



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS



MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

**PROPUESTA DE GUÍA PARA LA EVALUACIÓN Y MITIGACIÓN
DEL IMPACTO DE LOS PARQUES EÓLICOS SOBRE LA
QUIROPTEROFAUNA EN BAJA CALIFORNIA, MÉXICO**

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRA EN CIENCIAS

Presenta

MINERVA ÁNGELA URIBE RIVERA

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, AGOSTO 2016



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS



MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

**PROPUESTA DE GUÍA PARA LA EVALUACIÓN Y MITIGACIÓN
DEL IMPACTO DE LOS PARQUES EÓLICOS SOBRE LA
QUIROPTEROFAUNA EN BAJA CALIFORNIA, MÉXICO**

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRA EN CIENCIAS

Presenta

MINERVA ÁNGELA URIBE RIVERA

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, AGOSTO 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

PROPUESTA DE GUÍA PARA LA EVALUACIÓN Y MITIGACIÓN DEL
IMPACTO DE LOS PARQUES EÓLICOS SOBRE LA QUIROPTEROFAUNA EN
BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRA EN CIENCIAS

Presenta

MINERVA ÁNGELA URIBE RIVERA

Aprobado por



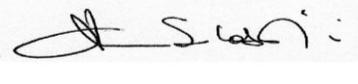
M. en C. Aldo Antonio Guevara Carrizales

Director



Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera

Sinodal



PhD Cecilia Soldatini

Sinodal

A mi familia, mis papás, hermanas, Jagger, por ser mi más fuerte motivación...

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por brindarme el apoyo para poder llevar a cabo mis estudios, así como a la Universidad Autónoma de Baja California por abrirme las puertas para realizar este posgrado.

A mi director de tesis M. en C. Aldo Antonio Guevara Carrizales, por su tiempo y dedicación para guiarme en el desarrollo de este trabajo que comenzó desde la Especialidad y por estar siempre dispuesto para compartir sus conocimientos. Por su asesoría para la elaboración de proyectos con lo cual pude obtener financiamiento para el trabajo de campo y por ser un gran ejemplo como profesionalista y como persona, lo cual me motivó a ser siempre mejor en todos los aspectos.

A los miembros de mi comité, Dra. Claudia Leyva por su asesoría como sinodal y apoyo como coordinadora del programa, para poder llevar a cabo todas las actividades que contribuyeron con mi formación académica. A PhD Cecilia Soldatini por aceptar la invitación a participar como mi sinodal y por brindarme sus aportaciones que fueron parte esencial de esta tesis.

A todos los profesores de la Maestría, quienes me formaron y acompañaron en este proceso.

A la fundación Jiji, Rufford Foundation e Idea Wild por aceptar mi proyecto y otorgarme el apoyo económico sin el cual no hubiera sido posible realizar el trabajo de campo y contar con todo el equipo necesario.

A la Dra. María Evarista Arellano García, Dr. Ricardo Eaton González y M. en C. Heliot Zarza Villanueva quienes respaldaron mi proyecto de tesis para poder solicitar el apoyo a Rufford Foundation.

Al Cp. Francisco Javier Orduño director general de la Comisión Estatal de Energía del Estado de Baja California, Ing. Isaí Gómez y a todo el personal del Parque Eólico La Rumorosa por las facilidades brindadas para la realización del presente trabajo. Al Sindicato de Trabajadores Superación Universitaria de la UABC 2012-2016 y el Sr. Augusto Navarro,

por su asistencia en nuestra estancia. A la SEMARNAT por el permiso de colecta GPA/DGVS/0258.

Al M.V.Z Guillermo Solís y médicos de la Clínica Veterinaria Bahía, así como la M.V.Z Maru del Valle por su valiosa colaboración con los estudios radiográficos, así como a Deyanira Rodarte y Ma. Isabel Montes, por la asesoría en los análisis histopatológicos.

Al Biol. Hans Sin y personal de Department of Fish and Wildlife de California por sus contribuciones en el análisis de los llamados de ecolocalización.

Al Dr. Rafael Bello Bedoy por sus valiosas contribuciones en los análisis estadísticos. Al Dr. Gorgonio Ruiz Campos por auxiliarme en el trabajo de laboratorio, con la identificación de especímenes y por sus aportaciones en las publicaciones.

A todas las personas que me auxiliaron en el trabajo de campo y compartieron esa gran experiencia conmigo, Aldo, Vero, Alex, Kat, Ulises...

Asimismo quiero agradecer a todas las personas que me brindaron su apoyo para el desarrollo de mi estancia de investigación. A Aldo por motivarme a emprender esta actividad y a la Dra. Claudia y a Dra. Adriana Puma quienes me auxiliaron en todo momento con los trámites. Al departamento de movilidad académica de la UABC y a CONACYT por los recursos que me otorgaron. A Manuela Huso, por recibirme en su laboratorio y compartir su experiencia académica, además de su hospitalidad durante mi estancia en la ciudad. A Cris Hein por asistir a las reuniones, compartir información y colaborar con la elaboración de las recomendaciones de este trabajo. A Melissa Rieth y personal de Oregon State University por las facilidades brindadas para mi estancia y a todas las personas que me recibieron y tuve el gusto de conocer en esta ciudad.

Al M.V.Z Guillermo Islas y Donde por apoyarme en todo momento y ser parte del inicio de esta etapa de formación académica.

A todos mis compañeros y amigos de la maestría, quienes me acompañaron en esta aventura y sin duda son parte de este logro, al igual que todas las excelentes personas que tuve la oportunidad de conocer desde que llegué a Ensenada.

A los murciélagos y a todo los animales que son mi fuente de inspiración.

RESUMEN

La energía eólica generalmente es considerada ambientalmente limpia, sin embargo se ha documentado que produce algunos impactos negativos en los murciélagos, que incluyen la mortalidad derivada de la colisión con las aspas de los aerogeneradores; lesiones pulmonares producidas por los cambios de presión atmosférica alrededor de las turbinas o cambios en los hábitos de alimentación y rutas de vuelo. La Rumorosa, Baja California es una de las áreas con mayor potencial para la producción de energía eólica en México, por lo que en 2009 se instaló el Parque Eólico la Rumorosa (PER), el primero en el estado. A pesar de que la construcción de parques eólicos está regulada por la legislación mexicana, no existen lineamientos específicos que permitan evaluar el impacto real de estos proyectos sobre los murciélagos. El objetivo del presente trabajo consistió en generar una propuesta para la evaluación y mitigación de los impactos sobre la quiropterofauna de Baja California. A través de trabajo documental y de campo se documentaron las especies de murciélagos presentes en Baja California y en el Parque Eólico la Rumorosa (PER). Posteriormente se comparó la riqueza y patrón de actividad de las especies de murciélagos antes y después de la instalación del PER y se documentó la mortalidad de los murciélagos en el PER así como las condiciones ambientales y elementos de infraestructura relacionados con ésta. Finalmente, se identificaron los elementos que deben considerarse para evaluar el impacto de los parques eólicos en los murciélagos y se elaboró una propuesta de lineamientos. Los resultados fueron evaluados por expertos en parques eólicos y murciélagos del Servicio Geológico de los Estados Unidos y Bat Conservation International, para adecuar las recomendaciones para parques eólicos en México. Como resultado, se registró en el área de estudio la presencia de 10 especies de quirópteros, pertenecientes a dos familias y nueve géneros. A pesar de que ninguna de estas especies se encuentra bajo alguna categoría de riesgo, cabe resaltar la presencia de tres especies con mayor riesgo potencial de presentar mortalidad asociada a la operación de los parques eólicos, *Tadarida brasiliensis*, *Nyctinomops femorosacus* y *Eumops perotis*, de las cuales las dos primeras se registraron tanto en el verano como el otoño. Los resultados del análisis de la comunidad reflejan que existen cambios en ésta ahora que el parque eólico está operando. Estos cambios se observan principalmente en una menor riqueza específica y cambios en la dominancia de especies. El patrón de actividad se mantuvo de igual forma, al ser el verano la época de mayor actividad y los cañones la unidad fisiográfica

con más número de llamados de ecolocalización. La disminución en el número de llamados de ecolocalización en conjunto con los hallazgos de mortalidad, son indicativos de impactos indirectos (posible desplazamiento de las especies) y directos, respectivamente. Las principales recomendaciones aquí presentadas incluyen el monitoreo de la quiropteroфаuna durante al menos un año antes de la operación de los proyectos eólicos mediante el uso de detectores acústicos. Durante la operación, se sugiere registrar la mortalidad de murciélagos mediante la búsqueda de cadáveres, cubriendo las cuatro estaciones del año. Con base en la aplicación de los protocolos internacionales, fue posible llevar a cabo el monitoreo de la mortalidad de murciélagos dentro del Parque Eólico La Rumorosa, sin embargo para obtener una estimación más precisa de la tasa de mortalidad, es necesario ajustar los intervalos de búsqueda de cadáveres de acuerdo con el tiempo de permanencia de estos en el sitio y la eficiencia de búsqueda. Como resultado de la evaluación de los expertos, se identificó que el cambio en la velocidad de arranque de las turbinas constituye una medida de mitigación viable para los parques eólicos en Baja California y México. La inclusión de este tipo de protocolos es imprescindible para realizar una mejor evaluación del impacto de los parques eólicos sobre la quiropteroфаuna, así como para estandarizar los criterios para llevar a cabo los estudios en los parques eólicos, y así obtener información comparable. El presente trabajo constituye la primera propuesta para la evaluación y mitigación de los impactos de los parques eólicos en la quiropteroфаuna de Baja California, sin embargo incluye lineamientos generales aplicables a nivel nacional.

Palabras clave: energía eólica, impacto, lineamientos, murciélagos, recomendaciones.

Contenido

I INTRODUCCIÓN	5
II ANTECEDENTES.....	6
2.1 Importancia de la energía eólica en México.....	6
2.2 Panorama de la energía eólica en Baja California	6
2.3 Impactos de la energía eólica en los ecosistemas.....	7
2.4 Impactos de la energía eólica sobre la fauna silvestre	8
2.5 Especies de murciélagos con registros de mortalidad en parques eólicos.	9
2.6 Especies de murciélagos que pueden ser afectadas por los aerogeneradores en Baja California y en el PER.....	11
2.7 Condiciones ambientales asociadas con la mortalidad de los murciélagos en los parques eólicos.	11
2.7.1 Época del año	11
2.7.2 Temperatura	12
2.7.3 Velocidad del viento	12
2.7.4 Lluvia y tormentas	13
2.7.5 Vegetación.....	13
2.7.6 Teoría de la descompresión	13
2.8 Elementos de infraestructura de los parques eólicos relacionados con la mortalidad de murciélagos dentro de los parques eólicos.	14
2.8.1 Dimensión de las turbinas	14
2.8.2 Ubicación de los aerogeneradores	14
2.8.3 Sonidos generados por las turbinas	14
2.8.4 Velocidad de operación	15
2.8.5 Iluminación	15
2.8.6 Nacelles.....	15
2.8.7 Construcción de caminos y corredores	16
2.9 Importancia de la quiropterofauna en México	16
2.10 Evaluación de impacto ambiental en México.....	17
2.11 Problemática en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	18
III OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo general	20
3.2 Objetivos específicos	20
IV ÁREA DE ESTUDIO.....	21
4.1. MEDIO FÍSICO	22
4.1.1. Clima	22
4.1.2 Temperatura	22
4.1.3 Precipitación	22
4.1.4 Viento	22
4.1.5 Hidrología	22

4.2 VEGETACIÓN.....	23
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
5.1 Documentación de las especies de murciélagos presentes en Baja California.....	24
5.2 Descripción de las especies de murciélagos presentes en el Parque Eólico la Rumorosa	25
5.3 Comparación de la riqueza y patrón de actividad de las especies de murciélagos antes y después de la instalación del PER.....	28
5.4 Documentación de la mortalidad de los murciélagos en parques eólicos y las condiciones ambientales y elementos de infraestructura relacionados con ésta.	29
5.5 Descripción de los elementos que deben considerarse para evaluar el impacto de los parques eólicos en los murciélagos.....	31
VI RESULTADOS	33
6.1 Especies de murciélagos presentes en Baja California.....	33
6.2 Especies de murciélagos presentes en el Parque Eólico la Rumorosa	34
6.3. Comparación de la riqueza y patrón de actividad de especies de murciélagos antes y después de la construcción del PER.	40
6.4 Resultados del monitoreo de la mortalidad de murciélagos en el PER.....	43
VII. DISCUSIÓN.....	47
7.1 Especies de murciélagos presentes en Baja California y el Parque Eólico la Rumorosa	47
7.2. Comparación de la riqueza y patrón de actividad de especies de murciélagos antes y después de la construcción del PER.	47
7.3 Especies de murciélagos que pueden ser afectadas por los aerogeneradores en Baja California y en el PER.....	48
7.4 Elementos de infraestructura de los parques eólicos relacionados con la mortalidad de murciélagos dentro de los parques eólicos	49
7.5 Resultados del monitoreo de la mortalidad de murciélagos en el PER.....	49
VIII.CONCLUSIONES	50
IX. RECOMENDACIONES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA QUIROPTEROFAUNA EN EL PARQUE EÓLICO LA RUMOROSA	52
9.1 Infraestructura.....	52
9.2 Monitoreo acústico de la quiropterofauna	53
9.3 Recomendaciones para el monitoreo de la mortalidad	54
9.3.1 Búsqueda de cadáveres.....	54
9.3.2 Estimación del patrón estacional de permanencia de cadáveres.	55
9.3.4 Medir la eficiencia de búsqueda de cadáveres.	56
9.4 Recomendaciones para el reporte de mortalidad.....	57
X. LITERATURA CITADA.....	58
XI. ANEXOS.....	64
ANEXO I. Guía de buenas prácticas para la evaluación y mitigación del impacto de los parques eólicos sobre la quiropterofauna de Baja California	64
Recomendaciones pre – operativas	65

1.2. Elaboración de estudios de reconocimiento	66
1.3 Evaluación de los impactos.....	73
1.4 Clasificación del área propuesta	76
Medidas de mitigación pre – operativas	78
1.5 Minimizar la fragmentación y alteración del hábitat:.....	78
1.6 Definir la mejor ubicación de los aerogeneradores	79
1.7 Establecer zonas “buffer” para minimizar los riesgos de colisión	80
1.8 Utilizar infraestructura que minimice los impactos.....	80
1.9 Evitar proveer sitios de percha.....	80
1.10 Reducir el hábitat artificial para los insectos.....	80
1.11 Evitar el uso de iluminación que atraiga a los murciélagos.....	81
1.12 Considerar el uso de dispositivos que ahuyenten a los murciélagos	81
Recomendaciones durante la operación.....	82
2.0 Evaluación de los impactos.....	82
Medidas de mitigación durante la operación.....	85
2.3 Reforestar caminos de acceso	85
2.4 Realizar modificaciones al hábitat.....	85
2.5 Efectuar cambios estacionales en la velocidad de arranque.....	85
2.6 Efectuar cambios periódicos en el ángulo de las palas en noches de poco viento	85
2.7 Suspensión estacional de actividades	85
2.8 Retiro o reubicación de las turbinas que generen altas mortalidades	86
2.9 Reducir la iluminación.....	86
2.10 Monitoreo del ruido.....	86
2.11 Monitoreo acústico	86
Medidas de mitigación en la etapa de abandono	86
3.1 Desmantelar y retirar los aerogeneradores que no estén en funcionamiento.....	86
ANEXO II. Publicaciones en revisión	87
Artículo de divulgación enviado a la revista CIENCIA UANL	87
Nota científica sometida a la revista Western North American Naturalist.....	93

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Registros de mortalidad de quirópteros en parque eólicos.	10
Cuadro 2. Especies de murciélagos presentes en Baja California.	34
Cuadro 3. Parámetros propuestos por Frick (2007) para la identificación de especies a partir de los llamados de ecolocalización.	35
Cuadro 4. Especies de murciélagos registradas en el Parque Eólico La Rumorosa y sitios aledaños	38
Cuadro 5. Análisis de covarianza del número de llamados de ecolocalización considerando como factores continuos la temperatura, velocidad promedio del viento (VPV), humedad relativa (HR%) y la fase lunar	39
Cuadro 6. Llamados de ecolocalización promedio en dos fases lunares en el Parque eólico la Rumorosa	39
Cuadro 7. Composición específica, estructura de gremios y número de llamados de ecolocalización de las especies registradas antes y durante la operación del Parque Eólico la Rumorosa.	40
Cuadro 8. Métricas obtenidas para los llamados de ecolocalización de 2009 y 2015.	41
Cuadro 9. Resultados del monitoreo acústico y registro de especies en riesgo en 2009 y 2015	42
Cuadro 10. Resultados del análisis de la comunidad de quirópteros antes y durante la operación del PER 2009 y 2015.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio. Parque Eólico la Rumorosa	21
Figura 2. Vista del Parque Eólico La Rumorosa	21
Figura 3. Esquema de actividades y métodos.....	24
Figura 4. Área de estudio y distribución de las estaciones de monitoreo.	26
Figura 5. Instalación de redes de niebla para el monitoreo de las especies.....	26
Figura 6. Instalación del equipo de monitoreo acústico.	27
Figura 7. Registro de variables meteorológicas durante el monitoreo nocturno.	28
Figura 8. Área de búsqueda de cadáveres CLASE 1	30
Figura 9. Área de búsqueda de cadáveres CLASE 2	30
Figura 10 Área de búsqueda clasificada en la CLASE 3.....	31
Figura 11. Sonograma de <i>Tadarida brasiliensis</i>	35
Figura 12. Sonograma de <i>Nyctinomops femorosaccus</i>	36
Figura 13. Sonograma de <i>Parastrellus hesperus</i>	36
Figura 14. Sonograma de <i>Antrozous pallidus</i>	36
Figura 15. Sonograma de <i>Eptesicus fuscus</i>	37
Figura 16. Sonograma de <i>Myotis californicus</i>	37
Figura 17. Sonograma de <i>Myotis melanorhinus</i>	37
Figura 18. Sonograma de <i>Myotis ciliolabrum</i>	38
Figura 19. Curva de acumulación de especies de murciélagos para todos los monitoreos realizados en el Parque Eólico la Rumorosa y sitios aledaños.....	39
Figura 20. Registro de cadáveres dentro del Parque Eólico.	43
Figura 21. Aparato de rayos X y toma de placa radiográfica.	44
Figura 22. Proyección ventro – dorsal del estudio radiográfico de <i>Eumops perotis</i>	44
Figura 23. Incisión primaria en la necropsia del cadáver de <i>Eumops perotis</i>	45
Figura 24. Hallazgos a la necropsia de <i>Eumops perotis</i>	45
Figura 25. Inspección externa del cadáver de <i>Tadarida brasiliensis</i>	46
Figura 26. Hallazgos a la necropsia del ejemplar de <i>Tadarida brasiliensis</i>	46
Figura 27. Protocolo para la evaluación y mitigación del impacto de los parques eólicos en la quiropterofauna.....	65

I INTRODUCCIÓN

La contaminación producida por el consumo de combustibles fósiles y especialmente la preocupación por el calentamiento global han promovido el auge actual de algunas energías alternativas consideradas renovables y menos contaminantes, entre ellas la energía eólica (Alcalde, 2003; Arnett *et al.*, 2007; Kunz *et al.*, 2007).

El viento se ha usado para producir energía de forma comercial en Norteamérica desde principios de los años setenta (Arnett *et al.*, 2007). En la actualidad un factor que ha impulsado el desarrollo de la energía eólica, es el de los incentivos fiscales que ofrecen los gobiernos a las empresas que utilizan este tipo de energía (Gómez, 2001; Kunz *et al.*, 2007).

En México, se estima que para el año 2026 la capacidad instalada para la generación de electricidad a partir de energías renovables se incremente en 20,544 megawatts, de los cuales, se calcula que las fuentes de energía eólica tendrán la mayor participación, con 58.6% (Secretaría de Economía, 2013).

A pesar de que la energía eólica se presenta como una fuente de energía muy prometedora, eficaz y relativamente limpia si se compara con los combustibles fósiles tradicionales, su producción no está exenta de consecuencias negativas, tanto para la sociedad como para la fauna y su hábitat (Arnett, 2008; Global Wind Energy Council, 2008; Morrison *et al.*, 2009). Dichas consecuencias se producen en todas las fases del proceso, tanto en la construcción de las instalaciones y del tendido eléctrico asociado como en las fases de explotación y desmantelamiento (Arnett *et al.*, 2007; Atienza, 2011).

Entre los principales impactos negativos generados por la producción de energía eólica, se encuentran la ocupación y degradación del suelo, el impacto paisajístico, la generación de ruido y los impactos sobre la fauna (Atienza, 2011). Estos últimos se presentan principalmente en aves y murciélagos (Hötker *et al.*, 2006; Kunz *et al.*, 2007; Morrison *et al.*, 2009; Arnett, 2008).

Como forma de prever los impactos negativos de los proyectos eólicos, la legislación mexicana, por disposición del Artículo 28 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, establece que estos proyectos deben ser sometidos a una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2012). Sin embargo, no se cuenta con lineamientos específicos para la valoración de los impactos en la quiropterofauna.

II ANTECEDENTES

2.1 Importancia de la energía eólica en México

En los últimos años México ha tomado un papel relevante en el tema eólico, especialmente el estado de Oaxaca. Pese a que en la década de los ochenta no existía una ley de fomento o de promoción de la energía eólica ni datos suficientes del potencial eólico, así como pocas empresas, existía voluntad política para impulsar esta industria por parte del gobierno estatal (United States Agency International Development [USAID], 2009).

En el ámbito nacional, los sitios identificados con potenciales destacados en materia de recurso eólico son La Rumorosa en Baja California, la zona de Guerrero Negro en Baja California Sur, el Cerro de la Virgen en Zacatecas, la costa de Tamaulipas, la zona de Campeche, el Istmo de Tehuantepec y la Península de Yucatán. No obstante, es bien sabido que gran parte del litoral mexicano cuenta con recurso eólico aprovechable (USAID, 2009).

De acuerdo con cálculos de los Laboratorios de Energía Renovable de los Estados Unidos (NREL, por sus siglas en inglés), solamente el Istmo de Tehuantepec tiene un potencial aprovechable de hasta 35 mil megawatts (MW), que en forma muy conservadora el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) ha calculado en 5 mil MW (USAID, 2009).

Actualmente, los gobiernos estatales y municipales tienen más interés en desarrollar proyectos eoloeléctricos. Esto puede responder a que se ha incrementado la conciencia ambiental, lo que ha derivado en acciones concretas para poner en marcha políticas públicas que aprovechen las energías renovables. También puede deberse a que, ante el alza de los energéticos, los gobiernos han tenido presiones económicas y buscan alternativas para reducir sus gastos de consumo de energía (USAID, 2009).

2.2 Panorama de la energía eólica en Baja California

En el Estado de Baja California existe un elevado potencial eólico, ya que se cuenta con vientos fuertes y constantes (González, 2006). Las mejores condiciones de viento se encuentran a lo largo de la Sierra de Juárez, en especial en la región de La Rumorosa (USAID, 2009).

