure encontrar el 80% de las carcasas presentes.

Refrendando los valores presentados anteriormente, la distancia a la cual se encontraron las carcasas en relación a las torres varió de 0,3 a 60,1m (media= 14,8m) en un parque eólico con aerogeneradores de 74m de altura máxima del rotor (15).

Para parques con turbinas dispuestas en hileras, el método referido como más eficaz por (34) consiste en un patrón de zigzag a lo largo de la hilera, repetido a cada lado de la línea de torres (Figura 12). En este proceso los observadores caminan acercándose –hasta la base- y alejándose - 50m desde la base- de las turbinas hasta llegar al final de la hilera.

Cualquiera sea la cobertura utilizada, los registros obtenidos fuera de las áreas y tiempos de búsqueda previamente definidas deben consignarse pero considerarse por separado (16).

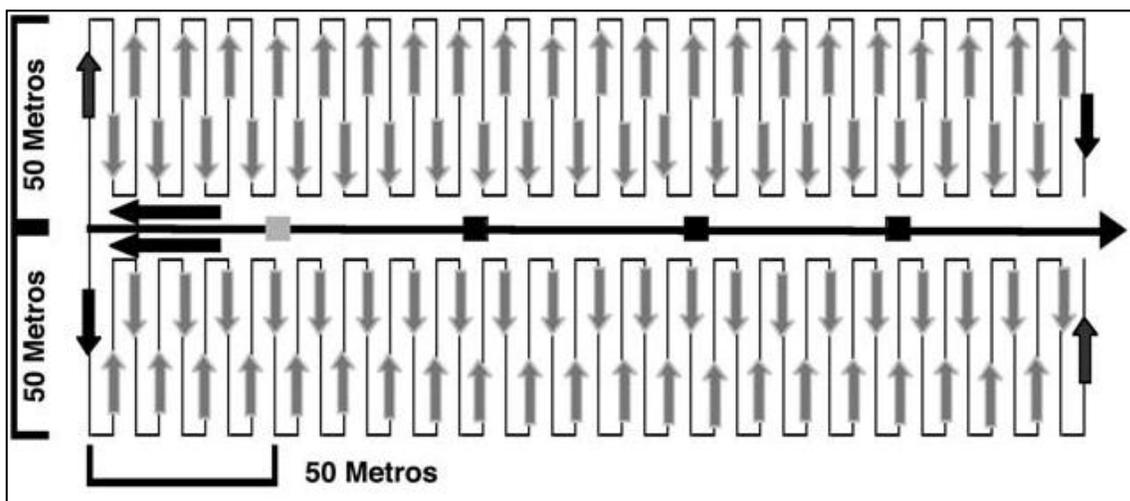


Figura 12: Esquema de búsqueda de carcassas

En cuanto a la frecuencia de la búsqueda, distintos autores señalan que se requieren periodicidades de una o dos veces por semana (10, 26), quincenales (16, 25) o mensuales (16), dependiendo de la tasa de remoción de carcassas (a mayor tasa, mayor frecuencia), especies foco, condiciones del terreno y otras condiciones específicas del sitio (16, 25).

En cuanto a la duración del seguimiento, los plazos informados consideran desde uno (10), dos (25) a tres años (16) y hasta “toda la vida útil de un parque” (16). Atienza et al (16) señalan que el seguimiento en ningún caso debería ser inferior a un año, pudiendo alcanzar los tres años en función de las características de cada proyecto. Es así como proyectos emplazados en sitios con buena calidad información previa –referidos como Categoría 1 por Jenkins et al- necesitarían sólo un año de monitoreo durante la operación, pero los datos obtenidos durante ese año deberían ser analizados para evaluar la necesidad de extender el seguimiento a un segundo año (25).

En cuanto a la cantidad de aerogeneradores que deben ser muestreados, Atienza et al (16) postulan que durante los tres primeros años de funcionamiento se deben revisar todos los aerogeneradores de un parque. Luego, en las centrales con menos de 20 aerogeneradores el seguimiento debe mantenerse sobre todas las torres; en centrales que tengan 20- 40 aerogeneradores se debe prospectar el 50% y en centrales con un número de turbinas mayor que 40 se debe seleccionar el 30% del total de torres. En función de los resultados del seguimiento y después de al menos cuatro años, el esfuerzo podría reducirse a un 10% de las torres, valor que bajo ningún criterio podría reducirse. Edkins (25) indica, como criterio general, que se deben muestrear alrededor de un 30% de las turbinas de un parque.

Jenkins et al (10) propone tres categorías de esfuerzo de muestreo (bajo, medio y alto) en base al tamaño del proyecto, la topografía del lugar, la presencia de especies en categoría de conservación, la presencia de rutas aéreas, la relevancia del sitio para especies prioritarias y la proximidad a humedales importantes. No obstante lo anterior, no se presenta el alcance práctico de esa clasificación.

En cuanto a los resultados del seguimiento, será importante registrar el número de fatalidades por MW de capacidad instalada por año, así como las fatalidades por superficie de barrido del rotor (m²) por año y analizar los datos por grupos de aves (passeriformes, rapaces, etc.) (25).

Resulta importante el establecimiento de un protocolo, estándar y coordinado con las administraciones competentes, de registro de fatalidades asociados a cada parque eólico, especialmente cuando se trate de especies amenazadas, en cuyo caso las pautas de actuación deberán incluir la notificación inmediata de la incidencia a la autoridad competente (16).

Los reportes relativos a esta materia deberían considerar, al menos, lo siguiente: el número y tipo de aerogeneradores muestreados, descripción detallada de la metodología y el esfuerzo de muestreo (fechas, responsables, técnicas, superficies, tiempos, periodicidad, etc.), las especies y el número de carcasas encontradas, su clasificación de acuerdo a los catálogos de especies amenazadas, los índices de detección y depredación, la identificación precisa de las estructuras que ocasionaron mortalidad y la mortalidad estimada por aerogenerador y MW. Adicionalmente, una tabla con las especies, número de ejemplares, localización detallada y estructura que asociada a mortalidad (16).

Estos reportes deberían ser entregados regularmente a la autoridad competente con la finalidad de servir para el diseño de seguimientos futuros, reducir el impacto de los parques ya instalados y para mejorar la comprensión del conflicto por parte de las entidades encargadas de la vigilancia ambiental (16).

c. Fuentes de error

Aunque existen diversas fuentes de error en los datos colectados en terreno, las principales son i) la eficiencia de búsqueda de los investigadores y ii) la remoción de carcasas por predadores y carroñeros (10, 15, 16, 21, 23, 25, 29, 34).