Si bien los estudios de los Laboratorios de Energía Renovable de los Estados Unidos señalan que existe un potencial de 500-1,800 MW de generación eólica en el estado de Baja California, otros estudios sugieren que existe un potencial significativamente mayor, si se incluyen en las estimaciones otras áreas de la Sierra de Juárez. Por otra parte, en el estado de California, se estimó, a finales del

2008, que Baja California tendría un potencial eólico de 2,400 MW, existen también estimaciones de otras fuentes que señalan a un potencial de hasta 10,000 MW (USAID, 2009).

En 2009 se instaló el primer parque eoloelectrico denominado “Parque Eólico La Rumorosa” [PER]. Éste se encuentra ubicado al norte de la Sierra de Juárez, en el Km. 75 de la carretera libre Mexicali-Tijuana en el poblado La Rumorosa, Municipio de Tecate. Cuenta con una extensión de dos hectáreas, donde se encuentran instalados cinco aerogeneradores, que en el 2011 produjeron 29 millones 166 mil 996 kilowatts/hora (kW/h) (Comisión Estatal de Energía, 2012).

Además del “Parque Eólico La Rumorosa”, en junio del presente año inició operaciones el proyecto “Energía Sierra Juárez”. Éste cuenta con 47 turbinas que generarán 155 MW para proveer de energía al sur del estado de California, USA (Infraestructura energética, 2015).

Además de los parques que ya están operando, existen cinco importantes proyectos de energía eólica en proceso de desarrollo que en conjunto tendrán una capacidad instalada de más de 1260 MW. De éstos, cuatro son para el mercado de exportación y uno para el autoabastecimiento del sector público e industrial (Muñoz, 2012).

2.3 Impactos de la energía eólica en los ecosistemas

Según Atienza (2011), los principales impactos negativos que se generan por la producción de la energía eólica son los siguientes:

Ocupación y degradación del terreno: La obra civil necesaria para la implantación de un parque eólico supone un levantamiento y movimiento de tierras, no sólo en el emplazamiento final de los aerogeneradores, sino en las zonas colindantes, en las que frecuentemente se construyen subestaciones, tendidos eléctricos de evacuación, vías de acceso para trasladar la maquinaria, etc. En caso de que se lleven a cabo desmontes y aplanamientos también la geomorfología del terreno se verá afectada, pudiéndose acentuar el riesgo de erosión. Además, el terreno se desbroza, eliminándose la cubierta vegetal existente en él.

Impacto paisajístico: Éste es uno de los aspectos que más preocupa a la sociedad, puesto que la implantación de los aerogeneradores no suele darse en zonas degradadas, industriales o las cercanas a núcleos poblacionales, sino en áreas naturales de montaña, próximas a las líneas de cumbre, donde la fuerza del viento se aprovecha mejor

Ruido: Éste es producido por los componentes del aerogenerador, tanto mecánica como aerodinámicamente.

2.4 Impactos de la energía eólica sobre la fauna silvestre

La instalación y operación de los parques eólicos tienen efectos negativos sobre la fauna silvestre, principalmente en aves y murciélagos (Hötker *et al.*, 2006, Kunz *et al.*, 2007).

Desde hace dos décadas las colisiones de las aves con las turbinas han sido un tema de preocupación (Subramanian, 2012). En el caso de los murciélagos, desde principios de los años sesenta se conoce que también mueren por causa de las turbinas (Hötker *et al.*, 2006), sin embargo sólo recientemente los investigadores comenzaron a tener interés en el riesgo de mortalidad de los murciélagos (California Energy Commission, 2007).

En norteamérica la muerte de los murciélagos recibió poca atención hasta antes del 2003 cuando se estimó que en un parque eólico en Virginia, Estados Unidos, murieron de 1,400 a 4,000 murciélagos (Arnett, 2008).

Actualmente la muerte de los murciélagos es considerada una de las principales preocupaciones del uso de la energía eólica (Barclay *et al.*, 2007; Kuvlesky *et al.* 2007). Incluso algunos autores mencionan que en los parques eólicos mueren más murciélagos que aves (Osborn *et al.*, 1996, Johnson *et al.*, 2000, Keely *et al.*, 2001).

A pesar de que los murciélagos colisionan con otras estructuras antropogénicas, la frecuencia y la magnitud de las muertes es mucho menor que las observadas en los parques eólicos (Arnett, 2005).

Aunado a lo anterior, los murciélagos son mamíferos longevos con pocos depredadores y tasas de reproducción bajas (Kunz *et al.*, 1982). Por ende, las tasas altas de mortalidad por colisiones pueden tener impactos significativos para las poblaciones de murciélagos debido a que su crecimiento poblacional es lento (Racey y Entwistle, 2000).

Las muertes por colisión con las aspas de las turbinas, torres meteorológicas y cables de soporte, así como lesiones físicas en distintos grados son clasificadas como un impacto *directo* de los parques eólicos en los murciélagos, pero existen además impactos *indirectos* que ocurren cuando se genera una alteración en las poblaciones locales con el consecuente desplazamiento de éstas o cuando se modifican sus hábitos para obtener alimento, sus actividades reproductivas o sus patrones de migración (California Energy Commission, 2007).

2.5 Especies de murciélagos con registros de mortalidad en parques eólicos.

De acuerdo con la literatura, se tienen reportes de la mortalidad de 45 especies de quirópteros en parques eólicos de Norteamérica, México y Europa (Johnson, 2000; Alcalde, 2003; Johnson, 2004; Hötter *et al.*, 2006; Kunz *et al.*, 2007; Arnett, 2008; Weller y Baldwin, 2012; Bolívar – Cimé *et al.*, 2016) (Cuadro 1).

En los Norteamérica, Johnson (2005) y Kunz *et al.* (2007), documentaron muertes de 11 especies, las cuales se distribuyen también en el norte de México. De las especies encontradas por Johnson (2004, 2005) en Estados Unidos, el 75% pertenecieron a *Lasiurus blosevillii*, *Lasiurus cinereus*, y *Lasionycteris noctivagans*, todas ellas son especies forrajeras que vuelan grandes distancias en sus migraciones. Arnett (2008) encontró mortalidades marcadas para estas mismas tres especies, de las cuales predominó *Lasiurus cinereus*.

Además, Arnett (2008) reporta a *Pipistrellus subflavus*, la cual representó un 25.4% de las mortalidades en su estudio. Para las especies residentes en verano (*Myotis lucifugus* y *Eptesicus fuscus*) las mortalidades generalmente fueron bajas (0 – 13.5%), excepto en un sitio en Canadá e Iowa, donde la mortalidad de estas especies representó el 25% de las mortalidades.

Arnett (2008) también encontró que los parques que se localizaban donde habita el murciélago cola libre brasileño (*Tadarida brasiliensis*) presentaron proporciones altas de mortalidad de esta especie (de 41.3% hasta 85.6%), lo cual coincide con lo reportado por Weller y Baldwin (2012), quienes registraron a *Tadarida brasiliensis* como la especie más afectada.

De las especies reportadas en Alemania por Hötter *et al.* (2006) la más encontrada fue *Nyctalus noctula*. En México solamente se cuenta con los reportes de mortalidad de Bolívar – Cimé *et al.* (2016) en un parque eólico ubicado en La Venta, Oaxaca, donde se encontraron 203 cadáveres de murciélagos, de los cuales el 35.9% pertenecieron a *Pteronotus davyi*, y otras especies frecuentes fueron *Mormoops megalophylla*, *Molossus sinaloae* y *Lasiurus intermedius* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Registros de mortalidad de quirópteros en parque eólicos. Se indican con números los autores que reportan la mortalidad de las especies: 1) Bolívar – Cimé *et al.*, 2016; 2) Weller y Baldwin, 2012; 3) Kunz *et al.*, 2007; 4) Arnett, 2008; 5) Alcalde, 2003; 6) Hötker *et al.*, 2006; 7) Johnson, 2000; 8) Johnson, 2004; 9) Johnson, 2004

Familia	Especie	País
Emballonuridae	<i>Balantiopteryx plicata</i> ¹	México
Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i> ¹	México
	<i>Artibeus lituratus</i> ¹	México
	<i>Centurio senex</i> ¹	México
	<i>Glossophaga morenoi</i> ¹	México
	<i>Glossophaga sp.</i> ¹	México
	<i>Leptonycteris yerbabuena</i> ¹	México
	<i>Phyllostomus discolor</i> ¹	México
Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i> ¹	México
	<i>Pteronotus davyi</i> ¹	México
	<i>Pteronotus parnellii</i> ¹	México
	<i>Pteronotus personatus</i> ¹	México
Molossidae	<i>Eumops sp.</i> ¹	México
	<i>Eumops underwoodi</i> ¹	México
	<i>Molossus molossus</i> ¹	México
	<i>Molossus rufus</i> ¹	México
	<i>Molossus sinaloae</i> ¹	México
	<i>Nyctinomops femorosaccus</i> ^{1,2}	Estados Unidos, México
	<i>Tadarida brasiliensis</i> ^{1,2,3,4}	Estados Unidos, México
Vespertilionidae	<i>Eptesicus fuscus</i> ^{2,3,4}	Estados Unidos
	<i>Eptesicus serotinus</i> ^{5,6}	España, Alemania
	<i>Lasiurus blossevillii</i> ^{3,4,7}	Estados Unidos
	<i>Lasiurus borealis</i> ¹	México
	<i>Lasiurus cinereus</i> ^{7,8,9}	Estados Unidos, México
	<i>Lasiurus seminolus</i> ³	Estados Unidos
	<i>Lasiurus ega</i> ¹	México
	<i>Lasiurus intermedius</i> ¹	México
	<i>Lasiurus xanthinus</i> ²	Estados Unidos
	<i>Nyctalus lasiopterus</i> ⁵	España
	<i>Nyctalus leisleri</i> ⁶	Alemania
	<i>Nyctalus noctula</i> ^{5,6}	España, Alemania
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> ^{5,6}	España, Alemania
	<i>Pipistrellus kuhlii</i> ⁵	España
	<i>Pipistrellus mediterraneus</i> ⁵	España

	<i>Pipistrellus nathusii</i> ⁶	Alemania
	<i>Pipistrellus subflavus</i> ^{3,4}	Estados Unidos
	<i>Plecotus austriacus</i> ⁶	Alemania
	<i>Hypsugo savii</i> ⁵	España
	<i>Vespertilio murinus</i> ⁶	Alemania
	<i>Lasionycteris noctivagans</i> ^{4,8}	Estados Unidos
	<i>Myotis lucifugus</i> ^{3,4}	Estados Unidos
	<i>Myotis septentrionalis</i> ³	Estados Unidos
	<i>Myotis evotis</i> ³	Estados Unidos
	<i>Myotis myotis</i> ⁶	Alemania
	<i>Myotis daubentonii</i> ⁶	Alemania

2.6 Especies de murciélagos que pueden ser afectadas por los aerogeneradores en Baja California y en el PER

De acuerdo con los estudios revisados en diferentes países, de las 20 especies de murciélagos que se encuentran en Baja California, las siguientes cinco especies podrían estar en mayor riesgo de colisión con los aerogeneradores debido a sus hábitos de vuelo y forrajeo: 1) *Tadarida brasiliensis* (Kunz *et al.*, 2007; Arnett, 2008; Weller y Baldwin, 2012), 2) *Lasiurus cinereus* (Johnson 2000, 2004, 2005; Arnett, 2008; Weller y Baldwin, 2012), 3) *Lasiurus blossevillii* (Johnson 2004, 2005; Kunz *et al.*, 2007; Arnett, 2008), 4) *Eptesicus fuscus* (Kunz *et al.*, 2007; Arnett, 2008; Weller y Baldwin, 2012) y 5) *Nyctinomops femorosaccus* (Weller y Baldwin, 2012; Guevara, *et. al.* en revisión).

2.7 Condiciones ambientales asociadas con la mortalidad de los murciélagos en los parques eólicos.

Con base en la literatura consultada, se ha encontrado mayor número de mortalidades durante la época migratoria; en los días más cálidos; durante las noches con vientos menores a 6 m/s; en sitios con vientos con dirección al suroeste; en los días previos a las tormentas y en parques eólicos ubicados en zonas boscosas. A continuación se describe la relación de cada una de estas condiciones con la mortalidad.

2.7.1 Época del año

La época migratoria, a finales del verano y principios del otoño, es cuando se han reportado mayores tasas de mortalidad de los murciélagos en los parques eólicos de Norteamérica y en Europa (Johnson, 2004; Arnett *et al.*, 2007, 2008; Kunz *et al.*, 2007; Dürr, 2003; Keeley *et al.*, 2001).

Cryan y Brown (2007) sugirieron que una mayor mortalidad de murciélagos migratorios durante el verano y el otoño está relacionada con el comportamiento gregario y reproductivo (búsqueda de pareja) que presentan los murciélagos arbóreos (Arnett, 2008).

Por la otra parte, las bajas mortalidades reportadas durante la migración de primavera y principios del verano pueden deberse a que las búsquedas han sido menos intensivas en esta época, o a que en la primavera los murciélagos vuelan a alturas mayores. Muchos, aunque no la mayoría de las especies de murciélagos que han muerto por las turbinas en Estados Unidos son residentes durante los meses de verano (Kunz *et al.*, 2005).

En el estudio de Higgins *et al.* (2000), se confirma lo anterior, ya que los cadáveres se recuperaron en épocas no migratorias, por lo que concluyen que la colisión puede ocurrir en cualquier época del año. Igualmente, Arnett (2008) documentó la muerte de un murciélago brasileño cola libre (*Tadarida brasiliensis*) en mayo y junio en Oklahoma, Estados Unidos, y un murciélago de la especie *Lasionycteris noctivagans* en la primavera en Tennessee, Estados Unidos y en Alberta, Canadá.

2.7.2 Temperatura

La actividad de los murciélagos está fuertemente relacionada con la temperatura. Arnett (2006) menciona que por cada grado centígrado de incremento en la temperatura, la actividad de los murciélagos aumenta hasta un 34% y por el contrario, con temperaturas menores a 20 °C y velocidades del viento moderadas (alrededor de 8 m/s), la actividad es baja, excepto para los murciélagos de altas frecuencias (Arnett, 2006b; Weller y Baldwin, 2012).

La relación entre la actividad de los murciélagos y la temperatura puede ser explicada por la disponibilidad de los insectos como presa. El vuelo de los insectos disminuye con la temperatura y a temperaturas menores a los 10° C no hay actividad de vuelo (Arnett, 2006b). Probablemente, como consecuencia de esto, la densidad de estos mamíferos en los parques está relacionada positivamente con la temperatura (Alcalde, 2003).

2.7.3 Velocidad del viento

Se conoce que los murciélagos disminuyen su actividad en presencia de vientos fuertes (Arnett, 2006b; Weller y Baldwin, 2012). Por lo tanto, en noches de poco viento (menores a 6 m/s), cuando los murciélagos son más activos (al igual que los insectos voladores de los que se alimentan), se han reportado la mayoría de las mortalidades (Kerns *et al.*, 2005; Arnett, 2006; Kunz *et al.*, 2007).

2.7.4 Lluvia y tormentas

En periodo de lluvias la actividad de los murciélagos disminuye (Arnett, 2006). En concordancia con esto, Kerns *et al.* (2005) reportan pocas mortalidades durante los días de tormenta. Sin embargo, en los días anteriores y posteriores a las tormentas se incrementan las muertes de los murciélagos, especialmente en noches de poco viento (Arnett, 2008).

La relación entre las colisiones y las condiciones meteorológicas adversas podría deberse a que los murciélagos se desplazan para buscar refugio (Higgins *et al.*, 2000; Stern, 2009).

Por otra parte, Kunz *et al.*, (2007) atribuyen este fenómeno a las inversiones térmicas que ocurren después de las tormentas, las cuales obligan a los animales a volar a altitudes bajas. Según este autor, las inversiones térmicas crean condiciones frías y brumosas en los valles, con masas de aire más cálidas que ascienden hacia las cimas. Si tanto los insectos como los murciélagos responden a estas condiciones concentrando sus actividades hacia las cimas en lugar de altitudes bajas, se incrementa el riesgo de que sean atrapados por las turbinas en movimiento.

2.7.5 Vegetación

En estudios realizados en Estados Unidos, las mortalidades en los parques eólicos parecen ser mayores en aquellos que se ubican en zonas boscosas (Kunz *et al.*, 2007). No obstante, algunos estudios indican que las mortalidades no están limitadas a estas zonas (Arnett *et al.*, 2007). En paisajes relativamente abiertos, aunque en menor proporción, también se han reportado mortalidades, incluso en zonas agrícolas se han encontrado tasas altas de mortalidad (Kunz *et al.*, 2007).

2.7.6 Teoría de la descompresión

La hipótesis de la descompresión plantea que los murciélagos mueren por barotrauma. El barotrauma es un fenómeno causado por una reducción rápida de la presión del aire cercano a las palas de las turbinas en movimiento. Como consecuencia, se genera un daño a los tejidos que contienen aire. En el barotrauma pulmonar existe un daño debido al aire que se expande dentro de los pulmones y que no puede ser liberado durante la exhalación (Kunz *et al.*, 2007; Baerwald *et al.*, 2008).

Según lo reportado por Baerwald *et al.* (2008), el 90% de los cadáveres que examinaron presentaban hemorragias internas consistentes con barotrauma y el contacto directo con las palas sólo representó alrededor de la mitad de las causas de muerte. Además, según estos autores, una de las razones por las que se presentan más mortalidades en murciélagos que en aves es que el sistema respiratorio único de las aves es menos susceptible al barotrauma que el de los murciélagos.

2.8 Elementos de infraestructura de los parques eólicos relacionados con la mortalidad de murciélagos dentro de los parques eólicos.

De acuerdo con la literatura, se identificó que existen múltiples factores de infraestructura relacionados con la muerte de los murciélagos. En estos se contemplan características propias de los aerogeneradores, como las dimensiones de las turbinas y otros factores derivados de la operación, como las zonas de calor generadas alrededor de los nacelles. A continuación se mencionan estos elementos.

2.8.1 Dimensión de las turbinas

Según la Comisión de Energía de California (2006), no se sabe con certeza si existen diferencias en la mortalidad generada por las turbinas pequeñas (40 a 400 kW) o las turbinas grandes (750 kW), sin embargo, existen hipótesis y estudios que sugieren una mayor mortalidad con torres de mayor altura.

Por ejemplo, Kunz *et al.*, (2007) mencionan que los murciélagos forrajeros en particular, buscan refugio en árboles altos y a medida que las turbinas continúan aumentando en altura, los murciélagos que migran o que forrajean a mayores altitudes pueden ser más vulnerables.

En un estudio realizado por Arnett (2008) se documentó que hubo menor mortalidad de murciélagos en un parque con turbinas de 50 metros de altura, que en un parque con turbinas de 65 metros de altura. Esto coincide con los hallazgos de Dürr (2003) y soporta la hipótesis de que las turbinas de mayor altura provocan más muertes de murciélagos.

2.8.2 Ubicación de los aerogeneradores

Algunos estudios demuestran que los parques eólicos que están ubicados perpendicularmente a la dirección principal de vuelo, tienen un efecto de barrera mayor y posiblemente causan más colisiones que los parques eólicos ubicados de forma paralela a las rutas de vuelo (Everaert *et al.*, 2002; Isselbacher e Is- selbacher, 2001).

2.8.3 Sonidos generados por las turbinas

Las turbinas al girar producen sonidos audibles. Debido a que los murciélagos se orientan mediante este tipo de sonidos, es posible que sean atraídos por éstos hacia las turbinas. Además, las turbinas también producen sonidos ultrasónicos, los cuales pueden atraer a los murciélagos o desorientarlos acústicamente mientras migran o se alimentan (Kunz *et al.*, 2005; Szewczak, 2006).

Otros autores encontraron que efectivamente las turbinas generan ultrasonidos, sin embargo no a niveles significativos para atraer a los murciélagos (Szewczak y Arnett, 2006).

Szewczak y Arnett, 2006 señalan que además de los ultrasonidos generados por las turbinas en movimiento, existen otras fuentes de sonidos como los producidos por componentes electrónicos y componentes mecánicos. Los ultrasonidos se generan por la falta de lubricación de las superficies en movimiento, pero éstos se pueden reducir o evitar mediante el mantenimiento adecuado de las turbinas.

2.8.4 Velocidad de operación

Las turbinas que operan a velocidades bajas representan una amenaza para algunas especies de murciélagos (Arnett, 2005), ya que en noches de poco viento los quirópteros son más activos y tienen mayor riesgo de colisionar (Kerns *et al.*, 2005; Arnett, 2006; Kunz *et al.*, 2007).

2.8.5 Iluminación

De los estudios revisados por Arnett (2008), en ninguno se encontraron diferencias en la mortalidad de los murciélagos entre las turbinas iluminadas según los requerimientos de la Administración Federal de Aviación y las turbinas sin iluminación. Esto concuerda con lo encontrado por Horn *et al.* (2008), quienes mencionan que la iluminación puede atraer a los insectos sin que necesariamente se incremente la actividad de los murciélagos alrededor de las turbinas.

2.8.6 Nacelles

Un nacelle es el elemento que se sitúa en la parte superior de la torre y sobre el que giran las palas. Está formado por una estructura metálica que sirve de soporte para el conjunto de elementos que se sitúan en su interior y por paneles de fibra de vidrio que protegen a los equipos de las condiciones climatológicas adversas (Asociación Empresarial Eólica, 2011).

Se conoce que los aerogeneradores producen campos electromagnéticos complejos alrededor de los nacelles. Debido a que algunos murciélagos tienen receptores que son sensibles a campos magnéticos, la interferencia con la percepción en estos receptores puede incrementar el riesgo de que mueran por las palas mientras giran (Kunz *et al.*, 2007).

Adicionalmente, se ha reportado que algunos insectos voladores son atraídos por el calor producido por los nacelles, lo cual a su vez atrae a los murciélagos (Kunz *et al.*, 2007).

2.8.7 Construcción de caminos y corredores

Durante la construcción de los parques eólicos se modifica el paisaje debido a la construcción de caminos y corredores de líneas de poder y a la remoción de árboles (generalmente de 0.5 a 2 ha) alrededor de cada aerogenerador, lo cual puede crear condiciones favorables para los insectos aéreos de los cuales se alimentan los murciélagos. Debido a esto, los murciélagos que migran o forrajean en paisajes homogéneos están en mayor riesgo de encontrarse con las turbinas y colisionar (Kunz *et al.*, 2007; California Energy Commission, 2007).

2.9 Importancia de la quiropterofauna en México

Los murciélagos representan el segundo grupo más diverso de mamíferos en el mundo, en la actualidad se reconocen alrededor de 1,001 especies de murciélagos (Hutson *et al.*, 2001). México, con 138 especies, ocupa el quinto lugar en el mundo (Medellín *et al.*, 2008).

En Baja California los murciélagos constituyen el segundo grupo de mamíferos más numeroso con 20 especies (Ramírez Pulido *et al.*, 2005). En un análisis sobre el estado de conservación de los murciélagos a nivel mundial, Hutson *et al.* (2001) destaca la importancia de la península como un sitio de conservación de estos mamíferos.