Es fundamental que cada plan de monitoreo considere estas fuentes de error, en base a experimentos realizados en el área en la cual se realizará el monitoreo (10, 16); es también importante considerar la variación de estas tasas en función de estaciones y ambientes (16, 25). No obstante y a modo ilustrativo, un estudio realizado en Minnesota durante 3 años detectó una eficiencia de detección de 29,4% para aves pequeñas, 39,6% para aves medianas y 48,8% para aves grandes, siendo estas variables consistentes entre años pero móviles en función del ambiente (15).

En relación a remoción por predadores y carroñeros, Johnson et al (15) señala que las carcasas permanecieron entre 5,1 y 8 días, variando en función del tamaño de las aves. Edkins et al (25) señalan que los carroñeros pueden consumir el 70-80% de las víctimas de colisión, aunque no indican en qué período de tiempo. Los resultados, presentados en extenso por Morrison et al (34), señalan permanencias de 6-7 días para aves (Minnesota) y 26,7 días para aves grandes y 23,4 días para aves pequeñas (Oregon).

El mismo trabajo señala que la permanencia de los cadáveres varía con las estaciones; los cadáveres, independientemente de su tamaño, permanecían en promedio menos días en primavera (18,1) y más días en verano (39,8). En otoño en invierno la duración fue intermedia (23,3 y 26,5 días, respectivamente). En Vermont se observó el mismo efecto estacional sobre la tasa de desaparición por carroñeros. Durante el experimento de junio, el 15% de los cadáveres desapareció en dos días, y el 80% en dos meses. En septiembre casi el mismo porcentaje (20%) desapareció en una semana. Al final de la segunda semana había llegado al 35%, pero a partir de entonces los carroñeros no retiraron más cuerpos. En Tehachapi Pass se encontró que durante los 7 días de duración del único experimento realizado los carroñeros no se llevaron ninguno de los 14 cadáveres de rapaces. En el mismo parque eólico se observó una tasa de desaparición del 29% en 5 días y del 39% en 7 días. En San Gorgonio se calculó, utilizando cadáveres de gallinas, una tasa del 57% en 5 días. En Wisconsin, la tasa fue del 25% en 10 días. En Altamont, el 50% de los cadáveres frescos de galliformes silvestres desapareció en tres días. En otros experimentos realizados en Altamont, la tasa de desaparición en todos los experimentos se situó entre el 5% y el 45%, menos en uno donde desaparecieron todos los cadáveres. La tasa de desaparición en rapaces pequeñas fue mayor que en las de gran tamaño (15).

La estimación de la eficiencia de búsqueda de los investigadores debe realizarse mediante un experimento, utilizando 20 o más carcasas conocidas de aves de tamaño y color parecido a las aves presentes en el sitio de estudio (15, 16, 25). Estas carcasas deben ser distribuidas en el sitio de manera aleatoria y luego recuperadas por los investigadores (25). Tras una serie repeticiones que permita obtener valores medios, es posible conocer qué porcentaje de las carcasas son recuperadas (10). A modo referencial, la efectividad de búsqueda de carcasas en (15) se estimó mediante la búsqueda de 839 carcasas, tras 60 repeticiones.

La estimación de la tasa de remoción por carroñeros debe realizarse de semejante manera, evaluándose la desaparición y permanencia de las carcasas con ubicación conocida tras el paso de los días (25, 29). Se deben chequear las carcasas diariamente por un mínimo de tres días y luego por intervalos determinados por los resultados de las pruebas. Idealmente se deben usar carcasas frescas de tamaños y tipos similares a las que debieran encontrarse en el área del proyecto.

Otras fuentes de error menores son la descomposición de carcasas en los diferentes hábitats, que influye en la visibilidad y consecuente detectabilidad (10); la mortalidad natural de las especies presentes en el área de estudio, cuya determinación puede llevarse a cabo mediante

prospecciones de cadáveres en el entorno inmediato del parque (16) y las colisiones no letales, cuyos individuos podrían encontrarse hasta a 2km del punto de colisión (10).

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

El análisis global de los proyectos SEIA revisados permite afirmar que el seguimiento es entendido como una actividad en sí misma, que guarda escasa relación con estudios previos, evaluación de impactos y medidas adoptadas.

En relación a los estudios previos a la construcción de los proyectos, los actores relevantes -de manera transversal a todos los grupos de interés- fueron coincidentes en señalar que estos resultan insuficientes en varios aspectos, para realizar evaluaciones de impacto y adopción de medidas eficaces. Los reparos dicen relación, mayoritariamente, con la duración de las campañas de terreno, la extensión total de los estudios, la representatividad estacional, la calificación del personal y la ausencia de estudios específicos o al menos aproximaciones a los movimientos locales.

El seguimiento durante la operación de los proyectos es un requerimiento habitual (establecido por RCA para 46 de los proyectos SEIA examinados) aunque escasamente este sigue metodologías estándar. Muchas veces es concebido como una medida de mitigación en sí mismo y no como un mecanismo para evaluar la eficacia de las medidas adoptadas ni para detectar la ocurrencia de impactos no previstos. Aquello ha sido validado por las autoridades competentes en la mayoría de los casos revisados, pero el precedente sentado por la tramitación del proyecto “Parque eólico Talinay II” (65) parece indicar un reciente cambio en ese criterio.

Las limitaciones de los planes de seguimiento identificadas por los actores relevantes se relacionan con una planificación conceptual inadecuada (Ej. Ausencia de grupos control), ausencia total de corrección de la información, idoneidad del personal que lo realiza, frecuencia y duración insuficientes.

La corrección de los datos, en particular, es un elemento básico para la búsqueda de carcasas, sin embargo, los registros son comúnmente considerados como valores absolutos y no como indicadores de la magnitud real. De hecho, ninguno de los proyectos que ha reportado mortalidad a la fecha lo realizó y sólo uno de los expedientes revisados la considera dentro de su plan de seguimiento.

Como consecuencia de todas las limitaciones anteriormente expuestas, los monitoreos suelen ser ampliamente cuestionados y poco conducentes. Al margen de aquello y teniendo en cuenta la relevancia que ha adquirido la materia en el último tiempo –manifiesta, por ejemplo, a través del requerimiento de la presente consultoría- resulta esperable que se comience a generar una cantidad creciente de información, cada vez más compleja. No obstante, de acuerdo al presente estudio, los informes con los resultados del seguimiento están casi por completo ausentes de los

expedientes ambientales de sus respectivos proyectos. Más aún, tampoco se encuentran disponibles cuando son requeridos al nivel central por la vía de la Ley de transparencia del Estado.

Ello deja en evidencia la carencia de un sistema centralizado de gestión de datos de accidentes de fauna con proyectos de desarrollo, la cual facilitaría la obtención de información útil para proyectos futuros o estudios como el presente.

ANÁLISIS COMPARATIVO

En lo relativo al seguimiento de la interacción entre aves y proyectos eólicos y la variación observada entre las situaciones internacional y nacional, cabe señalar que las deficiencias descritas de manera transversal a los grupos y tipos de proyectos abordados en la presente consultoría, se hacen extensivas a esta relación en particular. Estas guardan relación con un diseño de los estudios cuyas características (Ej. ausencia de réplicas, ausencia de sitios control, diferencias metodológicas antes-después de la intervención) no permite obtener información concluyente acerca de los objetivos planteados; ni tampoco aportan sustancialmente a construir una base sólida de conocimiento levantado en el país.

En materia de estudios previos a la construcción, se identificó la realización habitual de estudios cuya duración, extensión, representación estacional y detalle metodológico difiere del recomendado por la literatura de referencia. A modo de ejemplo, la caracterización realizada por el proyecto 62 consideró una jornada para cubrir “el área de estudio, terrenos colindantes y oasis de Quillagua”, lo cual resulta insuficiente a todas luces, más aun considerando la presencia potencial de un ave amenazada que realiza vuelos nocturnos asociados a actividad reproductiva en la zona (*Leucophaeus modestus*).

Contados proyectos consideraron estudios previos asimilables a los recomendados por la literatura internacional desde un inicio (60, 73, 77, 90); otros, los incluyeron una vez requeridos por la autoridad (92). En atención al requerimiento habitual y a la necesidad de información detallada para la toma de decisiones, parece conveniente para los proyectos considerar estudios de esta naturaleza desde un comienzo.

En relación a los estudios de seguimiento post-construcción, existe coincidencia en la utilización de búsqueda de carcadas, siendo las áreas de búsqueda concordantes con lo descrito por la literatura (Ej. 60). No obstante, se identifican cuestiones metodológicas que restan validez a los resultados obtenidos; a saber:

Una serie de estudios propone el seguimiento como un objetivo en si mismo y no como un medio para comprender la magnitud del impacto o la eficacia de las medidas que eventualmente se pudieron haber tomado. Si bien esta aproximación, que difiere absolutamente del enfoque dado en el plano internacional, parece haber sido validada por largo tiempo, señales recientes (65) parecen dar indicios de un cambio en dicho criterio.

En contraparte, una serie de proyectos relativamente recientes enfocan el seguimiento en la medición del número de carcacas halladas y su comparación con un valor umbral considerado aceptable (62, 99, 102, 103, 105). Si bien esta aproximación es largamente superior a la anterior (pues desde lo conceptual, se trata de un monitoreo conducente), se mantienen presentes dos fuentes de error fundamentales: i) la no corrección de los datos por remoción de carcacas y eficiencia de los investigadores, que determinará que los valores informados estén determinados casi por completo por la frecuencia de búsqueda y la habilidad diferencial de los investigadores y ii) los valores establecidos como umbral no tienen un fundamento sólido construido a partir de información nacional.

Otra concepción errada, aunque más bien puntual que generalizada, dice relación con la adopción de adoptar medidas “si la detección de aves muertas se repite durante un tiempo superior a tres meses” (62). Aquello denota un entendimiento poco claro del cómo opera el impacto, pues la mortalidad ocurrida en períodos críticos (Ej. Reproducción, migración) puede tener efectos mayores que la mortalidad dispersa en el tiempo, a la cual apunta el proyecto en particular.

Una tendencia recientemente evidenciada en el país, pero largamente recomendada en la experiencia internacional, es la presentada por el “Parque eólico Lebu. Segunda Etapa” (199) en la que se señala que bajo la modalidad de “Manejo Adaptativo”, durante la etapa de construcción y operación, se realizarán diversos estudios para ratificar qué aves están presentes y los eventuales riesgos y medidas a tomar.

En relación al detalle metodológico del post-construcción, las frecuencias comprometidas presentan variaciones que van desde “tres veces por semana” (37), hasta “estacional” (61), siendo lo más frecuente el requerimiento de campañas cada 2 meses. Situación similar ocurre con la duración requerida para la duración, que se extendió entre 2 años (61) y toda la vida útil del proyecto (65).

Por último, en lo relativo a la entrega y gestión de la información, cabe destacar el hecho de que el flujo de los resultados del seguimiento de los proyectos dificulta su manejo integrado, pues estos son entregados como informes al nivel regional, en lugar de ser presentados como dato estandarizado a un nivel central integrador.

3.2. MURCIÉLAGOS

ANÁLISIS INFORMACIÓN INTERNACIONAL

3.2.1. Diseño y enfoque del seguimiento

Los estudios deben tener como foco las poblaciones locales (01, 11). Deben considerar muestreos aleatorizados y sitios control. Por ejemplo, para evaluar la efectividad de cierta medida de mitigación aplicada, se debe contemplar un sitio control en el cual la medida no se aplicó (21). Su diseño debe permitir que puedan ser reproducidos en el tiempo (42).

Espacialmente, no deben restringirse al área que será directamente intervenida, sino considerar también zonas sensibles alrededor de esta. Edkins (25) sugiere abarcar una distancia de al menos 2,6km desde el borde del sitio del proyecto. Se debe prospectar sobre todo en líneas de la costa y en valles, que sirven como guía a murciélagos migratorios (23).

Temporalmente, los estudios se deben realizar durante al menos un año pre-construcción, con énfasis en períodos críticos, como la migración (primavera y otoño) (05, 25). El período de muestreo post-construcción debe durar al menos tres años y tanto como sea necesario de acuerdo a los impactos detectados (01, 05, 11).

3.2.2. Técnicas para el seguimiento

a. Evaluación de parámetros poblacionales

Dependiendo de los objetivos del seguimiento y de la(s) variable(s) de interés, se seleccionará la técnica de estudio correspondiente. Al respecto cabe señalar que es conveniente utilizar más de un método para obtener resultados complementarios; por ejemplo, para caracterizar todo el espectro de especies de un sitio será conveniente el uso de redes de neblina en complemento con métodos acústicos (05, 40).