La importancia de los murciélagos radica en el valor de las funciones ecológicas que desarrollan, mediante las cuales se mantienen los ecosistemas (Villa, 1976; Medellín R. *et al.* 1997; Moreno-Valdez A. 1997; Pierson, 1998; Hutson, 2001; O'Sheal, 2003; Agosta, 2002; Ceballos y Olivia, 2005.). Estas funciones, inciden directamente en aspectos de la economía local de las poblaciones humanas, con ejemplos como la explotación del guano de especies insectívoras, la dispersión de semillas y polinización de plantas útiles para el hombre, así como en problemas epidemiológicos (Moreno-Valdez A. y Tuttle, 2005; Aguirre L. *et al.*, 2007).

Los murciélagos pueden clasificarse de acuerdo a la función ecológica que desempeñan, la cual está ligada a sus hábitos alimentarios. En el caso particular de los murciélagos insectívoros, éstos adquieren gran importancia al mantener y controlar plagas de insectos, generando con esto un gran beneficio para la agricultura (Agosta, 2002, Briones-Escobedo-2005 y Cleveland *et al.* 2006), pues se ha estimado que un solo murciélago puede cazar cientos de insectos en una hora y grandes colonias atrapan toneladas de insectos por noche, incluyendo especies de escarabajos y polillas que cuestan a los ganaderos y forestales norteamericanos miles de millones de dólares anualmente (Tuttle y Moreno-Valdez A., 2005).

De igual manera, los murciélagos nectarívoros constituyen un elemento importante para la comunidad vegetal, al ser parte de los sistemas de polinización y dispersión de semillas de numerosas plantas como las agaváceas y cactáceas columnares (Howell 1972, Riechers-Pérez A. 2003; Heithaus, 1982; Arita H. y Martínez-del Río C. 1990; Fleming, 1993; Wilkingson, 1996; Neuweiler, 2000; Hutson *et al.*, 2001; Valiente-Banuet A. 2002; Rojas-Martínez *et al.*, 2004), por lo que contribuyen al mantenimiento de los ecosistemas áridos y semiáridos donde estas plantas habitan.

A pesar del valor ecológico de los murciélagos y de constituir uno de los grupos más numerosos, éstos se encuentran entre las especies de fauna silvestre que están disminuyendo más rápidamente (Tuttle y Moreno- Valdez 2005). En la actualidad, numerosas son las causas que han propiciado la declinación de las poblaciones de murciélagos a nivel local, regional y global, las principales razones son la modificación, pérdida y destrucción de hábitats y refugios (Hutson *et al.*, 2001; Riechers-Pérez A. *et al.*, 2003; Mickleburgh *et al.*, 2002).

2.10 Evaluación de impacto ambiental en México

El término de *impacto ambiental* se define como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (Semarnat, 2013). En México el instrumento legal fundamental que sustenta a la Evaluación del Impacto Ambiental es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2012).

El Artículo 28 de la LGEEPA (2012) dispone que: “la evaluación de impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente”.

La guía de evaluación de impacto ambiental para parques eólicos, propuesta por la SEMARNAT, en el apartado de impactos a la fauna, hace las siguientes recomendaciones:

“Las modificaciones que pudieran preverse sobre individuos o poblaciones de especies (en el corto o en el largo plazo), deben ser evaluadas en términos de su interacción, para complementar la valoración del impacto ambiental general del proyecto. La aplicación práctica de esta tipología durante la integración de la MIA puede responder a cuestionamientos tales como: ¿la alteración de un tipo particular de hábitat en la superficie que alterará el proyecto incidirá en la alteración de flujos tróficos, tales como depredador-presa, por ejemplo? Y, de ser así, ¿esta alteración puede ocasionar el surgimiento de un desequilibrio poblacional y, que consecuencias tendría esto? ¿La introducción de

especies nuevas produce un aumento en la densidad de población de especies comensales? ¿qué significa este aumento desde el punto de vista del uso intensivo del recurso? ¿La remoción o afectación de individuos de especies en riesgo, alterará la dinámica poblacional regional? ¿Cuál es la relevancia de esta afectación a nivel de especie o subespecie?” (Semarnat, 2013).

A nivel local, el Departamento de Impacto y Riesgo Ambiental en Baja California (dependiente de la Semarnat), establece que para la construcción de un parque eólico, se debe presentar un estudio que contenga la siguiente información respecto de la fauna del sitio: (Semarnat, 2009)

- Diversidad de aves residentes y migratorias a lo largo del año.
- Distribución y abundancia por especie a lo largo del año.
- Comportamiento de vuelo (arribo, altura de vuelo, direcciones de vuelo, etc).
- Identificación de posibles zonas de anidación, alimentación o percha en la zona y área de influencia.
- Análisis de la información, considerando el sitio del proyecto y el contexto regional.
- Estimación del riesgo de colisiones en los aerogeneradores y análisis de las consecuencias a nivel de poblaciones y comunidades de aves.
- Propuestas de acciones y/o medidas a realizar para minimizar los impactos a las poblaciones de aves.
- Estimación de costos directos e indirectos de la realización del estudio y la aplicación de medidas propuestas.

La Semarnat (2009) señala que para el desarrollo de las distintas acciones y medidas consideradas en los puntos anteriores, el promovente deberá asesorarse de expertos en murciélagos y avifauna regional, preferentemente con la participación de alguna institución de investigación con experiencia en estudios de este tipo.

Finalmente, es importante mencionar que las acciones y/o medidas para minimizar los impactos, corresponden a las medidas de mitigación, que son definidas en la LEGEPA (2012) como “aquellas medidas que atenúen los impactos ambientales adversos susceptibles de ser producidos en la construcción, operación normal y en caso de accidente”.

2.11 Problemática en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

El estudio de los impactos de los campos eólicos se dificulta por el área relativamente grande afectada y por la falta de información de estudios específicos, por ejemplo, la mortalidad o el uso de las turbinas por una especie en particular (Anderson, 1999).

En el caso de los murciélagos, aunque se conoce que existe un impacto negativo derivado de los parques eólicos, la falta de estudios específicamente diseñados para investigar la mortalidad de los quirópteros hace que no sea posible evaluar adecuadamente la magnitud del impacto que tienen las plantas eólicas sobre las poblaciones de estos mamíferos (Higgins *et al.*, Johnson *et al.*, 2000).

Con el propósito de mitigar los impactos sobre la fauna, los estudios ambientales recomiendan la elaboración de programas que recaben información biológica y conductual sobre la fauna migratoria y residente para instrumentar medidas preventivas. Generalmente, los programas planean el establecimiento de puntos de observación y radares, estudios de telemetría, detectores ultrasónicos con grabaciones, monitoreo acústico, luces ultravioleta y cámaras de video digital para determinar con precisión las zonas de reproducción, trayectorias, alturas, temporadas y horas pico de vuelo, que incluye la posibilidad de detener los aerogeneradores cuando las aves y murciélagos vuelen dentro del área del barrido del rotor (Comisión Federal de Electricidad, 2006).

Aunque las medidas sean necesarias y puedan llegar a ser eficaces, el asunto central, y que sigue sin respuesta, es que la mayoría de los estudios de impacto ambiental no señalan cuántos murciélagos han muerto desde la entrada en operación de los parques eólicos, ni cómo la presencia de éstos ha afectado el comportamiento de las especies, así como su variabilidad estacional e interanual. Mientras no exista esta información y no sea dada a conocer al público, las afirmaciones relativas a que no existen daños severos a la fauna seguirán careciendo de fundamentos sólidos. De igual manera, los estudios deberían indicar cuál sería el número permitido de ejemplares que puedan ser afectados, considerando que poner en peligro la existencia de cualquier especie es inaceptable (Castillo, 2012).

El problema central es que los estudios oficiales de impacto ambiental de los parques eólicos elaborados para determinar su viabilidad ambiental, ignoran la complejidad, los riesgos y la incertidumbre cognitiva y ética que subyace en el reciente uso de tecnologías eólicas (Castillo, 2012).

III OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Proponer una guía de buenas prácticas para la evaluación y mitigación del impacto de los parques eólicos sobre la quiropteroфаuna de Baja California.

3.2 Objetivos específicos

- 1) Documentar las especies de murciélagos presentes en Baja California y en el Parque Eólico la Rumorosa (PER).
- 2) Comparar la riqueza y patrón de actividad de especies de murciélagos antes y después de la instalación del PER.
- 3) Documentar la mortalidad de los murciélagos en parques eólicos y las condiciones ambientales y elementos de infraestructura relacionados con ésta.

IV ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en el Parque Eólico La Rumorosa, ubicado en las inmediaciones del km. 75 de la carretera libre Mexicali – Tijuana, municipio de Tecate, Baja California, México con coordenadas extremas 32°29'56" N, 116°05'24" W y una altitud de 1370 msnm. (Figuras 1 y 2).

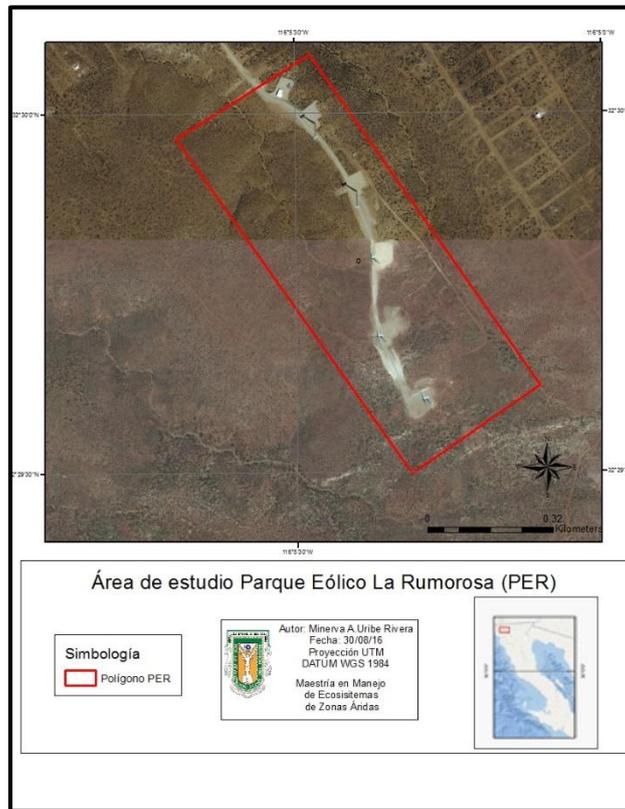


Figura 1. Mapa del área de estudio. Parque Eólico la Rumorosa



Figura 2. Vista del Parque Eólico La Rumorosa

4.1. MEDIO FÍSICO

4.1.1. Clima

De acuerdo a la clasificación climatológica de Köppen (modificada por E. García) la región en la cual se encuentra el Parque Eólico La Rumorosa presenta un clima seco con lluvias de invierno con un porcentaje de lluvia invernal mayor de 36 y verano cálido (BSks) (CONABIO, 2015).

4.1.2 Temperatura

La temperatura media anual del estado de Baja California va de los 18 a 19 °C. Las temperaturas más altas, mayores de 30°C, se presentan en los meses de mayo a septiembre y la más baja, alrededor de 5°C, en el mes de enero. (INEGI, 2015). La temperatura promedio anual del área de estudio es de 15.3° C; la temperatura mínima media anual es de 8.8° C, y la temperatura máxima media anual es de 21.8 °C. Las temperaturas más bajas se presentan en los meses de diciembre y enero (2.8 °C y 2.3 °C respectivamente) y las más altas se registran en julio y agosto (32.2 °C y 31.5 °C respectivamente) (Ruiz *et al.*, 2006).

4.1.3 Precipitación

La precipitación promedio anual en la región es de 165.7 mm con valores mínimos de 0.7 mm en el mes de Junio y valores máximos de 22 mm en el mes de Marzo (Ruiz *et al.*, 2006).

4.1.4 Viento

La velocidad promedio del viento en el Parque Eólico La Rumorosa a 78m de altura (altura total de las torres de los aerogeneradores) es de 7.4m/s +/- 10.4% (mexicopowergroup.com, 2015).

4.1.5 Hidrología

En el área de estudio se encuentra irrigada por la subcuenca hidrográfica RH07Bd, la cual está formada por corrientes de agua intermitentes de orden -1 a 5. En esta clasificación, los arroyos más pequeños permanentes son llamados "de primer orden". Dos corrientes de primer orden se unen para formar una más grande, de segundo orden, y así sucesivamente. (INEGI, 2015).

4.2 VEGETACIÓN

La Sierra de Juárez se encuentra dentro de la región Californiana, la cual está dividida a su vez en las siguientes provincias: a) Nevadense, b) Californiano-Septentrional; c) Californiano-Meridional y d) Martireense. De manera particular el Área de estudio se encuentra dentro de la provincia florística Martireense.

Los tipos de vegetación primaria que predominan en el área de estudio son el chaparral, matorral desértico micrófilo y bosque de Pino (Arriaga *et al.*, 2000). De estas, la vegetación natural climática (comunidad vegetal que presenta el mayor grado de estructuración posible en equilibrio con el clima en un lugar determinado), de la zona de estudio es el chaparral (Delgadillo, 1998). Dada la altitud a la que se localiza el área de estudio, el tipo de chaparral es el montano.

El chaparral montano es una comunidad que se encuentra distribuida en ambas vertientes de las sierras del norte de Baja California. Algunas de las especies que caracterizan a este tipo de vegetación son *Adenostoma fasciculatum* (chamizo), *Ceanothus greggi* (lila), *Arctostaphylos glandulosa* (manzanita), *Rhus ovata*, y *Quercus dumosa* (encinillo). Por lo regular, este chaparral es menos denso en la vertiente oriental, mezclándose fuertemente con *Pinus quadrifolia* y *Juniperus californica*.

El tipo de matorral xerófilo localizado en el área de estudio, se caracteriza por tener un porte medio en el que los individuos no alcanzan alturas mayores a los 2.5 m. Una característica de esta comunidad es la abundancia de individuos de Agave (*Agave desertii*) e Izote (*Yucca schidigera*), misma que podría estar correlacionada con la abundancia de algunas especies de murciélagos polinizadores o dispersores de semillas (Shaffer y Shaffer, 1977; González, 2005; García-Mendoza, 2007).

En algunas partes del área de estudio, el bosque de pino en ocasiones más bien recuerda un matorral de coníferas, ya que se presenta como una comunidad arbustiva o arbórea compuesta por coníferas menores a 5 m de altura. Se localiza en las partes altas de las montañas, en climas templados y fríos subhúmedos. Las asociaciones más comunes están formadas por pino del tipo cembróides como *Pinus quadrifolia* y *Pinus monophylla*, en ocasiones también con huata (*Juniperus californica*) los cuales forman bosques bajos y abiertos. Sin embargo se pueden encontrar otros géneros como *Quercus*, *Agave* y *Yucca*.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados, se llevó a cabo trabajo documental y de campo. En el siguiente esquema (Figura 3) se resumen las actividades y métodos seguidos.

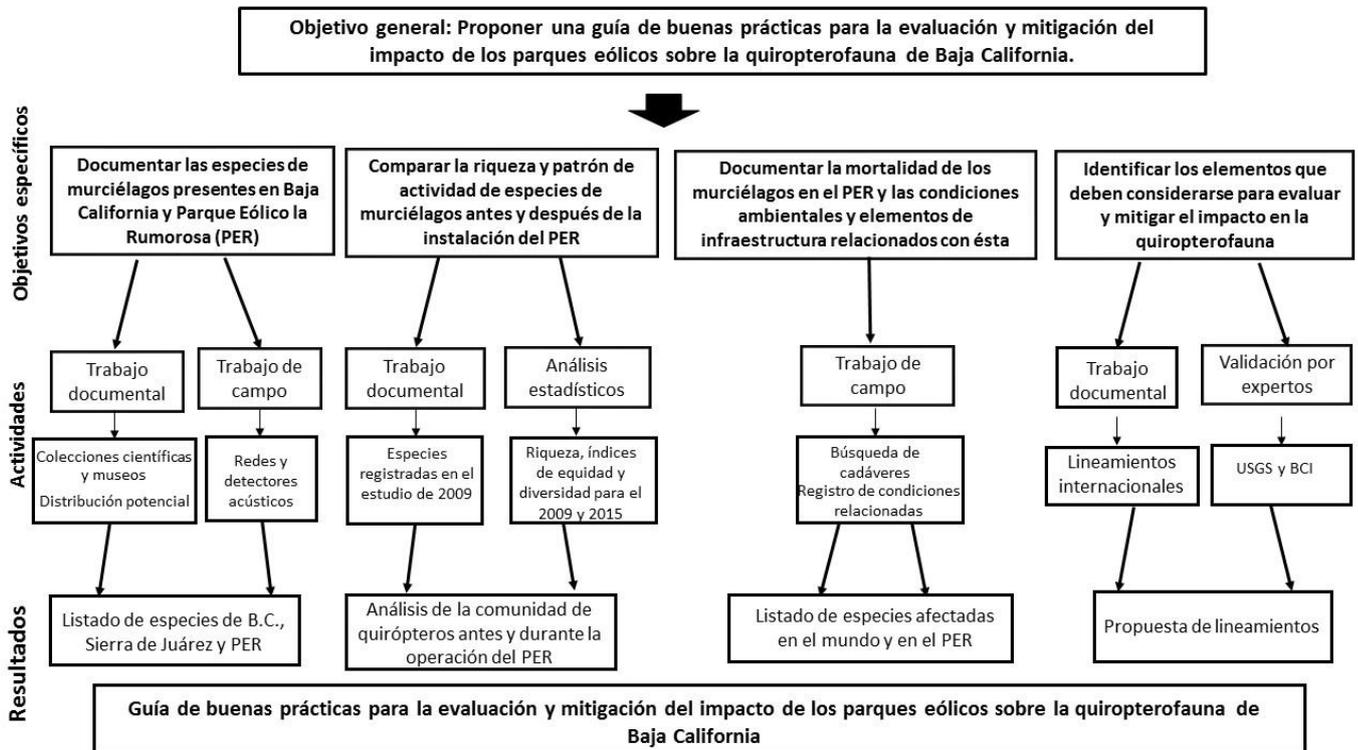


Figura 3. Esquema de actividades y métodos

A continuación se describen a detalle cada una de las actividades y métodos.

5.1 Documentación de las especies de murciélagos presentes en Baja California.

Trabajo documental:

Para identificar las especies que potencialmente pueden estar presentes en el Parque Eólico la Rumorosa, se documentó la distribución potencial de la quiropterofauna de Baja California y Sierra de Juárez. Para esto se realizó una búsqueda de los registros de murciélagos en colecciones científicas y museos. Adicionalmente se revisaron los trabajos de Elliot (1903); Huey (1964); Villa (1967); Hall (1981); Álvarez-Castañeda y Patton (1999); Couoh (2005); Flores (2004); Guevara-Carrizales (2004, 2008); Martínez-Gallardo *et al.* (2008) y Martínez (2011).

5.2 Descripción de las especies de murciélagos presentes en el Parque Eólico la Rumorosa

Trabajo documental:

De forma inicial, se consultaron los informes de los monitoreos de murciélagos que se han llevado a cabo en el Parque Eólico la Rumorosa y sitios aledaños por Martínez y Guevara (2008); Martínez y Guevara (2009) y Guevara y Rodríguez (2014). Con esta información se elaboró un listado de las especies presentes en el área y una curva de acumulación de especies en el programa EstimateS™ Versión 9.1.0.

Trabajo de campo:

De forma complementaria, se llevó a cabo trabajo de campo para la identificación de especies presentes en el Parque Eólico la Rumorosa. Se realizaron cuatro salidas de campo, una por mes, de Julio a Octubre del 2015. Las salidas tuvieron una duración de cuatro días, con tres noches de trabajo.

Para el registro de las especies se utilizaron simultáneamente redes de niebla y detectores acústicos, debido a que el uso de ambas herramientas permite mejorar la eficacia de la búsqueda (O'Farrell *et al.* 1999; Kunz *et al.*, 2007).

Se identificaron dos unidades fisiográficas diferentes dentro del área de estudio: cañones y lomeríos. Se establecieron seis estaciones de monitoreo distribuidas a lo largo del parque eólico, tres en lomeríos (estaciones 1, 4 y 5) y tres en cañones (estaciones 2, 3 y 6). En cada unidad se colocaron dos redes de niebla de doce metros, y dos detectores acústicos Anabat SD1® a una altura de tres metros sobre el nivel del suelo, de acuerdo con las recomendaciones de California Energy Commission (2007) (Figura 4).

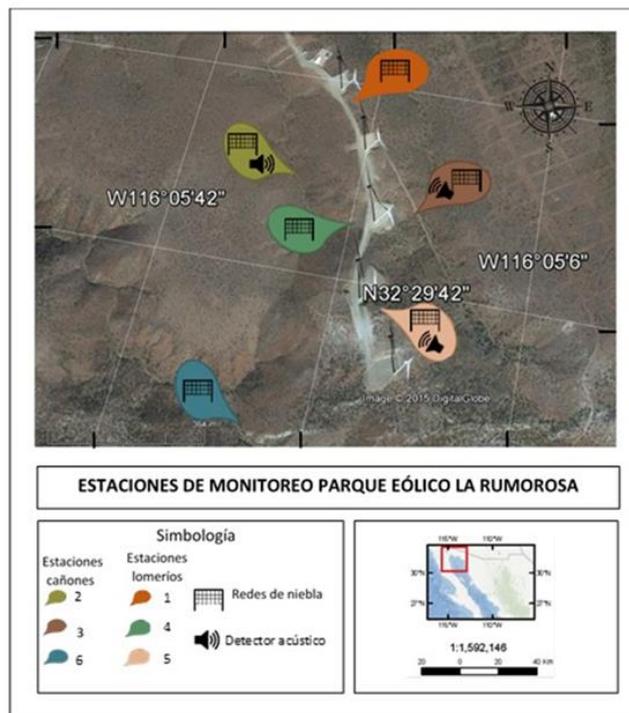


Figura 4. Área de estudio y distribución de las estaciones de monitoreo.

El monitoreo se llevó a cabo colocando las redes y los detectores al atardecer y retirándolos al amanecer, siguiendo las recomendaciones de California Energy Commission (2007). El tiempo de operación de las redes y de los detectores fue de 10 horas, de las 19:00 a las 7:00 horas (Figuras 5 y 6)



Figura 5. Instalación de redes de niebla para el monitoreo de las especies. Fotografía de Aldo Guevara©



Figura 6. Instalación del equipo de monitoreo acústico. Fotografía de Aldo Guevara©

De acuerdo con lo sugerido por Lausen *et al.* (2008), para cada noche de monitoreo acústico se elaboró una hoja de registro con los siguientes datos: fecha, hora, número de pases de murciélagos, pases totales, temperatura promedio por hora y velocidad del viento promedio por hora. También se incluyó información asociada a la instalación de los detectores acústicos, incluyendo la altura, orientación del micrófono, ubicación relativa dentro del área y una descripción breve del hábitat del área inmediata.

Para el registro de la velocidad mínima, máxima y promedio del viento, así como la temperatura ambiental y humedad relativa, se utilizaron dos anemómetros marca Mastech™, modelo MS6252, los cuales se colocaron sobre un tripié a una altura de 1.5 m sobre el nivel del suelo y se orientaron en dirección al viento para tomar las mediciones en cada estación de monitoreo. Las mediciones se tomaron todas las noches al finalizar la instalación de las redes y los detectores acústicos (a las 20:30 horas aproximadamente) (Figura 7).