El procedimiento para la ejecución de cada método tiene un nivel de detalle que escapa al alcance de la presente consultoría, no obstante lo anterior, a continuación se presentan aspectos relevantes de los más utilizados. En cualquier caso, para la adecuada ejecución de cada método es indispensable consultar bibliografía referida a dicha materia (Ej. Kunz, 1988⁸; Hundt, 2012⁹).

Los métodos visuales directos son poco eficientes para detectar murciélagos. Se pueden utilizar cámaras termales infrarrojas, que permiten obtener una visión bastante clara sobre los comportamientos de vuelo. Este método tiene como inconveniente su elevado precio, la generación de una gran cantidad de datos y la dificultad del análisis de estos, puesto que se requiere gran experticia para diferenciar entre aves y murciélagos de similar tamaño (09).

La captura con redes niebla entrega información valiosa como el estado etario, reproductivo y sanitario de individuos. En general, tiene una baja eficiencia para especies insectívoras dado que estas son capaces de detectar las redes con facilidad, aunque en la actualidad existen redes hechas de una sola fibra de poliéster (redes monofilamento) que tienen una mayor eficiencia. Cualquiera sea el caso, su uso requiere de campañas largas y de un elevado esfuerzo de muestreo.

⁸ Kunz (Ed.), 1988. "Ecological and Behavioral methods for the study of bats"

⁹ Hundt, 2012. "Bat Surveys: Good Practice Guidelines. Second Edition". Bat Conservation Trust.

Es un método cuyos resultados están sesgados por la altura de vuelo de las especies. Por ejemplo, la captura de *Lasiurus sp* (Vespertilionidae) y *Tadarida brasiliensis* (Molossidae) –ambas especies propensas a colisionar con aerogeneradores- es prácticamente imposible con redes instaladas a la altura del suelo. Para ello se han desarrollado “redes de dosel”, las cuales son montadas en tubos de aluminio telescópicos que llegan a 8m de altura y son instaladas mediante un sistema de poleas (05).

Los métodos acústicos permiten la identificación de especies y la estimación de niveles de actividad mediante el análisis de las llamadas de ultrasonido emitidas por los quirópteros. Dadas las limitaciones de otros métodos (Ej. Redes niebla), el costo accesible de los equipos y el desarrollo de equipos autónomos que pueden ser programados y dejados en el terreno, su uso se ha hecho común (05).

En murciélagos, los detectores de ultrasonido tienen un rango de escucha menor a 30m. por cuanto es importante disponer de equipos a distintas alturas para capturar la estratificación del uso del espacio por las distintas especies (05, 22, 41), lo cual ha sido posible utilizando las torres meteorológicas comúnmente presentes en los parques construidos o proyectados. A modo de ejemplo, el uso de este mecanismo en Estados Unidos ha permitido detectar a *Lasiurus cinereus* (Vespertilionidae) comúnmente a 30m sobre el nivel del suelo (22).

La telemetría permite seguir migraciones de largas distancias, lo cual provee valiosa información sobre los movimientos de murciélagos en tiempo real y puede ser determinante para planificar nuevas instalaciones eólicas. Sin embargo, su uso puede verse dificultado en individuos de menos de 10g debido a la elevada proporción del peso corporal que representarían los equipos (05).

b. Búsqueda de carcasas

La búsqueda de carcasas, al igual que en aves, consiste en la búsqueda de ejemplares accidentados bajo las turbinas con el fin de cuantificar la magnitud de las colisiones. Si bien se indica que debido a su menor tamaño y a la mayor tasa de remoción por carroñeros que sufren, el esfuerzo de búsqueda para murciélagos debe ser mayor (25), la ejecución de la técnica considera el registro simultáneo de ambos grupos.

Para murciélagos, existe información específica respecto de la mejora en la eficiencia de búsqueda con el uso de perros adiestrados, lo cual se alinea con lo señalado por Edkins (25). En una evaluación realizada en Estados Unidos por Arnett (02), esta aumentó de 14-42% (humanos) a 71-81% (perros).

Debido a que la aplicación de la técnica es común a ambos grupos, esta se describe detalladamente sólo una vez, para el grupo de las aves (Página 116). No obstante aquello, el detalle metodológico allí presentado se hace extensivo también a murciélagos.

c. Uso de radares

Los radares marítimos o meteorológicos permiten tener una visión general de las migraciones. Por ejemplo en la central eólica de Buffalo Ridge, Minesotta, se estimó mediante este método que 3,5 millones de aves pasan en su ruta migratoria, siendo uno de los sitio con más colisiones a nivel mundial (15). Estos radares se han utilizado para detectar la llegada de grupos de murciélagos o aves a un parque eólico, el cual detiene sus actividades durante este lapso, hasta que el riesgo desciende lo suficiente. Sin embargo, estos dispositivos no permiten diferenciar entre aves, murciélagos o grupos de insectos, sino que únicamente entregan información sobre la llegada de organismos al área de influencia de este. Dado esto, debe ser complementado con otros métodos, como la detección acústica, lo que permitiría diferenciar entre organismos.

ANÁLISIS INFORMACIÓN NACIONAL

El análisis de la información nacional referida al seguimiento de las interacciones entre murciélagos y proyectos eólicos muestra, en términos generales, un escaso nivel de desarrollo de la materia.

En lo relativo al entendimiento y diseño de los estudios, se observa comúnmente una desconexión entre la caracterización realizada (línea base), la evaluación de impactos y las medidas que se adoptan. Aunque se identifican déficits en cada uno de estos “pasos”, en lo que concierne al presente análisis (seguimiento), los principales corresponden a i) estudios previos inexistentes, inadecuados o insuficientes para predecir y evaluar los potenciales impactos de los proyectos; ii) planes de seguimiento post-construcción que no permiten dar cuenta de la magnitud del impacto, a fin de contrastarlo con lo predicho, ni tampoco evaluar la eficacia de las medidas adoptadas.

En relación a los estudios previos, siendo los murciélagos un grupo típicamente afectado por el funcionamiento de proyectos eólicos, se identificó una serie de proyectos que no realizaron caracterización alguna sobre este grupo (60, 65, 66, 68, 70, 76, 79, 85, 87, 89, 92, 94), argumentando para ello la inexistencia de hábitat potencial para el grupo, el potencial daño que se podría ocasionar al capturar ejemplares con redes niebla o, sencillamente, omitiendo su existencia. Otro grupo de proyectos implementó métodos a todas luces inadecuados, como la evaluación visual y/o acústica (oído desnudo) (61, 64, 65, 96) o recorrido vehicular a baja velocidad (79).