Figura 7. Registro de variables meteorológicas durante el monitoreo nocturno. Fotografía de Aldo Guevara©

Los llamados de ecolocalización obtenidos por los detectores acústicos Anabat se analizaron mediante el software Analook™ (Titley Electronics™) por medio de un análisis zero crossing y para el detector SM3 Wildlife Acoustics™, se empleó el programa Kaleidoscope Pro 3 Analysis Software™ (Wildlife Acoustics™).

Una vez identificadas las especies, se elaboró un registro en Excel, donde se incluyó la fecha de registro del llamado, temporada del año, sitio de registro (cañón o lomerío), número total de pases por noche, promedio de pases por detector por noche y promedio de pases por detector por hora, siguiendo las recomendaciones de California Energy Commission (2009). Se definió un pase de murciélago como la secuencia de dos o más llamados de ecolocalización, con cada secuencia separada por un pase o más (Hayes, 1997).

Finalmente, para conocer la relación de las variables meteorológicas registradas (temperatura, velocidad promedio del viento, humedad relativa y fase lunar) con el nivel de actividad de los murciélagos, se llevó a cabo un análisis de covarianza.

5.3 Comparación de la riqueza y patrón de actividad de las especies de murciélagos antes y después de la instalación del PER.

Trabajo documental:

Para poder comparar la riqueza de especies antes de la construcción del PER con la riqueza actual, se consultó el estudio realizado por Martínez Gallardo y Guevara Carrizales (2009). A continuación se elaboró una base de datos incluyendo las especies registradas y el número de llamados de ecolocalización en cada mes de muestreo durante el año 2009.

Análisis estadísticos:

Una vez recopilada la información del estudio del 2009, se comparó con los resultados obtenidos en 2015 mediante un análisis univariado de diversidad. Para esto se empleó el programa Primer™ donde se estimó la riqueza específica, equidad (índice de Pielou) y diversidad (índice de Shannon-Wiener). Estos índices fueron comparados entre cada uno de los años.

5.4 Documentación de la mortalidad de los murciélagos en parques eólicos y las condiciones ambientales y elementos de infraestructura relacionados con ésta.

Trabajo de campo:

Para identificar las especies de murciélagos que pueden ser afectadas por los aerogeneradores se realizó la búsqueda de cadáveres dentro del Parque Eólico La Rumorosa y se registraron las condiciones ambientales relacionadas con la mortalidad. Para esto, por cada cadáver recolectado se documentó la fecha y estación del año en la que murió, hora aproximada de la muerte, y las condiciones meteorológicas de la noche anterior, incluyendo la temperatura, velocidad y dirección del viento.

La búsqueda de cadáveres se llevó a cabo por cuatro personas alrededor de todas las turbinas y se estableció un área de muestreo de acuerdo a lo recomendado por California Energy Commission (2007) tomándose como base la altura total de los aerogeneradores (80 m) con un cuadrado resultante de 80 m².

Una vez definida el área de búsqueda, esta se clasificó en dos de las cuatro categorías propuestas por Pennsylvania Game Commission (2007), las cuales se basan en el grado de visibilidad (U.S. Fish and Wildlife Service, 2012).

Las dos categorías identificadas en el área de búsqueda de cadáveres fueron la Clase 1 (fácil), Clase 2 (moderado) y Clase 3 (difícil):

Clase 1 (fácil): 90% o más de suelo desnudo, cobertura vegetal escasa y de 15 cm. o menos de altura (camino de acceso y alrededores de las turbinas) (Figura 8).



Figura 8. Área de búsqueda de cadáveres CLASE 1

Clase 2 (moderada): 25% o mayor porcentaje de suelo desnudo; toda la cobertura vegetal de 15 cm. o menos de altura y mayormente dispersa (Figura 9).



Figura 9. Área de búsqueda de cadáveres CLASE 2

Clase 3 (difícil): 25% de suelo desnudo o menos; 25% o menos de cobertura vegetal de más de 25 cm. de altura (Figura 10).



Figura 10 Área de búsqueda clasificada en la CLASE 3.

El área de búsqueda se recorrió en transectos de 5 metros de ancho, buscando cadáveres a una distancia de 2.5 metros de cada lado, con un trayecto con patrón de zigzag, según la metodología propuesta por Morrison (2009). Los cadáveres encontrados fueron colectados y se registró la información respectiva sugerida por California Energy Commission (2007), incluyendo el número de colecta, fecha, hora, sitio de colecta (coordenadas), especie, sexo, edad, tiempo aproximado desde la muerte y condición del cadáver (completo o desmembrado), presencia de larvas, descripción de lesiones si las presenta, distancia al aerogenerador, número de aerogenerador más cercano, descripción de estructuras cercanas y persona que colectó el cadáver.

Complementariamente, a cada espécimen se le tomaron placas radiográficas empleando un aparato de rayos X digital marca H.G. Fischer inc. TM. A cada ejemplar se le tomaron las proyecciones dorso – ventral, ventro – dorsal y lateral con una técnica radiográfica de 100 miliamperes y un kilovoltaje mínimo de 6 kV y máximo de 70 kV. Posteriormente se les practicó la necropsia y se tomaron muestras de tejidos incluyendo corazón, pulmones, hígado y riñones mediante las técnicas recomendadas por Salles C. (2011).

[5.5 Descripción de los elementos que deben considerarse para evaluar el impacto de los parques eólicos en los murciélagos.](#)

Trabajo documental:

Se efectuó una búsqueda bibliográfica de los lineamientos nacionales e internacionales vigentes sobre la instalación y operación de parques eólicos. En el contexto nacional, se consultó la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Diario Oficial de la Federación, 2012), la guía de evaluación de impacto ambiental para parques eólicos, propuesta por SEMARNAT (2016), los

requisitos establecidos por el Departamento de Impacto y Riesgo Ambiental en Baja California y el PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-151-SEMARNAT-2006, que establece las especificaciones técnicas para la protección del medio ambiente durante la construcción, operación y abandono de instalaciones eoloelectricas en zonas agrícolas, ganaderas y eriales (Diario Oficial de la Federación, 2006).

En el contexto internacional, se consideraron los lineamientos propuestos por las regiones con mayor desarrollo en energía eólica. Para Norteamérica, se consultaron las guías de California Energy Commission (2007), National Wind Coordinating Collaborative (2007), Alberta Sustainable Resource Development (2008), U.S. Fish and Wildlife Service (2012), Western Bat Working Group (2012), Pennsylvania Game Commission (2013) y World Bank Group (2015); y en Canadá, los lineamientos propuestos por Ontario Ministry of Natural Resources (2011). Para Europa, se revisaron las recomendaciones de Hötker *et al.* (2006) en Alemania y Morrison *et al.* (2009) en España.

Validación por expertos:

Una vez concluido el análisis documental, se elaboró una propuesta de lineamientos para los parques eólicos de Baja California. Esta fue evaluada por expertos en parques eólicos y murciélagos del Servicio Geológico de los Estados Unidos y Bat Conservation International, para adecuar las recomendaciones para parques eólicos en México. Complementariamente, con base en la propuesta elaborada se llevó a cabo el monitoreo de la quiroptero fauna del Parque Eólico la Rumorosa durante el periodo de 2015 a 2016, para adaptar los lineamientos para Baja California.

VI RESULTADOS

6.1 Especies de murciélagos presentes en Baja California

Con base en la consulta de los registros de murciélagos y su distribución potencial, se encontró que en el estado de Baja California se distribuyen 20 especies, representadas por tres familias y 12 géneros. Para Sierra de Juárez se encontraron registros de 15 especies, correspondientes a tres familias y 10 géneros (Cuadro 2).

Las especies presentes en Baja California se ordenaron de acuerdo con los criterios taxonómicos de Ramírez – Pulido *et al.* (2014) y se muestran de esta forma en el cuadro 1 donde se indica a qué familia pertenecen, el nombre científico, nombre común, distribución y la categoría de riesgo en la que se encuentran según la Norma Oficial Mexicana NOM – 059 – 2010 (Diario Oficial de la Federación, 2010) y la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) (Versión 2015.4).

Para las categorías de riesgo que considera la NOM – 059 – 2010 – SEMARNAT – 2010 se encontró que de las especies presentes en Baja California, una se encuentra en peligro de extinción (P): el Miotis pescador (*Myotis vivesi*); dos especies amenazadas (A): el murciélago hocicudo de Curazao (*Leptonycteris yerbabuena*) y el murciélago trompudo (*Choeronycteris mexicana*) y una especie sujeta a protección especial (Pr): el miotis oreja larga (*Myotis evotis*). Según las categorías de riesgo de la IUCN, se encontraron dos especies en la categoría de vulnerables (VU): *Leptonycteris yerbabuena* y *Myotis vivesi*; una especie, *Choeronycteris mexicana* en la categoría de casi amenazado (NT) y las 17 especies restantes bajo la categoría de preocupación menor (LC).

Cuadro 2. Especies de murciélagos presentes en Baja California. BC = Especies que se distribuyen en el estado de Baja California; SJ = especies que se pueden encontrar en Sierra de Juárez y sus categorías en la NOM-059 (A amenazada; Pr sujeta a protección especial y P en peligro de extinción) y en la IUCN (LC preocupación menor; NT casi amenazado; VU vulnerable).

Especie			Categoría de riesgo		
Familia	Nombre científico	Nombre común	Distribución	NOM - 059	IUCN
Mollosidae	<i>Eumops perotis</i> (Schinz, 1821)	Murciélago con bonete mayor	SJ	-	LC
	<i>Nyctinomops femorosaccus</i> (Merriam, 1889)	Murciélago cola suelta espinoso	SJ	-	LC
	<i>Tadarida brasiliensis</i> (I. Geoffroy Saint – Hilaire, 1824)	Murciélago cola suelta brasileño	SJ	-	LC
Phyllostomidae	<i>Choeronycteris mexicana</i> Tschudi, 1844	Murciélago trompudo	BC	A	NT
	<i>Leptonycteris yerbabuena</i> Martínez and Villa, 1940	Murciélago hocicudo de Curazao	BC	A	VU
	<i>Macrotus californicus</i> Baird, 1858	Murciélago orejón californiano	SJ	-	LC
Vespertilionidae	<i>Antrozous pallidus</i> (J. Le Conte, 1855)	Murciélago desértico norteño	SJ	-	
	<i>Myotis californicus</i> (Audubon y Bachman, 1842)	Miotis californiano	SJ	-	LC
	<i>Myotis evotis</i> (H. Allen, 1864)	Miotis oreja larga	BC	Pr	LC
	<i>Myotis melanorhinus</i> (Merriam, 1890)	Miotis cara negra	SJ	-	LC
	<i>Myotis thysanodes</i> Miller, 1897	Miotis bordado	SJ	-	LC
	<i>Myotis vivesi</i> Menegaux, 1901	Miotis pescador	BC	P	VU
	<i>Myotis volans</i> (H. Allen, 1866)	Miotis pata larga	SJ	-	LC
	<i>Myotis yumanensis</i> (H. Allen, 1864)	Miotis de Yumma	SJ	-	LC
	<i>Parastrellus hesperus</i> (H. Allen, 1864)	Pipistrello del oeste americano	SJ	-	LC
	<i>Eptesicus fuscus</i> (Palisot de Beauvois, 1796)	Murciélago moreno norteamericano	SJ	-	LC
	<i>Lasiurus blossevillii</i> (Lesson, 1826)	Murciélago cola peluda de Blossvil	BC	-	LC
	<i>Lasiurus cinereus</i> (Palisot de Beauvois, 1796)	Murciélago cola peluda canoso	SJ	-	LC
	<i>Lasiurus xanthinus</i> (Thomas, 1897)	Murciélago cola peluda de La Laguna	SJ	-	LC
	<i>Corynorhinus townsendii</i> (Cooper, 1837)	Murciélago mula norteamericano	SJ	-	LC

6.2 Especies de murciélagos presentes en el Parque Eólico la Rumorosa

De acuerdo con los monitoreos de murciélagos llevados a cabo de 2008 a 2014, se cuenta con registros de diez especies de quirópteros dentro del Parque Eólico la Rumorosa y sitios aledaños (Martínez y Guevara, 2008; Martínez y Guevara, 2009; Guevara y Rodríguez 2014). Estas se documentaron por métodos directos (captura o registro visual) e indirectos (monitoreo acústico) Algunas especies como *Antrozous pallidus*, *Myotis ciliolabrum*, *Parastrellus hesperus*, *Eptesicus fuscus* y *Corynorhinus townsendii* fueron registradas por captura en años anteriores, sin embargo en 2015 se registraron únicamente por métodos acústicos (Cuadro 3).

En el presente estudio (2015), mediante el uso de redes de niebla se realizó un esfuerzo de muestreo de 144 metros red/noche por tres días, durante cuatro meses, lo cual representó un esfuerzo total de muestreo de 1728 metros red. Mediante este método no se obtuvieron capturas de murciélagos.

A través del uso de detectores acústicos (método indirecto), se realizó un esfuerzo de muestreo de 20 horas de grabación por noche, lo cual aportó 120 horas de grabación durante el verano y 120 durante el otoño, con un total de 240 horas de grabación por 12 noches de trabajo.

Los criterios empleados para la identificación de los llamados de ecolocalización fueron la frecuencia mínima, frecuencia máxima y duración del pulso, tomados de Frick (2007) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros propuestos por Frick (2007) para la identificación de especies a partir de los llamados de ecolocalización.

Especie	Frecuencia mínima (kHz)	Frecuencia máxima (kHz)	Duración del pulso (segundos)
<i>Eumops perotis</i>	9 - 10	12	-
<i>Nyctinomops femorosaccus</i>	16 - 20	25 - 23	0.008
<i>Tadarida brasiliensis</i>	25	35	0.006 – 0.008
<i>Antrozous pallidus</i>	30 - 35	80 - 60	0.004 – 0.008
<i>Lasiurus cinereus</i>	20 - 18	40 - 25	0.008
<i>Myotis californicus</i>	45 - 50	100 - 70	0.004
<i>Myotis ciliolabrum</i>	40	100	0.0039
<i>Parastrellus hesperus</i>	45	60 - 50	0.002 – 0.005
<i>Eptesicus fuscus</i>	26 - 30	50 - 40	0.006 – 0.011
<i>Corynorhinus townsendii</i>	30	40	0.150

Los sonogramas de las especies identificadas mediante el software Anlook™ se muestran a continuación, donde se observa la frecuencia mínima y frecuencia máxima de los llamados de ecolocalización de cada especie (Figuras 11 a 22).

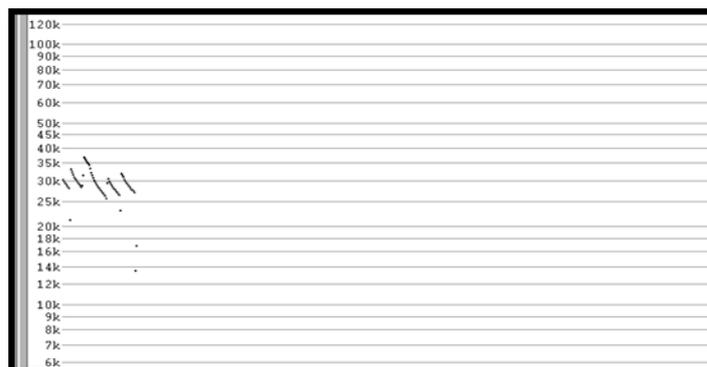


Figura 11. Sonograma de *Tadarida brasiliensis*. Frecuencia mínima 25 kHz, máxima 32 kHz.

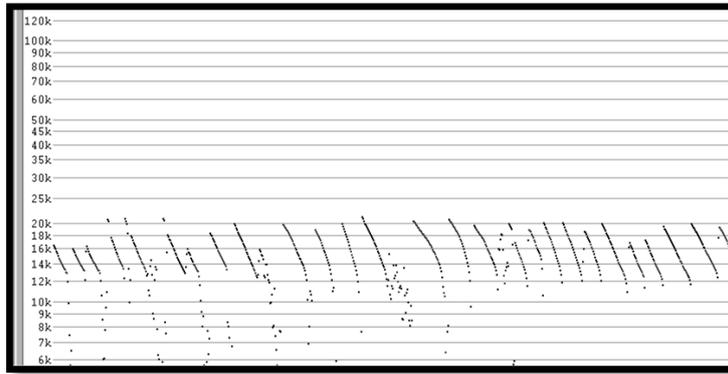


Figura 12. Sonograma de *Nyctinomops femorosaccus*. Frecuencia mínima 12 kHz, máxima 20 kHz.

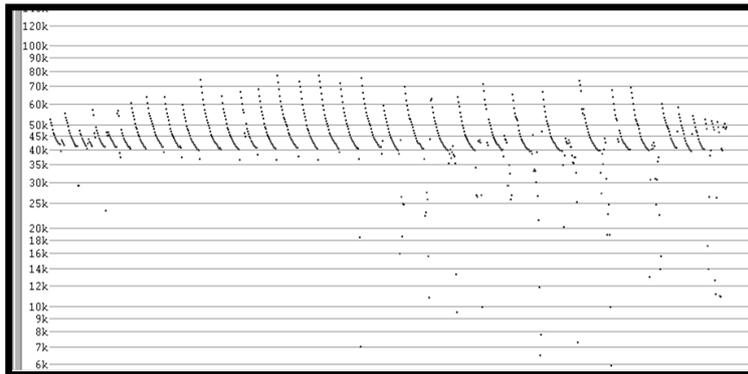


Figura 13. Sonograma de *Parastrellus hesperus*. Frecuencia mínima 40 kHz, máxima 70 kHz.

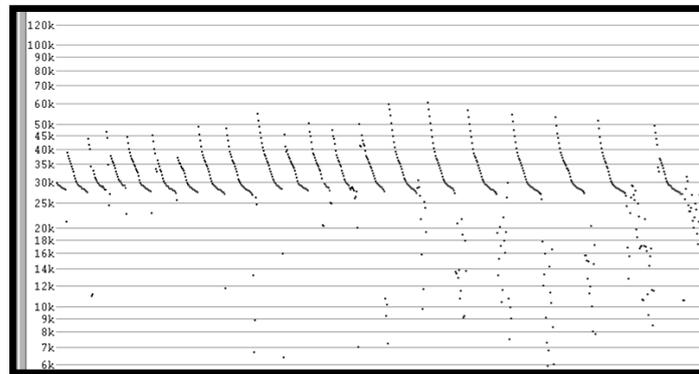


Figura 14. Sonograma de *Antrozous pallidus*. Frecuencia mínima 30-35 kHz, máxima 80-60 kHz

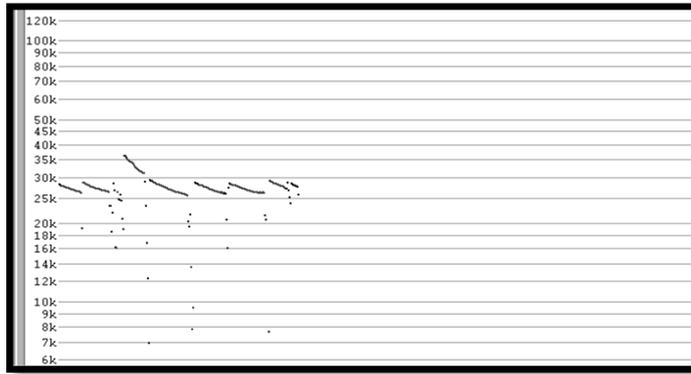


Figura 15. Sonograma de *Eptesicus fuscus*. Frecuencia mínima 26-30 kHz, máxima 50-40 kHz.

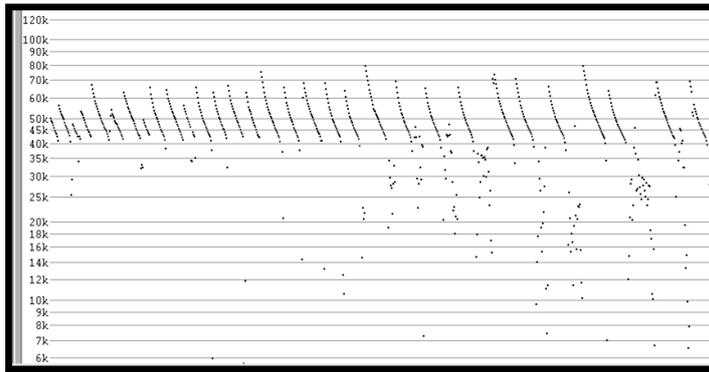


Figura 16. Sonograma de *Myotis californicus*. Frecuencia mínima 45-50 kHz, máxima 100-70 kHz.

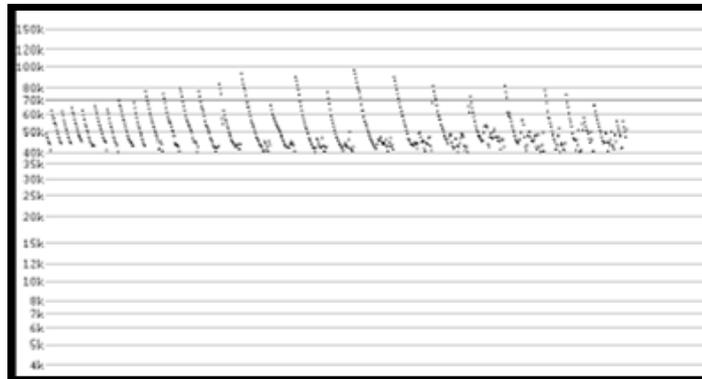


Figura 17. Sonograma de *Myotis melanorhinus*. Frecuencia mínima de 40-45 kHz, máxima 100-70 kHz.

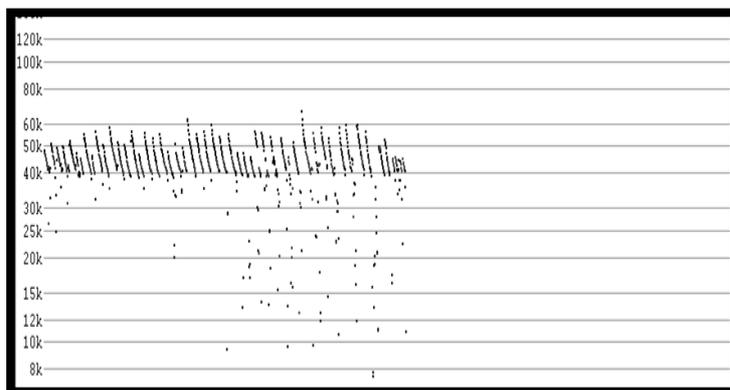


Figura 18. Sonograma de *Myotis ciliolabrum*. Frecuencia mínima 40 kHz, máxima 100 kHz.

Mediante este método, se registraron en el área de estudio 178 llamados de ecolocalización correspondientes a 10 especies de dos familias y nueve géneros (Cuadro 4). Todas las especies que se encontraron en el área de estudio son residentes, excepto *Tadarida brasiliensis* que es considerada como migratoria (Tuttle y Moreno, 2005; Gannon, 2003).

Cuadro 4. Especies de murciélagos registradas en el Parque Eólico La Rumorosa y sitios aledaños. (PER = Parque Eólico la Rumorosa; SA= Sitios aledaños. MA = Monitoreo acústico; C = Captura; RV= Registro visual)

Especie	Sitio de registro	Año de registro	Método de registro
<i>Eumops perotis</i>	PER, SA	2008, 2014, 2015	MA
<i>Nyctinomops femorosaccus</i>	PER, SA	2009, 2014, 2015	MA
<i>Tadarida brasiliensis</i>	PER, SA	2008, 2009, 2014, 2015	MA
<i>Antrozous pallidus</i>	PER, SA	2008, 2009, 2014, 2015	C, MA
<i>Lasiurus cinereus</i>	PER	2015	MA
<i>Myotis californicus</i>	PER, SA	2009, 2014, 2015	MA
<i>Myotis ciliolabrum</i>	PER	2009, 2015	C, MA
<i>Parastrellus hesperus</i>	PER, SA	2008, 2009, 2014, 2015	C, MA, RV
<i>Eptesicus fuscus</i>	PER, SA	2008, 2009, 2014, 2015	C, MA
<i>Corynorhinus townsendii</i>	PER	2009, 2015	C, MA

Con base en el listado acumulado de especies obtenido en el periodo de 2008 a 2015 se registró un total de 10 especies de murciélagos en el Parque Eólico la Rumorosa y zonas aledañas. (Figura 19).

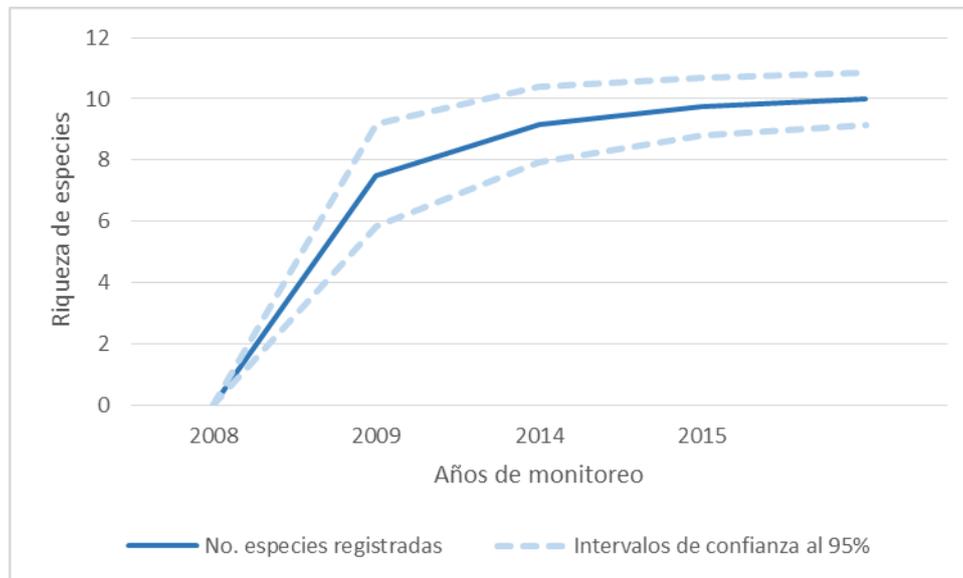


Figura 19. Curva de acumulación de especies de murciélagos para todos los monitoreos realizados en el Parque Eólico la Rumorosa y sitios aledaños

Adicionalmente, para conocer la relación de las variables meteorológicas con el grado de actividad de los murciélagos, se llevó a cabo un análisis de covarianza, donde se observó que sólo la fase lunar es una variable importante para explicar la diferencia en el nivel de actividad de los quirópteros dentro en el Parque Eólico (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de covarianza del número de llamados de ecolocalización considerando como factores continuos la temperatura, velocidad promedio del viento (VPV), humedad relativa (HR%) y la fase lunar (factor fijo) $R^2 = 0,46$

Fuente de variación	g.l.	Suma de Cuadrados	F	P
Temperatura	1	11.864	0.091	0.7
VPV	1	1.912	0.015	0.9
HR%	1	49.845	0.381	0.5
Fase Lunar	1	1316.639	10.073	0.0113

Posteriormente, mediante el modelo de regresión lineal se encontró que de las dos fases lunares registradas en los muestreos, el número de llamados promedio fue mayor en el cuarto creciente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Llamados de ecolocalización promedio en dos fases lunares en el Parque eólico la Rumorosa

Fase lunar	Mínimos cuadrados medios	Error Estándar	Promedio
Cuarto Creciente	25.72	4.505	25.250
Cuarto Menguante	1.21	5.368	1.833

6.3. Comparación de la riqueza y patrón de actividad de especies de murciélagos antes y después de la construcción del PER.

Como resultado del monitoreo acústico, en el presente estudio se obtuvieron 178 llamados de ecolocalización, con los que se identificó la presencia de 10 especies. Previo a la construcción del parque eólico, se registraron ocho especies, tres mediante redes de niebla y ocho mediante detectores acústicos. Dos de las 10 especies registradas durante la operación del parque eólico, *Laciurus cinereus* y *Eumops perotis*, no habían sido registradas en el 2009.

De las especies registradas en el 2015, *Parastrellus hesperus* presentó la mayor abundancia relativa (0.312), seguida de *Tadarida brasiliensis* (0.195). En el cuadro 7 se hace una comparación con la especies registradas antes de la operación del parque eólico, donde la especie con mayor abundancia relativa fue *Myotis ciliolabrum* (1.502), seguida de *Myotis californicus* (0.437), y *Parastrellus hesperus* (0.362).

Complementariamente, las especies se clasificaron por gremios tróficos de acuerdo con las categorías propuestas por Schnitzler y Kalko (2001). Se encontró que las especies registradas pertenecen a cuatro gremios tróficos: 1) insectívoros de espacios abiertos (IEA); 2) insectívoros aéreos de bosques y claros (IABC); 3) insectívoros de sustrato (IS) y 4) insectívoros de superficies acuáticas (ISA) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Composición específica, estructura de gremios y número de llamados de ecolocalización de las especies registradas antes y durante la operación del Parque Eólico la Rumorosa. (Gremios tróficos: IEA insectívoro de espacios abiertos; IABC insectívoro de bosques y claros; IS insectívoro de sustrato; ISA insectívoro de superficies acuáticas) La abundancia relativa corresponde al no. de llamados por especie/total de horas de grabación

Familia	Especie	Gremio trófico	Número de llamados					
			Verano 2009	Verano 2015	Otoño 2009	Otoño 2015	Abundancia relativa 2009	Abundancia relativa 2015
Mollosidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	IEA	1	3	16	44	0.0042	0.195
	<i>Nyctinomops femorosaccus</i>	IEA	0	5	15	5	0.037	0.041
	<i>Eumops perotis</i>	IEA	0	0	0	1	0	0.004
Vespertilionidae	<i>Parastrellus hesperus</i>	IABC	124	68	21	7	0.362	0.312
	<i>Antrozous pallidus</i>	IS	15	1	12	0	0.067	0.004
	<i>Laciurus cinereus</i>	IEA	0	0	0	1	0	0.004
	<i>Corynorhinus townsendii</i>	IS	3	0	0	1	0.0007	0.004
	<i>Eptesicus fuscus</i>	IABC	20	9	2	9	0.055	0.075

	<i>Myotis californicus</i>	IABC	162	0	13	2	0.437	0.008
	<i>Myotis ciliolabrum</i>	IABC	573	21	28	1	1.502	0.091
Total			898	107	107	71		

Adicionalmente, se calcularon las métricas para los llamados de ecolocalización recomendadas por California Energy Commission (2007). En los datos obtenidos se observa que el número de pases totales fue mayor en el año 2009 con respecto al 2015 en todos los meses de muestreo. Asimismo, en ambos estudios el promedio de pases por detector por noche fue mayor en los cañones que en los lomeríos. Los meses con un promedio más alto de pases por detector por hora fueron julio (20.6) y agosto (10) en el 2009 y 2015 respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Métricas obtenidas para los llamados de ecolocalización de 2009 y 2015. El número de horas corresponde al tiempo de operación de los detectores = 10 horas por noche

Mes	Pases totales	Promedio de pases por detector por noche		*Promedio de pases por detector por hora	
		Detector 1 (cañón)	Detector 2 (lomerío)	Detector 1 (cañón)	Detector 2 (lomerío)
2009					
Junio	282	94	0	9.4	0
Julio	621	206.3	0.66	20.6	0.06
Septiembre	67	27.3	4.3	2.7	0.43
Octubre	12	3.33	0.66	0.33	0.06
Total	982	330.93	5.62		
2015					
Julio	7	0	2.33	0	0.23
Agosto	100	37	2.33	10	0.23
Septiembre	95	3	21	0.3	0.21
Octubre	4	0.33	1	0.03	0.1
Total	206				

En el cuadro 9 se presenta de forma resumida la riqueza, ocurrencia de especies y gremios tróficos en las unidades ambientales monitoreadas en dos temporadas del año. En ambos estudios se registró la presencia de especies en riesgo de colisión en el verano y otoño. Las especies consideradas en riesgo de colisión fueron *Tadarida brasiliensis*, *Nyctinomops femorosaccus* y *Eumops perotis*, debido al tipo de forrajeo y altura de vuelo (Apartado 6.5)

Cuadro 9. Resultados del monitoreo acústico y registro de especies en riesgo en 2009 y 2015. (ND = información no disponible)

	Antes de la construcción (2009)	Durante la operación (2015)
No. de especies registradas	8	10
No. total de llamados	982	178
No. de llamados en los cañones	903	101
No. de llamados en los lomeríos	107	77
No. de llamados en verano	898	106
No. de llamados en otoño	107	72
No. de gremios tróficos	3	3
No. especies ERC registradas	3	3
No. de especies con registros de mortalidad	ND	2

Con base en el número de llamados por mes, se llevó a cabo un análisis de la comunidad, para lo cual se estimó la riqueza específica, e índices de equidad (índice de Pielou) y diversidad específica (índice de Shannon – Wiener) (Cuadro 10). En el año 2009 la riqueza específica fue mayor que en el 2015 (S), al obtenerse mayor número de llamados de ecolocalización (N) en todos los meses del monitoreo. En los meses de septiembre y julio las especies registradas presentaron mayor equidad en 2009 y 2015 respectivamente (Índice de Pielou), esto refleja una composición más uniforme de la comunidad durante estos meses, mientras que en el mes de agosto de ambos años se presentó la menor equidad con la presencia de dos especies dominantes (N1). Finalmente, con base en el índice de Shannon Wiener (H'), se observó que en el 2009 el mes con mayor diversidad específica fue septiembre y en 2015 fue octubre (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resultados del análisis de la comunidad de quirópteros antes y durante la operación del PER 2009 y 2015. S= riqueza de especies; N= número de llamados de ecolocalización; J'=índice de Pielou; H'(loge)= índice de Shannon-Wiener, logaritmo base e; N1= número de especies abundantes; N2= número de especies muy abundantes

Mes	S		N		J'		H' (loge)		N1		N2	
	2009	2015	2009	2015	2009	20015	2009	2015	2009	2015	2009	2015
Julio	7	3	282	7	0.610	0.724	1.187	0.7963	3.279	2.217	2.589	1.815
Agosto	7	5	619	100	0.488	0.569	0.949	0.9163	2.584	2.5	1.945	1.948
Septiembre	7	6	82	67	0.880	0.623	1.713	1.118	5.547	3.058	4.936	2.151
Octubre	5	4	20	4	0.828	1	1.333	1.386	3.792	4	3.076	4

6.4 Resultados del monitoreo de la mortalidad de murciélagos en el PER

Como parte de los resultados de la búsqueda de cadáveres dentro del Parque Eólico la Rumorosa, durante el periodo de agosto a noviembre se encontraron dos especímenes, ambos durante el verano.

El día 3 de agosto a las 8:50 am se encontró el cadáver de un murciélago de la especie *Eumops perotis*, ubicado a una distancia de 30.6 m. con dirección al norte del aerogenerador no. 5, en las coordenadas 32° 29' 36.4" N, -160° 05' 17.7" W (Figura 11).



Figura 20. Registro de cadáveres dentro del Parque Eólico. Fotografía Aldo A. Guevara©

El espécimen fue colectado y conservado en refrigeración para realizarle un estudio radiográfico y posteriormente la necropsia para determinar la causa de muerte. Una vez realizada la necropsia, se tomaron muestras de corazón, pulmones, hígado y riñón para su análisis histopatológico. El espécimen fue depositado en la Colección de Vertebrados de la Universidad Autónoma de Baja California (CVUABC), con número de catálogo CVUABC 1184. Para el estudio radiográfico se empleó un equipo digital H.G. Fischer inc.TM y se tomaron las proyecciones dorso – ventral y ventro – dorsal (Figura 12).



Figura 21. Aparato de rayos X y toma de placa radiográfica. Fotografía Aldo A. Guevara©

En ambas tomas se pudo apreciar la presencia de una fractura en la porción craneal del isquion izquierdo, así como un cambio de densidad en tórax y abdomen con posible presencia de líquido (Figura 13).

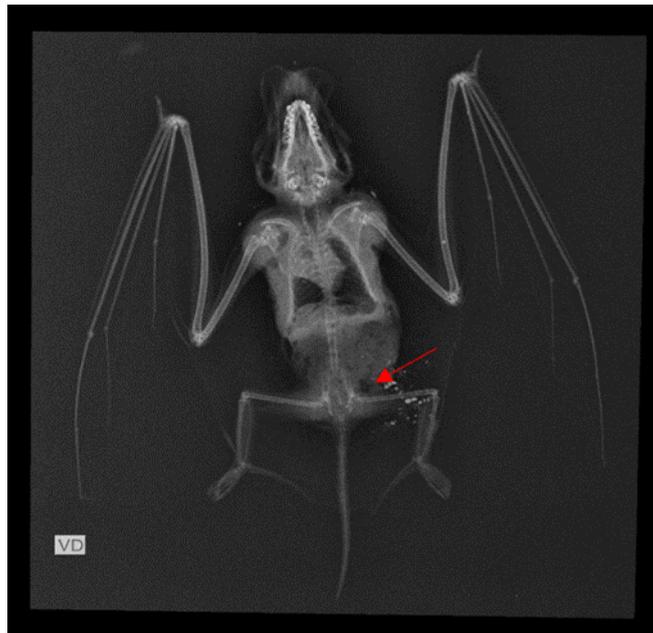


Figura 22. Proyección ventro – dorsal del estudio radiográfico de *Eumops perotis* donde se observó la presencia de una fractura en la porción craneal del isquion izquierdo (señalado con flecha), así como un cambio de densidad en tórax y abdomen con posible presencia de líquido.

Los hallazgos principales a la necropsia fueron la presencia de una lesión en piel de la porción caudal del abdomen de lado izquierdo, con presencia de larvas y exudado sero – sanguinolento. Además se observó una zona hemorrágica que abarcaba todo el hueso nasal y conducto auditivo, así como múltiples fracturas en el hueso nasal, temporal, parietal y porción craneal del isquion izquierdo. Se determinó que la causa de muerte fue un choque hipovolémico secundario a hemorragias internas causadas por traumatismo múltiple (Figuras 14 y 15)



Figura 23. Incisión primaria en la necropsia del cadáver de *Eumops perotis*. Fotografía Aldo A. Guevara©



Figura 24. Hallazgos a la necropsia de *Eumops perotis*. Se observan hemorragias en la porción nasal y en conducto auditivo, así como fracturas en hueso nasal, temporal y parietal. Fotografía Aldo A. Guevara©

El día 22 de septiembre del 2015 a las 8:35 am se colectó el cadáver de murciélago de la especie *Tadarida brasiliensis*, a una distancia de 10.5 metros con dirección al noreste del aerogenerador no. 5 en las coordenadas 32.4931 36° N; -116.087935° W del Parque Eólico la Rumorosa. El espécimen se encontró en posición decúbito dorsal y su estado general era bueno, ya que el cuerpo estaba completo, por lo que se calculó que el tiempo de su muerte era menor de 12 horas.

El espécimen fue colectado y conservado en refrigeración para realizarle un estudio radiográfico y posteriormente la necropsia para determinar la causa de muerte (Figura 16). Una vez realizada la necropsia, se tomaron muestras de corazón, pulmones, hígado y riñón para su análisis histopatológico.

El espécimen fue depositado en la Colección de Vertebrados de la Universidad Autónoma de Baja California (CVUABC), con número de catálogo CVUABC 1192.



Figura 25. Inspección externa del cadáver de *Tadarida brasiliensis*. El espécimen no presentó lesiones externas aparentes. Fotografía Aldo A. Guevara©

En el estudio radiográfico no se apreciaron lesiones significativas. Los hallazgos principales en la necropsia fueron una fractura en el cuello (articulación occipito – atloidea) y zonas hemorrágicas en hueso nasal y frontal, así como la presencia de líquido sero – sanguinolento en la cavidad torácica y congestión cardiaca y pulmonar (Figura 17). Como diagnóstico final se estableció una encefalitis hemorrágica aguda originada por traumatismo craneo encefálico.



Figura 26. Hallazgos a la necropsia del ejemplar de *Tadarida brasiliensis*. Se aprecian zonas hemorrágicas en el hueso nasal y frontal. Fotografía Aldo A. Guevara©

VII. DISCUSIÓN

7.1 Especies de murciélagos presentes en Baja California y el Parque Eólico la Rumorosa

En el presente estudio se registró la presencia de 15 especies de quirópteros dentro del Parque Eólico la Rumorosa. Estos registros concuerdan con las especies que potencialmente se pueden distribuir en Sierra de Juárez (Elliot, 1903; Huey, 1964; Villa, 1967; Hall, 1981; Álvarez-Castañeda y Patton, 1999 ; Couoh, 2005); Flores, 2004; Guevara-Carrizales, 2004, 2008; Martínez-Gallardo *et al.*, 2008 y Martínez, 2011).

De las especies registradas, ninguna se encuentra enlistada bajo algún estatus de conservación en la NOM 059-ECOL-2010 ni en la lista roja de la UICN (2015), sin embargo, *Eumops perotis* es considerada una especie rara con un único registro para Baja California y de acuerdo con Aragón (2005) debería estar enlistada en la NOM 059-ECOL-2010 como especie en peligro de extinción.

Mediante el uso de redes no se obtuvo ninguna captura, a pesar de que se registró actividad de murciélagos mediante detectores acústicos en los mismos sitios. Esto se puede deber a la presencia de vientos fuertes en el área, lo que ocasiona que los murciélagos puedan detectar las redes con facilidad y de esta forma evitarlas (Kunz y Parsons, 2007).

La actividad de los quirópteros presentó mayor relación con el tipo de fase lunar que con las variables climáticas. Esta asociación está reportada por Saldaña – Vázquez y Munguía – Rosas (2012) quienes mencionan que la actividad de los murciélagos puede afectar de forma positiva o negativa la actividad de los murciélagos dependiendo de los hábitos alimenticios de cada especie.

7.2. Comparación de la riqueza y patrón de actividad de especies de murciélagos antes y después de la construcción del PER.

Durante la operación del parque eólico se registraron dos especies que no se habían encontrado en el estudio del 2009, *Eumops perotis* y *Lasiurus cinereus*. *E. perotis* no fue registrada en 2009, sin embargo ya se había detectado su presencia en el área de estudio por métodos acústicos (Guevara y Martínez, 2008; Guevara y Rodríguez, 2015). La presencia de *L. cinereus*, puede deberse a la existencia de áreas boscosas en las zonas aledañas al parque eólico, ya que esta especie requiere una buena cobertura vegetal, como lo indica Pierson (1998).

Estas especies tienen distribución potencial en el área de estudio y probablemente fue posible encontrarlas en el presente trabajo, debido al uso de detectores acústicos y softwares con tecnología más actualizada.

El número promedio de llamados de ecolocalización durante la operación del parque eólico (2015) fue menor que antes de ésta (2009). Esto puede ser consecuencia del desplazamiento de las especies y la modificación en sus rutas de vuelo (California Energy Commission, 2007).

El mayor número de llamados de ecolocalización obtenidos en los meses de julio y agosto de 2009 y 2015 respectivamente, concuerda con los meses en los que se registran las temperaturas más altas en la Rumorosa (Ruiz *et al.*, 2006), por lo que la actividad de los murciélagos se espera que sea mayor (Arnett, 2006).

Los índices de equidad más bajos se encontraron en el mes de agosto de ambos años, lo cual concuerda con la presencia de especies dominantes en este mes, *Myotis ciliolabrum* en 2009, y *Parastrellus hesperus* en 2015.

Las especies que presentaron mayor abundancia relativa no fueron las mismas antes y durante la operación del parque eólico. Esto puede deberse a que se ha documentado que los ensambles de los murciélagos pueden verse afectados en la composición y estructura de especies como resultado de la fragmentación del hábitat (Estrada *et al.*, 1993; Cosson *et al.*, 1999; Medellín *et al.*, 2000; Willig *et al.*, 2007; Meyer y Kalko, 2008).

Los gremios tróficos predominantes en ambos estudios fueron los insectívoros de espacios abiertos (4 sp.) y los insectívoros aéreos de bosques y claros (4 sp). La presencia de estas especies en el área es acorde con las características de la vegetación, ya que en su mayor parte existen arbustos menores a 2.5 metros de altura (Delgadillo, 1998).

Así mismo, antes y durante la operación del parque eólico, la mayoría de las especies mostró preferencia por los cañones (91% de los llamados totales en 2009 y 56.7% en 2015). De acuerdo con Moreno (2007), la presencia de cañones o arroyos intermitentes representan sitios de tránsito potencial para los murciélagos (Moreno, 2007).

7.3 Especies de murciélagos que pueden ser afectadas por los aerogeneradores en Baja California y en el PER

De las especies encontradas como resultado de la búsqueda de cadáveres, *Tadarida brasiliensis* es una especie comúnmente reportada por mortalidad en parques eólicos de Norteamérica (Kunz *et al.*, 2007; Arnett, 2008; Weller y Baldwin, 2012). En el caso de *Eumops perotis*, no se tienen reportes de la mortalidad de esta especie en otros parques eólicos, sin embargo, en Oaxaca se tienen hallazgos de la mortalidad de otras especies del género *Eumops* (Bolívar – Cimé *et al.*, 2016). *Eumops perotis*, al ser una especie que forrajea en espacios abiertos a alturas mayores de 20 metros (Schnitzer *et al.*, 2003) puede colisionar con las aspas (Arnett, 2008).

En los cadáveres encontrados, las lesiones más representativas fueron fracturas y hemorragias en el cráneo. Estos hallazgos son similares a los observados en el estudio de Rollins *et al.* (2012), quienes encontraron que las fracturas en cráneo fueron la lesión con mayor incidencia en murciélagos que murieron a causa de las turbinas y las hemorragias en la cabeza fueron la tercera lesión más común.