Acusando las falencias mencionadas, la autoridad competente solicitó en ocasiones la realización de estudios específicos de murciélagos (65, 76, 79), sin embargo pareciera no ser una situación común. Se reconoce, sin embargo, que estos requerimientos han sucedido recientemente (2012-2013) y que ello podría ser indicativo de un estándar con miras al futuro.

Considerando los proyectos que realizaron caracterizaciones previas mediante técnicas adecuadas para el registro de quirópteros, los métodos más utilizados fueron la captura con redes niebla y métodos acústicos de ultrasonido. El uso de redes niebla fue comúnmente utilizado como único

método de caracterización, entregando muchas veces nulos resultados. Los métodos acústicos han comenzado a ser utilizado recientemente –2012 en adelante- (61, 67, 68, 73, 76, 81). En tanto, el uso de ambos métodos combinados ha sido documentado sólo en proyectos de investigación, ajenos al SEIA (45, 48).

De manera transversal a los proyectos evaluados, se detectaron vacíos o insuficiencia en la información reportada. Esta tuvo relación, principalmente, con el tiempo de observación (número de campañas realizadas, número de noches por campaña y número de horas por noche) y la correcta aplicación de los métodos (61, 68, 77, 81).

En lo relativo al seguimiento post-construcción, se identifica que la consideración explícita de los murciélagos en esta actividad es escasa y reciente, pero parece posible prever que esta se extenderá en el corto plazo. En cuanto al diseño de los planes de monitoreo, se identifican comúnmente errores que imposibilitan tanto la cuantificación real de la magnitud de los impactos, como la identificación de impactos no previstos.

Estas falencias corresponden, principalmente, al diseño de planes de seguimiento que no consideran sitios control ni comparación antes-después de la intervención (entrada en funcionamiento del parque) y a la escasa consideración de la corrección de los datos como parte esencial del método. No obstante lo anterior se identifican excepciones, que sí consideran la evaluación antes-después (61, 88) o la corrección de los datos por remoción de carroñeros y/o por la eficiencia de los investigadores (85).

En lo relativo a la técnica utilizada para el seguimiento post-construcción, la búsqueda de carcacas es excluyente. Su implementación se propone en frecuencias variables –semanal (85), mensual (65), estacional (61)- y duraciones de entre uno (85) y dos años (61). Espacialmente, los planes proponen un área de búsqueda de 100m al pie de las turbinas (65, 85, 88).

Finalmente, se reconoce que el establecimiento por RCA de planes de seguimiento de murciélagos accidentados por el funcionamiento de parques eólicos dará origen a una cantidad creciente de información, que analizada correctamente puede representar un avance sustancial en el entendimiento de la relación de quirópteros y parques eólicos en el país. Sin embargo, pareciera no existir en la actualidad un sistema capaz de almacenar y gestionar dicha información.

ANÁLISIS COMPARATIVO

El contraste de lo descrito para la escena internacional y la nacional, respecto del seguimiento de la interacción de quirópteros y proyectos de generación eólica, arroja una brecha considerable de conocimiento y desarrollo de la materia.

Mientras en el plano internacional los resultados de los estudios de murciélagos son decisivos en la planificación de proyectos eólicos, en Chile, estudios equivalentes son apenas realizados por proyectos puntuales y sus resultados, acaso referenciales. Reflejo de ello es que un elevado

número de proyectos eólicos –cuyos efectos típicamente se manifiestan sobre quirópteros- omite por completo su existencia.

Si bien se identifica un reciente “despegue” en la materia, manifiesto a través de la utilización de técnicas modernas y del interés de las autoridades competentes por relevar este grupo, existen aspectos metodológicos que dificultan la generación de información adecuada para la toma de decisiones. Específicamente, se observan déficits importantes en el diseño de los estudios y en la aplicación correcta de las técnicas de campo.

En general, el trabajo de campo se realiza a través de terrenos de corta duración y del uso de metodologías no específicas para el estudio de este grupo, cuyo estudio es típicamente difícil y requiere de la implementación de las técnicas correctas. En relación a esto último, parece impresentable la argumentación –y más aún, la validación por parte de la autoridad- de la no ejecución de métodos específicos para la caracterización de murciélagos (redes niebla) basada en el efecto que uso podría tener sobre la población. El análisis de la información internacional, por el contrario, refleja que se trata de una técnica probada cuya ejecución por parte de especialistas no conlleva mayores riesgos. Sí, es un método cuya eficacia se ve mejorada a través del complemento con métodos acústicos, lo cual parece una buena alternativa de cara al futuro.

En relación al seguimiento postconstrucción, aunque la consideración explícita de murciélagos es reciente y aún no es masiva, los estudios que consideran al grupo proponen la búsqueda de carcacas, lo cual se alinea con la situación internacional. No obstante aquello, fallas metodológicas como la ausencia de un diseño sólido (Ej. BACI) y la consideración de los hallazgos como un valor absoluto, en lugar de como un indicio de la real magnitud del problema, reducen considerablemente la utilidad de ellos.

La mejora de los mecanismos para el seguimiento de quirópteros tiene el enorme potencial de permitir la comprensión de la interacción entre este grupo y parques eólicos en el país, sin embargo para ello se requieren mecanismos que faciliten el uso de la información que se generará crecientemente a través de los planes de seguimiento comprometidos por RCA.

III. CONCLUSIONES

PROYECTOS DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA

1. CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS

Los impactos ocasionados por líneas eléctricas sobre aves corresponden principalmente a colisión y electrocución. Para cada impacto existen factores propios de las estructuras, de las aves y del ambiente, que definen la probabilidad de ocurrencia y la magnitud del impacto.

Aunque, en términos globales, ni la colisión ni la electrocución parecieran corresponder a una causa prioritaria de amenaza, sus efectos sí podrían cobrar relevancia en poblaciones locales, especies amenazadas, de lenta reproducción y propensas a manifestar los impactos.

Las colisiones ocurren principalmente con cable de guardia de líneas de alto voltaje. El mayor riesgo se da en lugares donde existen concentraciones de aves, tales como humedales, dormideros o áreas de alimentación, así como en aquellos lugares usados para desplazamiento como cordones montañosos, líneas de costas y portezuelos. Desde el punto de vista de las aves, la colisión se asocia a vuelos poco maniobrables, nocturnos, en bandadas y de migración.