7.4 Elementos de infraestructura de los parques eólicos relacionados con la mortalidad de murciélagos dentro de los parques eólicos

Los dos cadáveres de murciélagos fueron encontrados en el verano, lo cual corresponde a la época en la que se reporta mayor mortalidad, por ser la época migratoria (Johnson, 2004; Arnett *et al.*, 2007, 2008; Kunz *et al.*, 2007; Dürr, 2003; Keeley *et al.*, 2001). Las condiciones meteorológicas asociadas al momento de la muerte coinciden con lo reportado por Arnett, 2006, ya que fueron noches cálidas (temperaturas mayores a 10°C) y de poco viento, con lo cual se incrementa la actividad de los murciélagos (Kerns *et al.*, 2005; Arnett, 2006; Kunz *et al.*, 2007).

Respecto a los factores relacionados con la mortalidad de quirópteros en parques eólicos, en la literatura se menciona que las especies que mayor mortalidad presentan en Estados Unidos son migratorias y vuelan a grandes alturas, sin embargo, en España se han encontrado mortalidades principalmente en especies no migratorias de baja altura de vuelo, y Arnett (2008) registró mortalidades en época no migratoria. En México también se cuenta con registros de mortalidad de especies no migratorias (Bolívar – Cimé *et al.*, 2016) por lo que no se debe subestimar el riesgo en especies residentes.

Otro aspecto en el que se encontraron diferencias en los hallazgos de los estudios consultados, es el tipo de vegetación dentro de los parques eólicos y su relación con las mortalidades. Se conoce que los murciélagos prefieren las zonas boscosas y se supone que las mortalidades en estas zonas son mayores. Sin embargo, Arnett (2007) y Kunz *et al.* (2007) reportan que los hallazgos de mortalidad no están limitadas a este tipo de vegetación.

En la bibliografía revisada, se encontró poco documentado el fenómeno del barotrauma como parte de las causas de muerte en los murciélagos, sin embargo, según lo reportado por Baerwald *et al.* (2008), el barotrauma es una causa de muerte más significativa que el contacto directo con las palas.

7.5 Resultados del monitoreo de la mortalidad de murciélagos en el PER

La metodología que se empleó para la búsqueda de cadáveres en el Parque Eólico la Rumorosa, incluyendo la definición del área de búsqueda, los horarios para la búsqueda y la distancia de los transectos se basaron en las recomendaciones internacionales (California Energy Commission, 2007

y Morrison *et al.*, 2009) al no existir lineamientos para México. El área de búsqueda y la distancia de los transectos resultó ser adecuado de acuerdo con el tipo de cobertura vegetal alrededor de las turbinas del Parque Eólico La Rumorosa (PER) y el personal disponible para realizar la búsqueda (cuatro personas). El tiempo promedio de búsqueda de cadáveres por turbina (20 minutos) coincide con los tiempos promedios reportados en la literatura (Ontario Ministry of Natural Resources, 2011). Sin embargo, es necesario hacer ajustes respecto al intervalo de búsqueda de cadáveres con base en el tiempo de permanencia de estos y la eficiencia de búsqueda, como se recomienda por los lineamientos internacionales (US Fish and Wildlife Service, 2003; California Energy Commission, 2007; Ontario Ministry of Natural Resources, 2011)

VIII.CONCLUSIONES

De las 20 especies que se distribuyen en Baja California, 15 especies (75%) se registran en Sierra de Juárez y 12 en el Parque Eólico la Rumorosa y su área de influencia. Por esta razón, esta región es de gran importancia para la conservación de la quiropteroфаuna.

El listado acumulado de especies obtenido de los cuatro monitoreos realizados en el PER y sitios aledaños a lo largo de siete años, refleja que el esfuerzo de muestreo realizado representa adecuadamente la composición y estructura de la comunidad de murciélagos en la zona del Parque Eólico la Rumorosa y su periferia. Es posible registrar otras especies, sin embargo, este número es bajo, por lo que se considera que se cuenta con un inventario completo y se cumplió con la primera fase del monitoreo (Rainey *et al.*, 2009).

A pesar de que ninguna de las especies registradas en el área de estudio se encuentra bajo alguna categoría de riesgo, cabe resaltar la presencia de tres especies con mayor riesgo potencial de presentar mortalidad asociada a la operación de los parques eólicos, *Tadarida brasiliensis*, *Nyctinomops femorosacus* y *Eumops perotis*, de las cuales las dos primeras se registraron tanto en el verano como el otoño.

Los resultados del análisis de la comunidad reflejan que existen cambios en ésta ahora que el parque eólico está operando. Estos cambios se observan principalmente en una menor riqueza específica y cambios en la dominancia de especies. El patrón de actividad se mantuvo de igual forma, al ser el verano la época de mayor actividad y los cañones la unidad fisiográfica con más número de llamados. La estructura de gremios tróficos también se mantuvo igual en ambos estudios.

La disminución en el número de llamados de ecolocalización en conjunto con los hallazgos de mortalidad, son indicativos de impactos indirectos (posible desplazamiento de las especies) y directos, respectivamente. Sin embargo, con la información que hasta ahora se obtuvo, no es posible

estimar la magnitud del impacto real, debido a que se requiere ajustar el intervalo de búsqueda de cadáveres de acuerdo con el tiempo de permanencia de estos y la eficiencia de búsqueda.

Debido a que en ambos estudios se registró una mayor actividad de los quirópteros en los cañones, se sugiere establecer estas zonas como prioridad para conservación y considerar sitios similares en los nuevos proyectos que se plantean en zonas cercanas.

Adicionalmente, al ser el verano la época con más registros de llamados de ecolocalización, se debe prestar especial atención en dicha temporada a la mortalidad de los quirópteros, y de registrarse altas tasas de mortalidad, considerar implementar medidas de mitigación en estos meses.

De acuerdo con la bibliografía consultada, el riesgo de colisión de los murciélagos con los aerogeneradores resulta de una combinación de factores que incluyen aspectos biológicos propios de las especies, condiciones climáticas y elementos de infraestructura de los parques eólicos.

Debido a que uno de los factores ambientales asociados con el registro de mortalidad es la operación de las turbinas a velocidades del viento menores a 6 m/s, una de las principales recomendaciones que se hace al PER, es considerar la modificación de la velocidad de arranque de las palas, ya que esta medida ha sido la única que ha demostrado lograr una reducción significativa de la tasa de mortalidad en parques eólicos, además de que no representa una pérdida económica para las empresas, porque a estas velocidades no se genera energía (Arnett *et al.*, 2008, World Bank Group, 2015).

Si se consideran las características biológicas de los murciélagos, las especies que pueden ser más afectadas por los parques eólicos son las especies migratorias y las que vuelan a mayores alturas (31 a 39 m.). Es importante considerar este factor, ya que en la Rumorosa, cuatro de las 10 especies registradas pueden volar a dichas alturas (*Tadarida brasiliensis*, *Nyctinomops femorosaccus*, *Eumops perotis* y *Lasiurus cinereus*).

En este trabajo, el uso de técnicas diagnósticas que no habían sido empleadas en otros estudios, como los rayos X, la necropsia y el estudio histopatológico, resultaron de gran utilidad para poder determinar la causa de muerte de los especímenes de forma más contundente.

Las principales recomendaciones que se hacen al Parque Eólico la Rumorosa son continuar con el monitoreo acústico por lo menos durante un año más, así como con el registro de mortalidad de la quiropteroфаuna, especialmente en los meses de Junio a Agosto, durante los cuales se registró mayor actividad de murciélagos. Adicionalmente, se sugiere llevar a cabo un experimento para determinar la eficiencia de búsqueda de cadáveres y el tiempo de permanencia de estos, con el fin de ajustar el intervalo de búsqueda de cadáveres para obtener información más precisa sobre el impacto del parque eólico sobre la quiropteroфаuna.

En el caso de México, no se tienen reportes de las tasas de mortalidad de los murciélagos dentro de los parques eólicos, a excepción de los hallazgos reportados por Bolívar – Cimé *et al.* (2016) por lo que los resultados del presente trabajo representan los primeros datos disponibles para el norte del país. Debido a esto es importante que se continúe con el monitoreo de la mortalidad y se comparta la información con los institutos de investigación, autoridades y promoventes de nuevos proyectos eólicos de la región.

Finalmente, si se considera que en Baja California se planea la construcción de múltiples proyectos eólicos en la región de la Rumorosa, es fundamental evaluar los impactos acumulativos derivados de todos los proyectos. Esto considerando que la mayoría de las especies de quirópteros presentes en el área tienen un ámbito hogareño amplio que comprende más de un proyecto.

En casos como el de la Rumorosa donde se planea la construcción de múltiples proyectos eólicos en una misma área geográfica, se recomienda que se lleven a cabo estudios de monitoreo en coordinación con todos los promoventes. Esto representa un beneficio económico para los desarrolladores al compartir los costos de la planeación de los estudios a la vez que se emplea una metodología unificada de la toma de datos, lo cual permite estandarizar la evaluación de los impactos en la quiropterofauna.

IX. RECOMENDACIONES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA QUIROPTEROFAUNA EN EL PARQUE EÓLICO LA RUMOROSA

Con base en los resultados obtenidos en este estudio, y con el fin de minimizar los impactos en la quiropterofauna dentro del parque eólico, a continuación se hacen algunas recomendaciones referentes a la infraestructura del parque y el programa de monitoreo de mortalidad.

9.1 Infraestructura

Las siguientes medidas incluyen cambios operativos y de infraestructura, enfocados principalmente en evitar la atracción de los murciélagos al parque eólico o el cambio en las operaciones en épocas críticas:

- 1) Conservar la vegetación nativa en el área como se encuentra en el momento, ya que manteniendo una cobertura vegetal sin estrato arbóreo se minimiza la posibilidad de que los murciélagos encuentren alimento y refugio en el follaje de los árboles.
- 2) Reducir la iluminación al nivel máximo posible o apagar las luces durante periodos de alto riesgo (noches cálidas con poco viento en verano y principios de otoño). Si se utiliza iluminación, de preferencia usar luz pulsante roja o blanca.

- 3) Evitar la construcción y/o formación de cuerpos de agua dentro o en las cercanías del parque eólico, ya que estos atraen a los murciélagos (Guevara-Carrizales, 2008). De ser necesaria la construcción obras hidráulicas, estas se deben cubrir para evitar que los murciélagos hagan uso de ellas.
- 4) Si se construyen nuevas edificaciones se deberá cuidar al máximo que éstas no cuenten con superficies que puedan representar posibles refugios o sitios de percha temporales o permanentes para los murciélagos.
- 5) Reparar o cubrir cualquier grieta en las paredes de los edificios para evitar proveer de nuevos refugios a los murciélagos.
- 6) Considerar cambios estacionales en la velocidad de arranque a 5 m/s, ya que esta medida ha mostrado ser efectiva en la reducción de la mortalidad (Arnett *et al.*, 2010).
- 7) Limitar las operaciones durante noches de poco viento, en particular a finales del verano y otoño o como mínimo realizar cambios periódicos en el ángulo de las palas durante noches de poco viento (menores a 6 m/s) (California Energy Commission, 2007).
- 8) Continuar con el monitoreo de los niveles de sonido, el cual se debe realizar cerca de los nacelles de las turbinas, debido a la generación de sonidos ultrasónicos generados por el equipo electrónico, el cual puede atraer a los murciélagos hacia las turbinas (Szewczak y Arnett, 2006). De ser posible operar las turbinas en modo de “reducción de ruido” (World Bank Group, 2015).
- 9) En caso de contar con turbinas que ya no estén en funcionamiento en un futuro, removerlas, ya que estas pueden representar sitios de colisión (World Bank Group, 2015).

9.2 Monitoreo acústico de la quiropterofauna

Se recomienda continuar con el programa de monitoreo de la quiropterofauna dentro del parque eólico por lo menos por un año más, para completar un período mínimo de dos años, sugerido por California Energy Commission (2007). El objetivo de dicho monitoreo es identificar si existen variaciones anuales en la composición de las especies y su uso del hábitat e interacción con las turbinas dentro del parque eólico.

Para llevar a cabo el monitoreo se sugiere continuar con el uso de detectores acústicos. En el caso de las redes de niebla se considera que su instalación ya no es necesaria, ya que en el presente estudio no resultaron ser un método efectivo, al no obtenerse capturas en sitios donde se registró actividad con los detectores ultrasónicos. Esto puede deberse a las condiciones de viento del área, que permite que los murciélagos detecten las redes y las eviten.

De acuerdo con las especies de murciélagos registradas y sus alturas de vuelo, se sugiere que además de los detectores colocados a 3 metros de altura sobre el suelo, se complemente el monitoreo colocando detectores acústicos a alturas mayores (a una altura mínima de 30 metros sobre el suelo), de ser posible en los nacelles o torres meteorológicas, con el fin de aumentar la probabilidad de detección de las especies que vuelan a alturas mayores de 20 metros como *Tadarida brasiliensis*, *Nyctinomops femorosaccus* y *Eumops perotis* (Arnett *et al.*, 2007; California Energy Commission, 2007; Weller y Baldwin, 2012, Lausen *et al.*, 2008). Esto es de suma importancia, ya que estas últimas tres especies son de las que mayor riesgo presentan de colisionar con las aspas (Arnett *et al.*, 2008).

En esta primera fase de monitoreo se eligieron los sitios de muestreo considerando aquellas áreas de mayor riqueza y actividad potencial de especies de murciélagos, con el objetivo de registrar el mayor número posible de especies y así poder generar un inventario (Rainey *et al.*, 2009). Una vez obtenida esta información, en una segunda fase de monitoreo el objetivo sería tener información de la actividad de los murciélagos en diferentes áreas del parque eólico, por lo que se recomienda agregar otros sitios al estudio.

De acuerdo con las especies registradas en el PER, y lo reportado por la literatura, los esfuerzos de monitoreo deben estar enfocados principalmente en seis especies: *Tadarida brasiliensis*, *Lasiurus cinereus*, *Lasiurus blossevillii*, *Eptesicus fuscus*, *Nyctinomops femorosaccus* y *Eumops perotis*. Las primeras cinco han sido reportadas con mayor frecuencia al morir en los parques eólicos de Norteamérica, debido a sus patrones de vuelo. En el caso de *Eumops perotis*, se considera una especie de especial atención, considerando la mortalidad que se registró de un ejemplar de esta especie en el parque eólico, además de la altura a la que vuela y que sólo se tiene un registro en la península de Baja California (Martínez *et al.*, 2008).

9.3 Recomendaciones para el monitoreo de la mortalidad

9.3.1 Búsqueda de cadáveres

Un aspecto importante para evaluar el impacto directo de los parques eólicos sobre la población de murciélagos, es conocer la mortalidad, para lo cual se requiere localizar los cuerpos de los murciélagos, identificar la especie y determinar la causa de su muerte. Mediante el monitoreo de la mortalidad se pueden determinar tres puntos básicos (California Energy Commission, 2007):

- 1) Si la mortalidad que se calculó en la evaluación previa del proyecto tuvo una precisión razonable.
- 2) Si las medidas para evitar, minimizar y mitigar los impactos fueron las adecuadas o se necesitan acciones correctivas o de compensación.

- 3) Si la mortalidad de murciélagos es baja, media o alta en comparación con otros parques eólicos.

En el presente estudio, la búsqueda de cadáveres tuvo como objetivo obtener una primera estimación del impacto del parque eólico sobre la quiropteroфаuna, y determinar la factibilidad de la aplicación de las metodologías propuestas para realizar los transectos durante la búsqueda de cadáveres y para definir el área de búsqueda, propuestas por Morrison *et al.* (2009) y California Energy Commission (2007), respectivamente. De esta forma fue posible registrar la mortalidad de dos especímenes, sin embargo, la búsqueda de cadáveres sólo se pudo llevar a cabo una vez por mes, mientras que se recomiendan intervalos mínimos de búsqueda de 15 días (California Energy Commission, 2007). Otro aspecto que se debe tomar en cuenta para tener una estimación más precisa de la mortalidad dentro de un parque eólico, es la eficiencia del personal que realiza la búsqueda de cadáveres.

Con base en los puntos mencionados anteriormente, se recomienda continuar con la búsqueda de cadáveres realizando simultáneamente las siguientes actividades:

1. Estimar el patrón estacional de permanencia de los cadáveres dentro del parque eólico.
2. Medir la eficiencia de búsqueda de cadáveres.
3. Con base en la información de los puntos 1) y 2) determinar si es necesario ajustar el área de búsqueda y el intervalo de búsqueda de cadáveres. Para esto, se puede hacer uso del programa Evidence of absence software™ (Dalthorp *et al.*, 2014).
4. Considerar el uso de perros para realizar la búsqueda de cadáveres, ya que esto puede mejorar significativamente la eficiencia de búsqueda (Arnett, 2006).

A continuación se describe con mayor detalle cada una de las actividades.

9.3.2 Estimación del patrón estacional de permanencia de cadáveres.

Como se mencionó anteriormente, el intervalo de búsqueda de cadáveres debe ajustarse de acuerdo con el tiempo de permanencia de estos en el área de estudio (Alcalde, 2003). Debido a que la remoción de cadáveres por animales carroñeros es muy variable entre sitios (dependiendo de la cobertura vegetal, el terreno y la temporada), los experimentos de remoción se deben llevar a cabo en cada parque eólico durante cada año de monitoreo (Ontario Ministry of Natural Resources, 2011).

Con este objetivo, se recomienda que en el Parque Eólico la Rumorosa se lleve a cabo un experimento de remoción de cadáveres, el cual consiste en colocar carcasas de murciélagos alrededor de las turbinas y monitorearlos cada 3 a 4 días, para esto se sugiere el uso de cámaras Bushnell™ modelo Trophy CAM HD. Este experimento se debe realizar a la par de la búsqueda de cadáveres, cubriendo las cuatro estaciones del año, de acuerdo con las recomendaciones de Ontario Ministry of Natural Resources, 2011.

Los cadáveres deben colocarse en sitios seleccionados al azar ubicados dentro del área de búsqueda de cadáveres alrededor de las turbinas (California Energy Commission, 2007). Para la selección de los sitios, se propone elaborar un mapa en Arc Map™, donde se marcará el área de búsqueda de cadáveres alrededor de cada una de las turbinas del PER. Sobre esta área se dibujará una cuadrícula con celdas de 1 m. X 1 m., las cuales serán numeradas, posteriormente mediante la generación de números aleatorios, se seleccionará la celda correspondiente donde se colocará el cadáver para el experimento. La ubicación de los cadáveres dentro de la celda se elegirá de tal forma que los cadáveres queden distribuidos dentro de un rango de distintos sustratos/hábitats y grados de visibilidad alrededor de las turbinas donde se realiza la búsqueda de cadáveres, de acuerdo con lo sugerido por Ontario Ministry of Natural Resources (2011.)

Para cada experimento se recomienda emplear cadáveres lo más frescos posibles y de diferentes tamaños, correspondientes a las especies que pueden estar presentes en el sitio del proyecto (California Energy Commission, 2007). Los cuerpos deben ser colocados en los sitios seleccionados antes de que oscurezca, usando guantes y botas para evitar impregnar olores (Ontario Ministry of Natural Resources, 2011). Los experimentos durarán hasta que los cadáveres sean removidos o se hayan descompuesto completamente (aproximadamente 2 semanas). Para evitar confusión con la mortalidad asociada con las turbinas, se recomienda colocar una marca discreta sobre los cadáveres del experimento (por ejemplo una perforación en la oreja, ala o piel) con una identificación única que los identifique como cadáveres experimentales. En caso de no tener disponibilidad de carcasas de murciélagos, se pueden emplear para el experimento mamíferos pequeños de color café, como ratones (Ontario Ministry of Natural Resources, 2011).

9.3.4 Medir la eficiencia de búsqueda de cadáveres.

Con el fin de hacer una estimación más precisa de la mortalidad de los murciélagos, es necesario ajustarla incluyendo la eficiencia de búsqueda de cadáveres. Para esto, se requiere llevar a cabo una prueba de eficiencia de búsqueda en la cual se colocan cadáveres alrededor de cada turbina. Los buscadores examinan el área alrededor de las turbinas y el número de cadáveres que encuentran es comparado con el número de cadáveres que se colocó.

Debido a que la eficiencia de búsqueda puede variar considerablemente entre cada buscador, y entre diferentes sitios, las pruebas se deben llevar a cabo como parte del monitoreo post operación en cada parque eólico.

A continuación se mencionan las recomendaciones de Ontario Ministry of Natural Resources (2011) para llevar a cabo las pruebas de eficiencia en la búsqueda de cadáveres:

- La prueba se debe llevar a cabo por lo menos una vez por estación del año al mismo tiempo que se realiza el monitoreo de la mortalidad.
- Un examinador debe controlar las pruebas y coleccionar los cadáveres marcados al final de la prueba para determinar el número de cadáveres restantes o si algún cadáver fue consumido o removido por un animal carroñero.
- Las pruebas de eficiencia se deben aplicar a cada uno de las personas o equipos involucrados en la búsqueda de cadáveres y no deben ser notificados cuando están siendo evaluados.
- Se debe emplear un mínimo de 10 cadáveres por temporada por buscador en todos los niveles de visibilidad dados por la densidad de la vegetación.
- Los cadáveres para la prueba deben ser usados solamente para un período de búsqueda.
- Los cadáveres deben ser colocados al azar dentro del área de búsqueda, registrando su ubicación, para que puedan ser retirados en caso de que no sean encontrados durante la prueba.
- Los cadáveres para la prueba deben identificarse con una marca discreta (en la oreja, ala o piel) de modo que puedan ser distinguidos por el buscador.
- En caso de no tener cadáveres de murciélagos disponibles, se pueden utilizar cadáveres de ratones.
- Si se emplean cadáveres congelados, estos deben descongelarse antes de la prueba.

9.4 Recomendaciones para el reporte de mortalidad

Como parte del monitoreo de la mortalidad, es importante que los técnicos a cargo de la búsqueda de cadáveres registren para cada hallazgo la información respectiva, incluyendo el número de colecta y sitio (coordenadas), fecha, hora, especie, sexo, edad, tiempo aproximado desde la muerte, y condición del cadáver, descripción de lesiones si las presenta, distancia al aerogenerador, número de aerogenerador más cercano, descripción de estructuras cercanas y persona que colectó el cadáver.

Adicionalmente, para tener un estudio más completo, se deben incluir en el registro los cadáveres encontrados por el personal del parque eólico, para lo cual se sugiere llevar a cabo una capacitación en la que se muestre el formato de registro, donde se deberá incluir la información básica como el lugar de colecta, estado del cadáver, ubicación relativa al aerogenerador, condiciones climáticas del sitio de colecta, fotografía del cadáver en el sitio en donde se encontró y se informe sobre las instancias que se deben contactar para reportar los hallazgos de mortalidad.

X. LITERATURA CITADA

- Aguirre, L. F. (2007). Historia Natural, distribución y conservación de los murciélagos de Bolivia. Santa Cruz: Editorial: Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patino. Santa Cruz, Bolivia.
- Alcalde J.T. (2003). Impacto de los Parques Eólicos sobre las poblaciones de murciélagos (Informe Núm. 3). Madrid: Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Murciélagos.
- Álvarez – Castañeda, Ticul, S., Patton, J.L. (1999). Mamíferos del Noroeste de México. La Paz: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste,S.C.
- Anderson, R., Morrison M., Sinclair K. (1999). Studying wind energy/bird interactions: a guidance document metrics and methods for determining or monitoring potential impacts on birds at existing and proposed wind energy sites. Washington D.C: National Wind Coordinating Committee.
- Arnett, E.B, Kent, B, Wallace P.E., J.K. Fiedler, B.L. Hamilton, Travis H.H., Tennessee Aaftab, J.,Gregory D.J., Kerns J., Koford,. Nicholson, C.P., O’Connell, T.J., PIORKOWSKI, M.D.,Tankersley, R.D. (2008). Patterns of Bat Fatalities at Wind Energy Facilities in North America. Journal of Wildlife Management, 72(1), 61–78. doi: 10.2193/2007-221
- Arnett, E.B., M. Schirmacher, M. M. P. Huso, y J. P. Hayes (2009). Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. (An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative). Texas: Bat Conservation International.
- Arnett, E.B., M.M.P. Huso, D.S. Reynolds, y M. Schirmacher (2007). Patterns of pre- construction bat activity at a proposed wind facility in northwest Massachusetts. (An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative). Texas: Bat Conservation International.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores) (2000). Regiones terrestres prioritarias de México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.
- Atienza, J.C., I. Martín Fierro, O. Infante, J. Valls y J. Domínguez (2011). Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0) . SEO/BirdLife, Madrid: SEO/BirdLife.
- Baerwald, E., Genevieve H. D'Amours, B., Klug, J. & Barclay R. (2008). Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. Department of Ecology and Evolutionary Biology, Biological Sciences West, The University of Arizona, Tucson. Current Dürr, T. (2003). Windenergieanlagen und Fledermausschutz in Brandenburg - Erfahrungen aus Brandenburg mit Einblick in die

- bundesweite Fundkartei von Windkraftopfern. En: Kommen die Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder, Dresden (17.-18).
- Baerwald, E.F., Genevieve H. D'Amours, Brandon J. Klug y Robert M.R. Barclay. (2008). Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotorsize and tower height. *Canadian Journal of Zoology*, 85, 381–387.
- California Energy Commission (CEC) & California Department of Fish and Game. 2007. *California Guidelines for Reducing Impacts to Birds and Bats from Wind Energy Development, 2007*. . California Energy Commission & California Department of Fish and Game. CEC-07-2007-008-CMF. Recuperado de <http://www.energy.ca.gov/windguidelines/>
- CONABIO (2015). Climas. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/layouts/clima1mgw.png>.
- Cosson, J. F., J. M. Pons y D. Masson. 1999. Effects of forest fragmentation on frugivorous and nectarivorous bats in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 15:515-534.
- Couoh-de la Garza. (2005). Estado de conservación de la quiróptero fauna en el matorral Rosetofilo Costero de Baja California, México. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Baja California, México.
- Cryan P.M. y Barclay R.M. (2009). Causes of bat fatalities at wind turbines: hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy*, 90(6), pp.1330–1340.
- Dürr, T. (2003). Windenergieanlagen und Fledermausschutz in Brandenburg - Erfahrungen aus Brandenburg mit Einblick in die bundesweite Fundkartei von Windkraftopfern. En: Kommen die Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder, Dresden (17.-18).
- Estrada, A., R. Coates-Estrada y Jr. D. Meritt. 1993. Bat species richness and abundance in tropical rain forest fragments and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography* 16:309-318.
- Everaert, J., Devos, K. y Kuijken, E. (2002). *Windturbines en Vogels in Vlaanderen*. Instituut voor Natuurbehoud, Brussels.
- Flores Rojas, G.E. (2006). Composición de la quiroptero fauna de Sierra San Pedro Mártir y Sierra Juárez, Baja California, México. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California.
- Frick. W.F. Influences of island characteristics on community structure and species incidence of desert bats in a near- shore archipiélago, Baja California, México.

- Guevara C.A, Rodríguez H.A. (2015). Monitoreo de murciélagos proyecto parque eólico Rumocannon primera fase. Informe final.
- Guevara Carrizales, A.A. (2008). Propuesta de sitios prioritarios para la conservación de la Quiroptero fauna en el Área de Protección de Flora y Fauna del Valle de los Cirios, Baja California. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada.
- Guevara, C.A., Martínez G.R. (en preparación). Parques eólicos y murciélagos: Una experiencia en Baja California, México. Universidad Autónoma de Baja California. 1 - 9
- Hall, R. 1981. The mammals of North America. Vol 1. New York: Wiley-Interscience Publication.
- Hayes, J. P., “Temporal Variation in Activity of Bats and the Design of Echolocation-Monitoring Studies,” *Journal of Mammalogy*, Volume 78, 1997, pp. 514–524.
- Higgins, K.F, Osborn R.G., Naugle D.E. (2000). Efectos de las turbinas sobre las aves y los murciélagos en el suroeste de Minnesota (Estados Unidos). En: Lucas M, Janss G, Ferrer M (Ed.), *Aves y parques eólicos, valoración del riesgo y atenuantes* (pp. 163 – 186). Madrid:
- Horn, J.W., Arnett, E.B., Kunz T.H. (2006). Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *Journal of Wildlife Management*, 72(1),123–132. doi: 10.2193/2006-465
- Hötker, H., K. Thomsen, H. Jeromin (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy resources: the example of birds and bats – facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. *Berghusen: Michael-Otto-Institut im NABU. Michael-Otto-Institut im NABU, Berghusen*. 65 pp.
- Huey L.M. (1964). The mammals of Baja California, Mexico. Transaction. San Diego: San Diego Society of Natural History.
- Hutson, A. Mickleburgh S. and Racey P. (Eds.). (2001). *Microchiroptera Bats*. IUCN Publication. Cambridge: IUCN Publication.
- Isselbacher, K. e Isselbacher, T. (2001). Vogel- schutz und Windenergie in Rheinland- Pfalz. En *Naturschutz und Landschafts- pflege*, (1-183). Oppenheim.
- IUCN. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. (2014). *Red List of Threatened Species*, version 2015.4. Recuperado de <http://www.iucnredlist.org/>
- Johnson, G. D., “A Review of Bat Impacts at Wind Farms in the U.S.,” *Proceedings of Wind Energy and Birds/Bats Workshop: Understanding and Resolving Bird and Bat Impacts*, Washington, DC, May

17–19, 2004, prepared by RESOLVE, Inc., Washington, D.C., September 2004. Recuperado de www.awea.org/pubs/documents/WEBBProceedings9.14.04%5BFinal%5D.pdf.

Johnson, G. D., “A Review of Bat Mortality at Wind-Energy Developments in the United States,” *Bat Research News*, Volume 46, Issue 2, 2005, pp. 45–49.

Johnson, G. D., Erickson, W. P., Strickland, D. M., Shepherd, M. F., Shepherd, D. A. y Sarappo, S. A. (2003). Mortality of Bats at a Large-scale Wind Power Development at Buffalo Ridge, Minnesota. *Am. Midl. Nat.* 150, 332

Johnson, G.D., Young, D.P., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Good, R.E., Becker, P. (2000). Avian and bat mortality associated with the initial phase of the Foote Creek Rim Windpower Project, Carbon County, Wyoming: November 3, 1998 – October 31, 1999. (Technical Report). Wyoming: West, Inc.

Keeley, B., Ugoretz, S., Strickland, D. (2001). Bat ecology and wind turbine considerations. En Schwartz, S.S. (Ed.), *Proceedings of the National Avian Wind Power Planning Meeting IV*, Carmel (135 – 141). Washington: Resolve.

Kelly, T. A. (2000). Radar, Remote Sensing and Risk Management. En *Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting III* (Ed.) (152-161). California: LGL Ltd.

Kunz T.H., Arnett E.B., Erickson W.P., Hoar A.R., Johnson G.D., Larkin R.P., Strickland M.D., Thresher R.W. y Tuttle M.D. (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Front Ecol Environ*, 5 (6), pp. 315 – 324.

Kunz T.H., Parsons S. (2007). *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. London: The Wildlife Society.

Lausen, C., Baerwald E., Gruver J., Barcklay R. (2008). Bats and Wind Turbines. Pre-siting and pre-construction survey protocols. En Vonhof M. (Ed.), *Handbook of Inventory Methods and Standard Protocols for Surveying Bats in Alberta* (Appendix 5 pp.1 – 13). Alberta: Alberta Sustainable Resource Development, Fish and Wildlife Division.

Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. *Diario Oficial de la Federación* (2012). 04/06/12. Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Martínez G.R., Guevara C.A., Escobar F.J. (En revisión). *Mamíferos de Sierra de Juárez, Baja California, México*. Grupo de Manejo de Vida Silvestre. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California.

- Martínez G.R., Guevara C.A. (2008). Evaluación de la comunidad de murciélagos en dos predios de La Rumorosa, Baja California. Reporte final. Grupo de Manejo de Vida Silvestre. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California.
- Martínez G.R., Guevara C.A. (2009). Proyecto: Estudio de la Comunidad de Murciélagos del Parque Eólico La Rumorosa, B.C. Grupo de Manejo de Vida Silvestre. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California.
- Medellín, R., M. Equihua y M. Amin. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical rainforests. *Conservation Biology* 14:1666-1675.
- Meyer, C. F. J. y E. K. V. Kalko. 2008a. Assemblage-level responses of phyllostomid bats to tropical forest fragmentation: landbridge islands as a model system. *Journal of Biogeography* 35:1711-1726.
- Moreno-Valdez A. (1997). Murciélagos de Nuevo León. Monterrey: Impresora Monterrey. Nuevo León. México.
- Morrison M.L., Sinclair K.C., Thelander C.L. (2009) Protocolo de muestreo para estudiar la influencia de los parques eólicos sobre aves y otros animales. En: Lucas M, Janss G. F., Ferrer M. (Eed.), Aves y parques eólicos, valoración del riesgo y atenuantes (pp. 105 – 121). Madrid: Editorial Quercus.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación (2010).
- Osborn, R.G., Higgins, K.F., Dieter, C.D., Usgard, R.E. (1996). Bat collisions with wind turbines in southwestern Minnesota. *Bat Research News*, 37, 105 – 108.
- Pierson E. 1998. Tall trees, deep holes and scarred landscapes: Conservation biology of north America bats. En *Bats Biology and conservation*. Kunz T. y Racey P. (Eds). Smithsonian Institution Press. USA.
- Racey, P. A., yand A. C. Entwistle.(2000),. “Life History and Reproductive Strategies of Bats,En” in E. G. Crighton and P. H. Krutzsch (Eeds.), *Reproductive Biology of Bats* (363 – 414). New York: , Academic Press., New York, 2000, pp. 363–414.
- Schnitzler, H.U. y E.K.V. Kalko (2001). Echolocation by insect- eating bats. *Bioscience* 51 (7): 557 – 569.
- José Ramírez-Pulido, Noé González-Ruiz, Alfred L. Gardner, and Joaquín Arroyo-Cabrales (2014). *List of Recent Land Mammals of Mexico*. Texas, 2014.

- Ruiz C., J. A., G. Diaz P., S. D. Guzmán R., G. Medina G., y M. M. Silva S. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Baja California (Período 1961-2003). Libro Técnico Núm. 1. INIFAP-CIRNO. Cd. Obregón, Sonora, México. 165 p.
- Schnitzler H. Moss C. y Denzinger A. 2003. From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats. *Trends in Ecology and Evolution*. Vol. 18. (8) 386-394.
- Semarnat. (2013). Trámites. Recuperado de <http://tramites.semarnat.gob.mx/>.
- Spanjer, G. R. (2006). Responses of the big brown bat, *Eptesicus fuscus*, to a proposed acoustic deterrent device in a lab setting. A report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative and the Maryland Department of Natural Resources. Austin: Bat Conservation International.
- Strickland D, Erickson W, Young D, Johnson G (2003). Selección de estudio para evaluar el efecto de la energía eólica sobre las aves. En: Lucas M, Janss G, Ferrer M (ed) *Aves y parques eólicos, valoración del riesgo y atenuantes*. Editorial Quercus. España. 123 pp.
- Szewczak, J.M., Arnett E.B. (2006). Ultrasound emissions from wind turbines as a potential attractant to bats: a preliminary investigation.
- Tuttle M. y Moreno-Valdez A. (2005). Murciélagos cavernícolas del norte de México, su importancia y problemas de conservación. Austin: Bat Conservation International. Austin, Texas. USA
- US FISH AND WILDLIFE SERVICE. (2003). Interim guidelines to avoid and minimize wildlife impacts from wind turbines. Washington: United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service.
- USAID, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. 2009. Elementos para la Promoción de la Energía Eólica en México, 2009. Washington, DC: U.S. Recuperado de <http://www.amdee.org/Recursos/sectorial>
- Villa R. B. (1976). Los Murciélagos de México. Ciudad de México: Universidad Autónoma de México, Instituto de Biología.
- Weller, T.J., Baldwin, J.A. (2012). Using Echolocation Monitoring to Model Bat Occupancy and Inform Mitigations at Wind Energy Facilities. *The Journal of Wildlife Management*, 76(3), 619–631.; doi: 10.1002/jwmg.260
- Willig, M. R., S. Presley, C. Bloch y C. Hice. 2007. Phyllostomid bats of lowland Amazonia: effects of habitat alteration on abundance. *Biotropica* 39:737-746.
- World Bank Group (2015). Environmental, health, and safety guidelines wind energy.

XI. ANEXOS

ANEXO I. Guía de buenas prácticas para la evaluación y mitigación del impacto de los parques eólicos sobre la quiropteroфаuna de Baja California

Los esfuerzos para minimizar los conflictos entre la fauna y los parques eólicos se enfocan principalmente en dos áreas: evitar el riesgo y mitigar los impactos (Weller y Baldwin, 2012). Para lograr esto, las recomendaciones se basan principalmente en la selección del sitio para la construcción de un parque eólico, el manejo del hábitat dentro del parque eólico, la configuración de las turbinas, las condiciones de operación del parque y otras medidas específicas para cada área (Hötker *et al.*, 2006).

En el caso del estado de Baja California, es de suma importancia que se considere el uso de criterios más específicos enfocados en la evaluación y mitigación de los impactos en la quiropteroфаuna. Además de tomar en cuenta el impacto acumulativo derivado de la construcción de múltiples proyectos en el área de la Rumorosa.

Es importante mencionar que cada área propuesta para proyectos eólicos es única, por lo que las recomendaciones para su evaluación no pueden ser idénticas en todos los casos (NWCC, 2007), sin embargo, se sugiere considerar algunos aspectos generales que a continuación se mencionan.

Las recomendaciones de esta guía se presentan en relación con tres etapas de los proyectos eólicos: etapa pre – operativa, operativa y de abandono. En la figura 27 se presenta de forma resumida el protocolo que se propone seguir para la evaluación y mitigación de los impactos de los parques eólicos en la quiropteroфаuna.

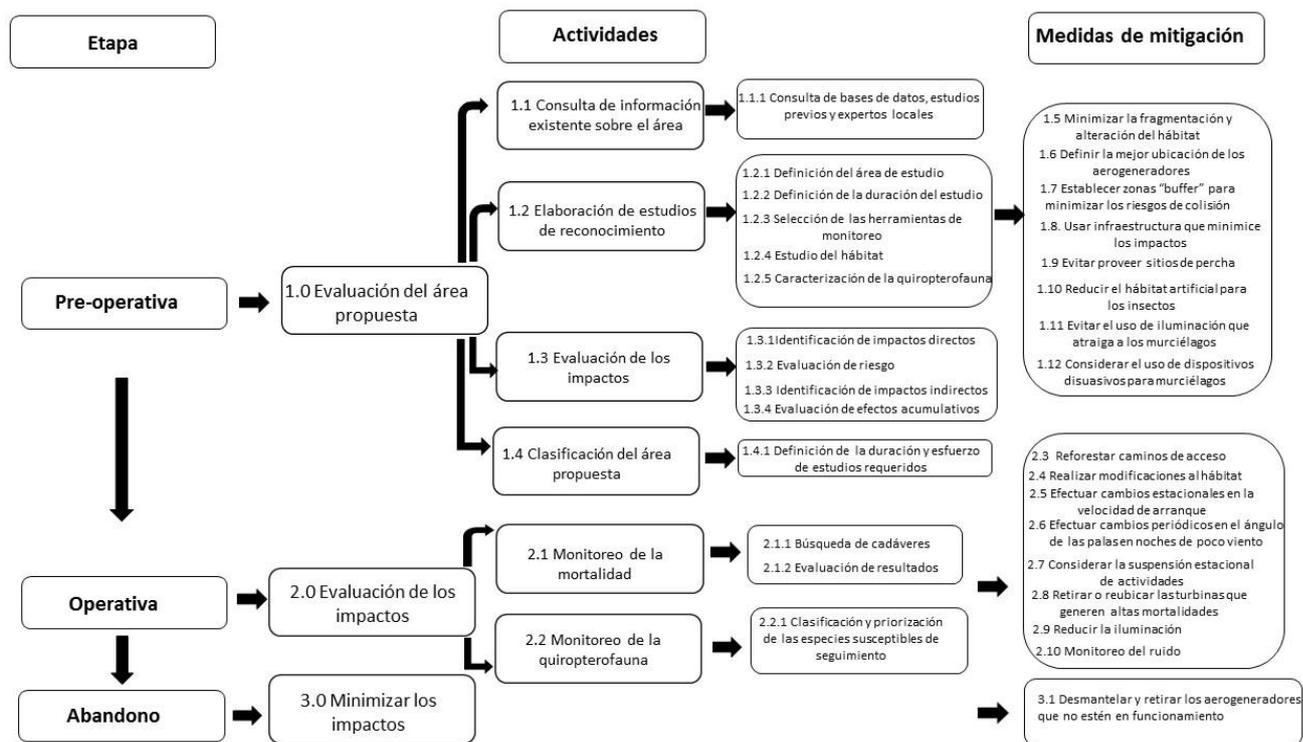


Figura 27. Protocolo para la evaluación y mitigación del impacto de los parques eólicos en la quiropterofauna

Recomendaciones pre – operativas

La selección del sitio adecuado para la instalación de un parque eólico es el método más importante para reducir los efectos negativos sobre los murciélagos (Hötker *et al.*, 2006). De acuerdo con Anderson (1999), para la construcción de un parque eólico se deben considerar varias áreas probables, evaluarlas y hacer una comparación entre éstas. Para la evaluación de cada área, se recomienda llevar a cabo las siguientes actividades:

1.0 Evaluación del área propuesta

1.1 Consulta de la información existente sobre el área

El escaneo del área propuesta es el primer paso para evaluar los recursos naturales presentes y los impactos potenciales asociados y así poder planificar los estudios requeridos. Este escaneo requiere de trabajo campo y documental para poder recopilar información sobre el área. Para esto se deben considerar las fuentes que se mencionan a continuación.

1.1.1 Consulta de expertos locales, información bibliográfica y bases de datos

Experiencia local: la consulta a expertos locales familiarizados con el sitio puede ahorrar tiempo y proveer información valiosa. Los expertos locales pueden identificar las especies en riesgo u otros elementos biológicos que se deben considerar. También pueden tener relación con otras personas que pueden proporcionar información biológica o legal. Se puede considerar a los biólogos que trabajen en la zona, profesores en las universidades, como la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) o Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), representantes de organizaciones de conservación de fauna, observadores de aves, entre otros (Anderson, 1999; California Energy Commission, 2007; Morrison et al., 2009; NWCC, 2007).

Información bibliográfica: consultar estudios elaborados previamente para el área o investigaciones de otros parques eólicos. Es esencial visitar estos parques eólicos para determinar si las condiciones biológicas en el sitio propuesto son similares a las de los proyectos existentes (Anderson, 1999; California Energy Commission, 2007; Morrison *et al.*, 2009). En el caso de la Rumorosa, Baja California, se cuenta con los estudios previos a la construcción de los parques eólicos La Rumorosa y Energía Sierra Juárez.

Bases de datos: información sobre la distribución y hábitat de especies raras y amenazadas, así como información sobre especies susceptibles de colisionar y áreas que son usadas por gran cantidad de especies (Anderson, 1999; California Energy Commission, 2007; Morrison et al., 2009; NWCC, 2007). Para consultar los registros de las especies de quirópteros de Baja California se recomienda consultar la Colección de Vertebrados de la Universidad Autónoma de Baja California y revisar el estatus de éstas en la Norma Oficial Mexicana NOM_059_SEMARNAT_2010 y en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2015).

1.2. Elaboración de estudios de reconocimiento

Después de recabar la información existente del área propuesta, se sugiere llevar a cabo estudios para evaluar los recursos biológicos presentes, determinar los posibles impactos derivados y en la medida de lo posible evitar las áreas con un alto uso por la fauna silvestre (California Energy Commission, 2007; Weller y Baldwin, 2012).

Para el diseño y ejecución de los estudios de reconocimiento se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Tiempo disponible para llevar a cabo los estudios: con base en esto se determina cómo se conducen los estudios y la cantidad de datos que se colectan. Se recomienda realizar los estudios durante el

tiempo necesario para predecir la ocurrencia de especies a lo largo del año (Anderson, 1999; California Energy Commission, 2007; NWCC, 2007)

Presupuesto: siempre se debe considerar en estudios potencialmente costosos. El presupuesto no debe determinar las preguntas a contestar, pero influye en cómo se van a responder, pudiendo cambiar el grado de confiabilidad de los resultados. Dependiendo del presupuesto disponible se pueden hacer ajustes en el tamaño de la muestra y (Anderson, 1999).

Magnitud del proyecto: la magnitud del proyecto puede determinar el grado de preocupación de los impactos y la precisión requerida en los estudios previos (Anderson, 1999).

1.2.1 Definición del área de estudio

Se sugiere evaluar toda el área del parque eólico y una zona buffer alrededor de 1 a 2 kilómetros (NWCC, 2007). En caso de contar con áreas poco accesibles se debe evaluar al menos las áreas usadas por las especies en riesgo o por las poblaciones potencialmente afectadas (Anderson, 1999).

1.2.2 Definición de la duración del estudio

Lausen *et al.* (2008) sugieren que los estudios pre – construcción se lleven a cabo durante dos años, debido a que pueden existir diferencias significativas en la actividad de los murciélagos de un año a otro. Otros autores coinciden en que una duración de un año es un periodo ideal (Kunz, 2005; California Energy Commission, 2007; NWCC, 2007).

Kunz (2005) recomienda que en los estudios se realicen durante las cuatro estaciones del año, incluyendo las épocas migratorias y los meses en los que están presentes los murciélagos residentes, ya que existen estudios que indican que en estos meses también son susceptibles a morir en los parques eólicos (Kunz, 2005). En el caso del noroeste México, se cuenta con especies migratorias durante el verano y el otoño.

Otra razón para que los estudios duren por lo menos un año es que para algunos sitios se conoce poco sobre los tiempos de la actividad migratoria de los murciélagos y algunos de ellos pueden tener actividad durante todo año (California Energy Commission, 2007; NWCC, 2007).

Finalmente, los estudios de un año son importantes si el sitio puede albergar poblaciones de murciélagos residentes e incluye atributos relacionados con la actividad de los murciélagos, por ejemplo cuevas o cuerpos de agua (California Energy Commission, 2007).