La electrocución, en tanto, se relaciona con tendidos de baja y media tensión, en los cuales la distancia entre fases cargadas puede ser alcanzada por las aves. En el contexto internacional este impacto ha recibido especial atención, pues la electrocución de un ave suele conllevar interrupciones en el suministro de energía, lo cual puede conllevar costos económicos superiores a los derivados del reemplazo de las estructuras que revisten un mayor riesgo. Aunque en su ocurrencia también juegan un rol factores propios de las especies, el impacto puede ser completamente reducido mediante el uso de diseños específicos de estructuras.

Los efectos del electromagnetismo han sido poco estudiados en relación a aves silvestres, restringiéndose básicamente a experiencias de laboratorio. A nivel de individuos se describen efectos en la reproducción, desarrollo, fisiología, endocrinología, sistema inmune y estrés oxidativo; sin embargo, la literatura internacional no identifica sus efectos como una causa de amenaza para poblaciones de aves silvestres.

Los impactos registrados en Chile en general se alinean con la experiencia internacional, en cuanto a las especies y tipo de estructuras involucradas, pero su magnitud no guarda relación con lo observado en el extranjero. A entender de la presente consultoría, ello no representa una ocurrencia menor de estos impactos sino una baja tasa de detección y reporte, sustentada en métodos inadecuados de seguimiento y canales ineficientes de comunicación.

Para los murciélagos presentes en Chile, dado su pequeño tamaño y su capacidad de realizar ecolocación, los potenciales impactos ocasionados por líneas se restringen a aquellos propios de cualquier estructura antrópica (destrucción o perturbación de sitios de importancia biológica), no existiendo interacciones específicas como las descritas para aves.

2. MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y SOLUCIONES TÉCNICAS DE DISEÑO

Para los principales impactos ocasionados por tendidos, existe a nivel internacional una amplia gama de acciones o modificaciones estructurales que disminuyen la probabilidad de ocurrencia o su magnitud. Estos se encuentran en constante desarrollo y evaluación; y su alcance comprende desde mínimas adiciones de elementos que aumentan la visibilidad de los tendidos hasta la planificación del territorio y la construcción de tendidos subterráneos.

Una serie de medidas dice relación con el diseño, emplazamiento y la selección de las estructuras a utilizar, mientras que otro grupo consiste en la adición o el manejo de elementos y variables, durante la construcción, que mitigan los impactos que se producen una vez que los tendidos están funcionando. Las medidas “generales” (planificación) son, desde el punto de vista biológico, las más convenientes. Sin embargo, su aplicación por cierto escapa a las recomendaciones que puede entregar esta consultoría.

Tanto desde el punto de vista de los costos de su aplicación como del de los beneficios para los organismos potencialmente impactados, la consideración temprana de las medidas resulta conveniente.

La medida por excelencia para disminuir el riesgo de colisión en tendidos cuyo emplazamiento y características están ya definidas, es la adición de disuasores de vuelo o *salvapájaros*, dentro de los cuales existe una amplia gama de diseños con características y funciones específicas. Al margen de lo anterior, la efectividad de la medida está mayormente relacionada con la frecuencia (en términos de distancia) en la cual se ubican los dispositivos. Esta medida ha sido ampliamente utilizada en el país, pero se desconoce su eficacia debido a la ausencia total o fragilidad metodológica de los planes de seguimiento que podrían evaluarla.

La disminución del riesgo de electrocución, en tanto, es bastante sencilla, pues pasa por utilizar estructuras que imposibiliten el contacto de las aves con dos fases cargadas. Es así como diversos países -España, Alemania y Suiza, entre otros- han puesto sus esfuerzos en erradicar las estructuras peligrosas por medio de la aplicación planes nacionales. Existen diversas recomendaciones a nivel internacional, sin embargo la normativa española es una de las más claras al respecto, estableciendo una distancia mínima de 1,5m entre conductores y fijando valores “seguros” para distintos tipos de estructuras.

Una serie de otras medidas han sido desarrolladas, entre las que se cuentan los disuasores de sonido, plataformas de anidación, disuasores de posada y la modificación “favorable” del hábitat, por ejemplo, a través de la plantación de árboles alrededor de los tendidos. Sin embargo, el uso de estas medidas parece ser más una herramienta disponible para responder a situaciones específicas, que un mecanismo eficiente de gestión del riesgo en todo el territorio.

El análisis de la información nacional permitió identificar la replicación de medidas, en contextos ambientales totalmente distintos, sin un respaldo técnico aparente.

De manera transversal a la medida aplicada y dado el escaso desarrollo de estas materias en el país, es fundamental que todos los detalles relativos a su aplicación sean reportados. Específicamente es importante conocer la justificación, emplazamiento, cantidad-magnitud, nombre comercial, valor, mantenimiento y vida útil de las medidas adoptadas, entre otras. De igual manera, resulta fundamental la evaluación de su eficacia, mediante la ejecución de seguimientos cuyo diseño metodológico permita obtener información concluyente.

El análisis conjunto de toda esta información, así como la publicación y consideración de las experiencias no exitosas debiera permitir avanzar en el establecimiento de medidas eficaces en el contexto nacional.

3. SEGUIMIENTO

El seguimiento es un mecanismo que permite tanto cuantificar la magnitud de los impactos asociados al funcionamiento de un tendido –y de paso, contrastarlos con la magnitud prevista– como evaluar la eficacia de las medidas de mitigación adoptadas. Sin embargo para ello, es fundamental la construcción de diseños robustos.

Aunque para el país, estrictamente, su alcance está restringido al período de funcionamiento de los proyectos, en la escena internacional se plantea como un continuo de estudios antes-después, con grupos control-tratamiento.

En lo relativo a estudios previos, se recomienda una caracterización de un año antes de la intervención. Esta debe permitir, al menos, caracterizar en términos de composición, abundancia y densidad el ensamble de aves, capturando su variación temporal; y comprender la distribución y el patrón de movimiento local de las aves.

Dependiendo de los objetivos específicos de cada plan de seguimiento post-construcción, se deberán adoptar los métodos correspondientes. No obstante, la búsqueda de carcasas es considerada casi siempre, pues permite aproximarse a los impactos “reales” de los proyectos. Sin embargo una consideración relevante respecto de su aplicación tiene que ver con el supuesto de que los registros son sólo una muestra superficial de la real magnitud del problema. De acuerdo a ello, es fundamental realizar estudios de error y corrección de los datos considerados al menos la eficiencia de los investigadores y la remoción de carcasas por carroñeros y depredadores.

Por último, cabe destacar que dado el cada vez más habitual requerimiento de planes de seguimiento a los proyectos del SEIA, es esperable la generación de una cantidad creciente de información. La adecuada gestión de esta permitirá no sólo dar respuesta a aspectos específicos de cada proyecto sino también incrementar el entendimiento de la interacción entre aves y tendidos eléctricos a nivel país.

PROYECTOS DE GENERACIÓN EÓLICA

1. CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS

Los impactos de los proyectos de generación eólica han sido cada vez más estudiados durante los últimos años, debido a que ciertos lugares emblemáticos como Altmont Pass, California han registrado mortalidades alarmantes de aves y murciélagos, poniendo ante el escrutinio público los inconvenientes que este tipo de proyectos pueden acarrear para la vida silvestre. En contraparte, las medidas de mitigación adoptadas han demostrado disminuir significativamente estos impactos, reforzando la idea de que la generación eólica es compatible con la protección de la fauna.

Si bien la mortalidad por colisión causada por centrales eólicas es relativamente baja, en comparación con otras estructuras de origen antrópico, esta podría llegar a tener un impacto significativo al tratarse de especies amenazadas, de bajas tasas reproductivas y/o propensas a colisionar. La dimensión de estos impactos se ve fuertemente determinada por la ubicación del parque eólico, la distribución de los aerogeneradores dentro de este y el efecto sinérgico de diversos parques dentro de una misma zona geográfica.

Se ha documentado que las especies de aves que con mayor frecuencia colisionan son miembros de Laridae, Accipiteridae, Falconidae y Anatidae; y también paseriformes, cuya tasa de detección es menor dado su menor tamaño y rápida tasa de remoción. La magnitud de los impactos es mayor en murciélagos, afectando principalmente a especies migratorias, como las de los géneros Lasiurus y Tadarida, aunque especies no migratorias pueden verse también afectadas.

Para ambos grupos, la información proveniente de Chile es puntual y poco sistemática; y no refleja la magnitud real del problema en el país. En cuanto a aves, existen sólo cinco registros de colisiones, pertenecientes todas a un proyecto de la región de Coquimbo; en murciélagos, en tanto, se han detectado ejemplares accidentados en las regiones de Coquimbo y Biobío.

En pro de avanzar en el entendimiento de la interacción de parques eólicos, aves y murciélagos resulta prioritario establecer un mecanismo eficiente de gestión de la información, que considere épocas del año, condiciones climáticas y condiciones específicas de ocurrencia de los impactos. En dicho contexto, la realización de planes de seguimiento con diseños adecuados puede resultar en una fuente de información en extremo valiosa.

2. MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y SOLUCIONES TÉCNICAS DE DISEÑO

Las medidas de mitigación para los proyectos de generación eólica son escasas una vez que el parque ha sido construido, dado que la principal forma de evitar impactos se basa en la correcta elección del sitio donde este se emplazará, teniendo especial consideración con lugares de elevado valor biológico, como por ejemplo las IBAs. Para ello es vital contar con información biológica adecuada, acabada y oportuna de los sitios en donde se proyectan las instalaciones, en forma previa al diseño de cada proyecto.

Más allá de las medidas relacionadas con la planificación, que escapan al alcance de las recomendaciones viables de ser aplicadas en el marco de la presente consultoría, se han desarrollado una serie de técnicas que, en mayor o menor medida, han demostrado ser efectivas. El ligero aumento en la velocidad a la cual las turbinas comienzan a girar (*cut-in speed*) durante períodos de migración, por ejemplo, ha demostrado reducir sustancialmente los accidentes de murciélagos con un costo mínimo en la producción. En una línea semejante, aunque basada sobre un nivel base de conocimiento aún inexistente en Chile, el desarrollo de modelos predictivos que informen de momentos en los cuales turbinas específicas tienen un alto riesgo de causar colisiones, son altamente eficaces.

Si bien el uso de luces de navegación es obligatorio en atención a la normativa aeronáutica, ciertas modificaciones en los colores, intensidades y frecuencias pueden reducir la atracción de aves hacia ellas.

En cuanto a las medidas aplicadas en Chile, existen algunas cuya eficacia es al menos controvertida. Los planes de contingencia enfocados como un mecanismo para reducir el impacto sobre las poblaciones de aves y murciélagos, por ejemplo, carecen de asidero. El uso de emisores de sonido de baja frecuencia, en tanto, ha sido desestimada en el plano internacional.

3. SEGUIMIENTO

El seguimiento de la interacción entre aves, murciélagos y parques eólicos no guarda grandes diferencias con lo planteado para proyectos de transmisión eléctrica, siendo igual de relevante la construcción de diseños robustos. La realización de estudios pre y post-construcción es referida como clave tanto para aves como para murciélagos, ya que permite evaluar el efecto de la operación de un proyecto más allá de los reportes específicos. La utilización de grupos control y la replicación del muestreo son igualmente importantes.

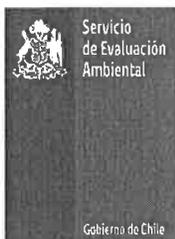
El estudio previo debe tener la capacidad de permitir una predicción acertada de los impactos, de manera de posibilitar la adopción de medidas basadas en el entendimiento biológico de los organismos potencialmente afectados. El seguimiento posterior a la entrada en operación de los proyectos debe evaluar la eficacia de dichas medidas y la eventual ocurrencia de impactos no previstos.

Ello se logra, usualmente, a través de métodos estándar el estudio de aves en combinación con la búsqueda de carcasas. En realización a esta última, es particularmente relevante la consideración de los factores más comunes de error, como la capacidad de detección de los investigadores y la tasa de remoción por carroñeros.

Si bien la búsqueda de carcasas es comúnmente realizada en Chile, la corrección de los datos en función de los errores es prácticamente nula, lo cual deriva en una subvaloración absoluta de los resultados informados.

Es importante destacar que un buen seguimiento no requiere de grandes inversiones desde el punto de vista económico, ya que un diseño correcto del mismo será capaz de recopilar la información adecuada en un tiempo prudente, por lo que su realización no debería afectar de manera alguna la viabilidad económica de los proyectos.

A partir de lo presentado, vuelve a hacerse evidente la necesidad de estimular la investigación científica y aplicada en estas materias. La realización de seguimientos post-construcción, cuyos resultados estén disponibles a todo público es también fundamental para favorecer la participación de distintos actores sociales.



CARTA D.E. N° 140104 /14

SANTIAGO, 16 ENE 2014

Señor
Gonzalo Ossa Gómez
Manuel Antonio Matta N°697. Quilicura

De mi consideración:

Hemos tomado conocimiento de su solicitud Folio AW004W-0001626, recibida por nuestra Oficina de Información y Atención a la Ciudadanía el día 25 de diciembre del 2013, en la que señala lo siguiente:

“Estimado(a)

En el marco de la consultoría "Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos" (ID 612-59-LE13) la cual me encuentro realizando para el Servicio Agrícola y Ganadero, me dirijo a ustedes para pedir información acerca de las medidas de seguimiento de fauna silvestre implementadas (de acuerdo a la Resolución de Calificación Ambiental) por los siguientes proyectos aprobados por el SEIA:

- Parque Eólico Monte Redondo

- Parque Eólico Pichihue

- Parque Eólico Chiloé

- Parque Eólico Chome

- Parque Eólico Calama

- Parque Eólico Arauco

- *Parque Eólico Llay-llay*

- *Parque Eólico Talinay I*

- *Parque Eólico Quillagua*

- *Parque Eólico Totoral*

- *Parque Eólico Punta Colorada*

- *Línea de alta tensión subestación crucero - subestación encuentro*

Todos estos proyectos se encuentran en el e-SEIA.”.

Al respecto, en el marco de lo establecido en la Ley N° 20.285, y conforme a los antecedentes disponibles, le comunicamos que la información que el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) posee respecto de los proyectos mencionados en su solicitud, es la que se encuentra permanentemente disponible en la plataforma electrónica del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (e-SEIA) que está en nuestro sitio web institucional (www.sea.gob.cl). A través del e-SEIA Usted puede acceder a los expedientes de evaluación de los proyectos, así como también, a los expedientes de seguimiento, fiscalización y sanción (en los casos que lo hubiese). Cabe señalar que estos últimos expedientes están hasta el 28 de diciembre del 2012, fecha en la que entraron en vigencia las facultades fiscalizadoras y sancionadoras de la Superintendencia del Medio Ambiente.

En virtud de lo anterior, respecto de la información posterior al 28 de diciembre de 2012, su solicitud será derivada a la **Superintendencia del Medio Ambiente**, que es el órgano competente para entregarle la información requerida.

Finalmente, le indicamos que los links directos para acceder a los expedientes electrónicos de dichos proyectos son los siguientes:

1- Parque Eólico Monte Redondo (Coquimbo)

http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2302644

- 2- Parque Eólico Pichihue (Los Lagos)
http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=7487365
- 3- Parque Eólico Chiloé (Los Lagos)
http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2128858699
- 4- Parque Eólico Chome (Bío- Bio)
http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=3034359
- 5- Parque Eólico Calama (Calama)
http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=5693173
- 6- Parque Eólico Arauco (Bío- Bio)
http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=3837768
- 7- Parque Eólico Llay-lay (Valparaíso)
http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=5382106
- 8- Parque Eólico Talinay I (Coquimbo)
http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=3038284
- 9- Parque Eólico Quillagua (Antofagasta)
http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=8123299
- 10- Parque Eólico Totoral (Coquimbo)
http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2447076
- 11- Parque Eólico Punta Colorada (Coquimbo)
http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2253615

12- Línea de alta tensión subestación crucero - subestación encuentro (Antofagasta)
http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=7714090

Sin otro particular, saluda atentamente a Usted,



RICARDO IRARRÁZABAL SÁNCHEZ
Director Ejecutivo (PT)
Servicio de Evaluación Ambiental

mp.
ECQ/AEG/FCP

Distribución:

- Archivo División Jurídica, Servicio de Evaluación Ambiental
- Archivo Dirección Ejecutiva, Servicio de Evaluación Ambiental
- Oficina de Informaciones y Atención a la Ciudadanía, Servicio de Evaluación Ambiental
- Oficina de Partes, Servicio de Evaluación Ambiental



OF. ORD. D.E. : N° 140114 /

ANT.: No hay

MAT.: Medidas de seguimiento de fauna silvestre

SANTIAGO, 21 ENE 2014

**A : SR. JUAN CARLOS MONCKEBERG FERNÁNDEZ
SUPERINTENDENTE
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE**

**DE : DIRECTOR EJECUTIVO (S)
SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**

Mediante el presente, informo a Usted que el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), ha recibido con fecha 25 de diciembre del 2013 la solicitud del Sr. Gonzalo Ossa Gómez, la que quedó registrada en la solicitud Folio AW004W-0001626. En ésta se señala lo siguiente:

“Estimado(a)

En el marco de la consultoría "Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos" (ID 612-59-LE13) la cual me encuentro realizando para el Servicio Agrícola y Ganadero, me dirijo a ustedes para pedir información acerca de las medidas de seguimiento de fauna silvestre implementadas (de acuerdo a la Resolución de Calificación Ambiental) por los siguientes proyectos aprobados por el SEIA:

- Parque Eólico Monte Redondo
- Parque Eólico Pichihue
- Parque Eólico Chiloé
- Parque Eólico Chome
- Parque Eólico Calama
- Parque Eólico Arauco
- Parque Eólico Llay-llay
- Parque Eólico Talinay I
- Parque Eólico Quillagua
- Parque Eólico Totoral
- Parque Eólico Punta Colorada
- Línea de alta tensión subestación crucero - subestación encuentro

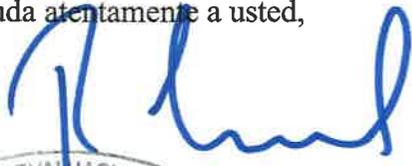
Todos estos proyectos se encuentran en el e-SEIA.”

De acuerdo al contenido de la solicitud se realiza derivación al SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE para que responda directamente al interesado toda vez que dicha institución es competente en la materia consultada. Se adjuntan antecedentes y datos del requirente para gestionar respuesta.

Finalmente, cabe señalar, que se le comunicó al solicitante que el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) posee información permanentemente disponible en la plataforma electrónica del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (e-SEIA), en el cual se puede

acceder a los expedientes de evaluación de los proyectos, así como también, a los expedientes de seguimiento, fiscalización y sanción (en los casos que lo hubiese). Sin embargo, estos últimos expedientes están hasta el 28 de diciembre del 2012, fecha en la que entraron en vigencia las facultades fiscalizadoras y sancionadoras de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted,




RICARDO IRARRÁZABAL SÁNCHEZ
Director Ejecutivo (PT)
Servicio de Evaluación Ambiental



ECQ/AEG/FCP
c.c: Sr. Gonzalo Ossa Gómez
Dirección Ejecutiva, SEA

- División Jurídica, SEA
- OIRS,SEA
- Oficina de partes, SEA