Cuando no es posible realizar el monitoreo por un año completo, se debe llevar a cabo un monitoreo acústico que incluya por lo menos la época migratoria en la cual existe mayor riesgo para los murciélagos (California Energy Commission, 2007; Lausen et al., 2008).

1.2.3. Selección de las herramientas de monitoreo

El método más comúnmente recomendado es el monitoreo acústico o ultrasónico (Sternen, 2009; California Energy Commission, 2007). Sin embargo, existen diversas herramientas para monitorear a los murciélagos, como las redes de niebla, los radares horizontales y verticales, el radar Doppler NEXRAD [WSR-88D], la imagen térmica infrarroja y la radiotelemetría.

Kunz *et al.* (2007) recomiendan que en los estudios pre y post – construcción se empleen simultáneamente los métodos ya mencionados para conocer mejor la actividad de los murciélagos, la migración, patrones de dispersión nocturnos, y las interacciones con las palas en movimiento a diferentes velocidades.

Monitoreo acústico

Los detectores acústicos son los que se usan con mayor frecuencia debido a su costo relativamente bajo y a la posibilidad de utilizarlos a largo plazo (Weller y Baldwin, 2012).

El monitoreo acústico es útil para determinar la abundancia relativa, los patrones de actividad de especies residentes y migratorias y la identificación de especies o grupos de especies (Lausen *et al.*, 2006; California Energy Commission, 2007).

Este método, usado de forma adecuada, puede proveer información confiable de la mortalidad esperada en un parque eólico (Kunz et al. 2007a; Weller y Baldwin, 2012), lo cual es importante para implementar medidas de mitigación (por ejemplo, cambios en las operaciones de las turbinas) y para evitar sitios de alto riesgo para los murciélagos (Weller y Baldwin, 2012).

Se recomienda realizar el monitoreo acústico para todos los sitios propuestos, a menos de que exista información detallada de que el proyecto no representa un riesgo para los murciélagos. La duración recomendada para el monitoreo es de mínimo un año (California Energy Commission, 2007).

Un factor a considerar es la densidad y la altura a la que se colocan los detectores acústicos, debido a que el uso del hábitat por los murciélagos varía verticalmente de una especie a otra, particularmente en los bosques (Arnett, 2006). Por ejemplo, la muerte de las especies que producen sonidos de baja frecuencia (con alturas de vuelo mayores), puede estar subestimada cuando los detectores acústicos se colocan a nivel del suelo (Arnett et al., 2007; Weller y Baldwin, 2012).

En el estudio realizado por Weller y Baldwin (2012) en un parque eólico de 40 MW en el sureste de California, se logró una probabilidad de detección del 95% para los murciélagos de baja frecuencia con el uso de 4 a 14 detectores a una elevación de 52 metros.

Lausen et al. (2008) recomiendan que todas las torres meteorológicas se usen como estaciones de muestreo con un detector a nivel del suelo (1 a 2 metros sobre el suelo) y otro detector (o micrófono) cerca de la punta de la torre (por lo menos 30 metros arriba del suelo). En Baja California se cuenta con especies que vuelan a alturas mayores de 20 metros, por lo que es conveniente considerar el uso de detectores acústicos en las torres meteorológicas.

Por otra parte, al realizar el monitoreo acústico pre y post – construcción se deben incluir los siguientes datos: fecha, hora, pases de murciélagos, pases totales, temperatura promedio por hora, velocidad del viento promedio por hora y precipitación por hora (Lausen *et al.*, 2008). También se debe incluir información asociada a la colocación del detector, incluyendo la altura, orientación del micrófono, ubicación relativa dentro del área y una descripción breve del hábitat del área inmediata (Lausen *et al.*, 2008).

Aunque el monitoreo acústico es una de las herramientas más recomendadas, se debe tener cuidado al evaluar el uso de un área por los murciélagos basándose sólo en los datos de este tipo de monitoreo debido a que existen dudas de cómo los murciélagos usan la ecolocación durante la migración, en comparación de cuando forrajean o vuelan entre obstáculos. Además, este método no mide el número de individuos o la densidad de población, por lo que se puede complementar con otras herramientas como las redes de niebla (California Energy Commission, 2007; Arnett *et al.*, 2007).

Número y distribución de las estaciones de monitoreo

Se recomienda colocar dos sistemas de detección de murciélagos en posiciones altas y bajas en cada torre meteorológica del sitio propuesto. Elevar los detectores de nivel de suelo a 1.5 metros sobre el nivel del suelo para evitar la interferencia con la vegetación. Colocar los detectores elevados lo más alto posible sin que interfieran con el equipo de monitoreo climático (California Energy Commission, 2007).

Colecta y análisis de datos

El protocolo estándar para la grabación de llamados acústicos incluye la operación de los detectores acústicos del atardecer al amanecer. Con este tipo de monitoreo se tiene la ventaja de registrar la actividad de los murciélagos durante una noche completa. Sin embargo, con los equipos más actualizados, es posible realizar grabaciones cada cierto tiempo, por ejemplo, diez minutos cada hora para disminuir el consumo de baterías de los detectores (Frick, 2013).

Para el monitoreo acústico se recomienda consultar a un biólogo experto en murciélagos con experiencia en el análisis acústico antes de determinar el esfuerzo necesario para coleccionar y analizar los datos acústicos (California Energy Commission, 2007).

Parámetros a considerar en el monitoreo acústico

La Comisión de Energía de California (2007) recomienda registrar el número total de pases y el promedio por detector por noche y por detector por hora (excluyendo las noches con precipitación medible). Lausen *et al.* (2008) proporcionan mayores detalles sobre los tipos de detectores acústicos y los protocolos de monitoreo recomendados.

Redes de niebla

Las redes de niebla y el monitoreo acústico son técnicas complementarias que si se usan conjuntamente son un método efectivo para reconocer las especies presentes en un sitio (California Energy Commission, 2007; Lausen *et al.*, 2008).

Los biólogos expertos en murciélagos indican que usado como método único, las redes de niebla no son efectivas para evaluar el riesgo potencial de un parque eólico sobre los murciélagos (Kunz *et al.*, en preparación). Lausen *et al.* (2008) coinciden con esto y explican que muchos murciélagos vuelan por encima de la altura de las redes cuya base se coloca al nivel del piso, por lo cual no pueden ser registrados por este método.

Otra limitante, es que las redes se deben colocar en noches sin viento o poco viento (lo cual es raro en los sitios con potencial eólico) porque los murciélagos detectan y evitan las redes que están en movimiento (California Energy Commission, 2007).

A pesar de las desventajas mencionadas, las redes pueden ser útiles para registrar especies que son difíciles de identificar o detectar acústicamente y también para reunir información adicional como la edad, sexo y etapa reproductiva de las poblaciones locales. Este tipo de información es relevante en los estudios previos si el objetivo es evaluar los impactos potenciales del proyecto en una población local de murciélagos (California Energy Commission, 2007).

Cuando las redes de niebla se usan para complementar el monitoreo acústico, los esfuerzos de captura se deben concentrar en los sitios potenciales de vuelo, alimento, bebida o refugio (California Energy Commission, 2007).

Conteo de salidas/ Búsqueda de refugios

Dentro de los estudios previos se debe incluir una evaluación para determinar si existen murciélagos que se refugian en minas, cuevas, puentes, edificios o si existen otros sitios que provean refugio cerca

del sitio propuesto para el proyecto. Si se detectan refugios activos, el conteo de salidas y la búsqueda de los refugios pueden proveer información adicional del tamaño, composición de las especies y patrones de actividad de los murciélagos en el área. Mediante la búsqueda de refugios también se pueden documentar especies que son difíciles de detectar acústicamente o capturar con redes de niebla (California Energy Commission, 2007).

Radares, imágenes infrarrojas

Durante los picos de la época migratoria de los murciélagos, de Agosto a Octubre, se puede potencializar el monitoreo acústico usando radares o cámaras infrarrojas o térmicas (California Energy Commission, 2007).

Lausen *et al.* (2008) mencionan que los radares son una alternativa al monitoreo acústico, aunque los primeros son más caros y no muy recomendados. Este método se puede usar para visualizar a los murciélagos en un volumen grande en un radio de varios kilómetros, aunque no se puede distinguir a los murciélagos de las aves.

Para mayor información sobre las técnicas recomendadas para el estudio de los murciélagos, se puede consultar una matriz desarrollada por “Western Bat Working Group”, disponible en www.wbwg.org/survey_matrix.htm.

1.2.4 Estudio del hábitat

Área de estudio: Para el estudio del hábitat es importante considerar cubrir todos los tipos de hábitat en el área inmediata adyacente al área propuesta (Anderson, 1999; California Energy Commission, 2007; NWCC, 2007).

Variables a considerar: Se recomienda llevar a cabo una evaluación general del sitio, considerando el clima, topografía, vegetación, uso de suelo, uso del hábitat por la fauna y abundancia de depredadores (Anderson, 1999; California Energy Commission, 2007; NWCC, 2007). Asimismo, se debe evaluar la interacciones de las especies silvestres con el hábitat (identificar sitios reproducción/anidación, migración y forrajeo) (Anderson, 1999; California Energy Commission, 2007; NWCC, 2007).

1.2.5 Caracterización de la quiropteroфаuna

En el caso específico de los murciélagos, el objetivo principal de los estudios de reconocimiento es coleccionar información útil para estimar los impactos directos e indirectos del proyecto sobre estos mamíferos (California Energy Commission, 2007). Para llevar a cabo estos estudios se sugiere tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Personal necesario: Contactar a expertos en biología y ciencias ambientales con experiencia y conocimiento de la quiropteroфаuna local para que lleven a cabo los estudios (NWCC, 2007).

Especies de interés: éstas se deben determinar basándose en el comportamiento (altura de vuelo), antecedentes de mortalidades en otros parques eólicos (consultar en este documento el cuadro 1) la abundancia de sus poblaciones, su estatus de conservación o categoría de riesgo y su importancia para la sociedad (Anderson, 1999).

Preguntas a contestar: De acuerdo con los trabajos de Higgins *et al.* (2000); la Comisión de Energía de California (2007); Kunz *et al.* (2007); Lausen *et al.* (2008) y Semarnat (2009), el diseño de los estudios debe estar enfocado para responder por lo menos las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué especies de murciélagos usan el área del proyecto?
- 2) ¿Cuál es la abundancia de cada especie de murciélagos?
- 3) ¿Cómo varía la abundancia de las especies a lo largo del año?
- 4) ¿En qué meses migran las especies de murciélagos presentes?
- 5) ¿Cuáles son las rutas de vuelo?
- 6) ¿Cómo es el comportamiento de vuelo?
- 7) ¿Cuáles son las rutas migratorias potenciales?
- 8) ¿Cómo se distribuyen las especies presentes?
- 9) ¿Cómo utilizan las especies el hábitat?
- 10) ¿En dónde se ubican colonias de maternidad, sitios de alimentación o percha en la zona y área de influencia?
- 11) ¿Cuánto tiempo pasan las especies en la zona de riesgo? (área de las turbinas) y si esto varía a lo largo del día o según la estación del año.
- 12) ¿Cuál es la mortalidad estimada de murciélagos derivada del proyecto?
- 13) ¿Qué consecuencias podrían tener las colisiones sobre las poblaciones y comunidades?
- 14) ¿Cómo se compara el uso del sitio con los datos de otros parques eólicos que tienen información sobre mortalidad?
- 15) ¿Qué medidas de diseño y de mitigación podrían reducir los impactos?

Si al término de los estudios previos persiste una preocupación en cuanto a la presencia y uso del sitio por especies sensibles o sobre el número y tipo de especies que usan el sitio, es necesario hacer estudios de seguimiento para conocer mejor el sitio y tomar decisiones correctas. Estos estudios se deben enfocar en especies prioritarias, especies que se reproducen en el sitio, especies migratorias y especies susceptibles a colisionar (Anderson, 1999).

1.3 Evaluación de los impactos

Desafortunadamente, hasta la instalación mejor situada puede provocar mortalidades en la fauna. Por esta razón, la pregunta es ¿qué número de colisiones es aceptable? Este número probablemente varía de una zona a otra, y depende en gran medida de las especies afectadas, especialmente si se trata de murciélagos amenazados o en peligro de extinción (Higgins *et al.*, 2000).

1.3.1 Identificación de los impactos directos

De acuerdo con Lausen *et al.* (2006); el subgrupo de Mitigación (2007) y la Comisión de Energía de California (2008), con base en los estudios previos, se deben plantear las siguientes preguntas para evaluar el impacto de los parques eólicos en los murciélagos:

¿Cuáles especies se encuentran en el área y de éstas cuáles pueden colisionar con las turbinas?

¿Existen especies listadas en alguna categoría de riesgo?

¿El sitio es usado por especies cuyos hábitos de forrajeo las pongan en riesgo de colisionar?

¿El sitio o las áreas adyacentes incluyen atributos del hábitat (por ejemplo, ecosistemas riparios o cuerpos de agua) que puedan atraer a los murciélagos para forrajear, reproducirse o refugiarse?

¿El sitio contiene atributos topográficos donde los murciélagos se pueden mover (por ejemplo cañones o penínsulas)?

¿El sitio se encuentra cerca de un punto de escala en la migración de los murciélagos?

¿El sitio se caracteriza por tener condiciones climáticas como niebla densa o cubierta de nubosidad baja que incremente el riesgo de colisión para los murciélagos?

¿Qué tipo de turbinas se pretende instalar y en qué ubicación?

Otro punto a tomar en cuenta es que el hecho de que existan especies en categorías de riesgo que hagan uso de las áreas que las ponen en riesgo, es suficiente para determinar que existen impactos potenciales (California Energy Commission, 2007).

Por último, otra herramienta para la evaluación de los impactos potenciales es la consulta de los monitoreos de proyectos cercanos en operación (California Energy Commission, 2007). Por esta razón, en el caso de Baja California es necesario que se compartan los resultados de los monitoreos que se llevan a cabo dentro de los diferentes proyectos eólicos.

1.3.2 Evaluación de riesgo

Una herramienta que se usa para medir los impactos directos es la evaluación de riesgo de colisión. La información sobre cómo usan los murciélagos el sitio propuesto se puede usar para hacer una evaluación cualitativa de riesgo (California Energy Commission, 2007).

En una primera fase, se realizan estudios que determinan si un uso alto del sitio por los murciélagos representa un punto crítico para la mortalidad. El siguiente nivel de los análisis de riesgo es hacer la evaluación más cuantitativa colectando datos de la abundancia y distribución temporal y espacial de los murciélagos que usan el sitio, así como datos del comportamiento y el tiempo que pasan en las áreas de riesgo y comparando esta información con la de la mortalidad en otros parques eólicos (California Energy Commission, 2007).

1.3.3. Identificación de los impactos indirectos

Aunque aún no se cuenta con suficiente información al respecto, se sugiere tomar en cuenta que pueden ocurrir algunos efectos negativos, que se mencionan a continuación:

- Los impactos de desplazamiento y evitación de las turbinas y elementos de infraestructura asociados (California Energy Commission, 2007).
- Los impactos indirectos resultantes de las actividades de la construcción y la operación, así como del cambio de uso de suelo (por ejemplo, cambios en las prácticas de pastoreo, cambios en el suelo o introducción de semillas) que puedan atraer a los insectos y éstos a su vez atraer a los murciélagos, lo cual aumenta el riesgo de colisión (California Energy Commission, 2007).

1.3.4 Evaluación de impactos acumulativos

Neufeldt y Guralnik (1988) definen el término acumulativo como aquel que se incrementa en tamaño y cantidad, por adiciones sucesivas, es decir, que el impacto acumulativo es aquel que surge de la suma de los impactos de múltiples proyectos instalados en la misma área.

Suter *et al.* (1993) clasifican los efectos acumulativos en las siguientes categorías:

- El efecto acumulativo de una serie de acciones que tienen efectos aditivos pequeños similares. Por ejemplo, la adición individual de más turbinas en un parque eólico.
- Perturbaciones que se acumulan en el tiempo: son los efectos acumulativos que ocurren cuando las acciones están muy cercanas en el tiempo, por lo que el sistema no se ha recuperado

aún de los efectos anteriores antes de que los nuevos ocurran. Por ejemplo, si los impactos de los aerogeneradores están influenciados por la experiencia de las aves con las estructuras, se podría anticipar una respuesta aprendida a los aerogeneradores después de cierto tiempo, lo que posiblemente reduciría el riesgo. Por lo tanto se podría suponer que el rápido desarrollo de un parque eólico puede tener un mayor impacto en las aves que un desarrollo que se hace por etapas.

- Efectos indirectos: son los efectos acumulativos que ocurren cuando los efectos directos de las acciones no son acumulables en el tiempo o en el espacio, pero sí lo son sus efectos indirectos. Por ejemplo, el cambio en el uso de suelo que resulta de la construcción de un parque eólico, puede no afectar el uso por las aves o generar un aumento en la mortalidad, pero sí alterar la calidad del hábitat, positiva o negativamente.

Según Anderson (1999), el análisis de los efectos acumulativos debe incluir el estudio de las interacciones entre las estructuras de los parques eólicos, otros usos de suelo y la ecología de las especies. Los efectos de los parques eólicos pueden ser aditivos, al aumentar la mortalidad más allá de la que ocurriría sin el parque; o los efectos son compensatorios al reemplazar otras fuentes de mortalidad. Los efectos son sinérgicos cuando los parques eólicos en combinación con otro uso de suelo resultan en un aumento en la tasa de mortalidad, mayor que la suma del incremento de las mortalidades que ocurriría debido a cada uno por separado. O los efectos son antagónicos cuando la asociación con otras variables reducen los impactos de los parques eólicos.

Además, se deben considerar los impactos acumulativos regionales potenciales de los múltiples proyectos eólicos presentes en el área propuesta (NWCC, 2007).

Percival (1999) menciona que es necesario recurrir a la evaluación de impactos acumulados cuando más de un parque eólico afecta a una misma población local de importancia para la conservación. Esto es particularmente importante en dos casos:

- 1) A nivel individual, cuando una especie tiene un ámbito hogareño tan grande que incluye más de un parque eólico.
- 2) Cuando el área que habita una población solapa en gran medida un área donde existe (o se plantea construir) una elevada densidad de parques eólicos.

Si se desean hacer estudios para evaluar los efectos acumulativos de los aerogeneradores, debe diseñarse un protocolo adecuado. Los diseños de investigación deben tomar cada aerogenerador de forma individual como las unidades básicas y los indicadores de impacto (mortalidad) deben ser atribuidos a los aerogeneradores individualmente (Anderson, 1999).

Finalmente, la Comisión de Energía de California señala que si se determina que el proyecto planteado incrementa significativamente los impactos, el promotor debe tener la responsabilidad de mitigar su parte de los efectos acumulativos.

Modelos de Análisis

Con base en el estudio de reconocimiento del sitio y la revisión de los datos existentes, se puede desarrollar una lista de preguntas de impacto, que incluya cuáles especies se encuentran en el sitio y cuáles son las que pueden ser afectadas por el proyecto. La susceptibilidad del sitio determina qué tipo de datos específicos sobre las especies se deben coleccionar y los tipos de estudios que el promotor debe realizar antes de la construcción del parque para evaluar adecuadamente los impactos potenciales en los murciélagos (California Energy Commission, 2007).

1.4 Clasificación del área propuesta

1.4.1 Definición de la duración y esfuerzo de estudios requeridos

Con la información de la evaluación preliminar del sitio, los sitios propuestos para el proyecto se pueden agrupar en cuatro categorías para determinar la duración y la intensidad de los estudios que se requieren antes y durante la operación. Para todos los proyectos la información base es necesaria para responder preguntas de impacto, las especies potencialmente afectadas y la magnitud de los efectos esperados (California Energy Commission, 2007):

Categoría 1: Sitios para proyectos con datos disponibles de murciélagos:

Algunos proyectos tienen la ventaja de que existe una base de datos de murciélagos y los impactos potenciales de proyectos cercanos similares. Para este tipo de proyectos, se requiere un menor esfuerzo en los estudios. Los factores que determinan si los datos de parques eólicos cercanos permiten que el proyecto se clasifique en la categoría 1 incluyen: si los datos de campo fueron coleccionados con un diseño de muestra confiable; si los datos fueron coleccionados en relación con el sitio propuesto; si los datos existentes reflejan aspectos comparativos entre tipos de turbinas, hábitats, presencia de especies migratorias y aspectos físicos.

Si los datos están fundamentados científicamente y son relevantes, los proyectos dentro de la categoría 1 pueden no necesitar un año completo de estudios preliminares para contestar preguntas sobre el riesgo potencial de colisión. Sin embargo, se debe tener cuidado al extrapolar datos existentes a sitios cercanos que no se han estudiado, ya que cambios en la topografía o variaciones en el hábitat pueden marcar diferencias sustanciales en el uso del sitio por los murciélagos y los impactos potenciales. Adicionalmente, algunos cambios tecnológicos como el largo de las turbinas, variaciones

en el diseño de éstas y el uso de iluminación diferente requieren que se colecten datos adicionales (California Energy Commission, 2007).

Categoría 2: Sitios para proyectos con poca información y sin indicadores de impactos significativos en fauna silvestre:

Los proyectos en la categoría 2 no tienen “focos rojos” que surjan de la evaluación preliminar del sitio (por ejemplo la presencia de especies en categorías de riesgo o mortalidades altas en parques cercanos) ni información de proyectos cercanos sobre la evaluación de impactos. En estos casos los estudios deben durar por lo menos un año para documentar como usan el sitio las aves y los murciélagos durante la primavera, verano, otoño e invierno.

Categoría 3: Sitios para proyectos con muchos impactos o impactos potenciales desconocidos en la fauna silvestre:

Los proyectos con un gran uso de las aves o los murciélagos o con incertidumbre de los riesgos necesitan más estudios que los de categoría 2 para entender y formular alternativas para reducir la mortalidad. Las características que pueden hacer que un sitio entre en esta categoría son:

- Presencia de sitios usados durante la ruta migratoria de la fauna, como cuerpos de agua adyacentes al proyecto.
- Presencia de especies en categorías de riesgo en el sitio o cerca de éste.
- Sitios cercanos a parques eólicos donde se ha presentado una alta mortalidad de murciélagos

En este tipo de sitios, se recomienda hacer estudios por más de un año cuando la información de la línea base es deficiente y cuando se sospecha de una variación estacional considerable de las poblaciones de aves y murciélagos o cuando existen especies vulnerables.

Categoría 4: Sitios inapropiados para parques eólicos:

La construcción de parques eólicos se debe descartar en terrenos protegidos por el gobierno local, estatal o federal, como lo son parques o monumentos nacionales, parques regionales o reservas naturales.

También se clasifican en esta categoría los sitios para los que en existan datos que indiquen un riesgo inaceptable de mortalidad de murciélagos, especialmente si no existen medidas factibles para evitar o mitigar los impactos.

Medidas de mitigación pre – operativas

Con la información disponible actualmente sobre los impactos de los parques eólicos sobre la fauna y teniendo en cuenta que la energía eólica experimentará en breve una fuerte expansión, conviene tomar ciertas medidas preventivas que minimicen el impacto de estas estructuras sobre las poblaciones de murciélagos (California Energy Commission, 2007; Weller y Baldwin, 2012).

A continuación se mencionan las medidas que se pueden llevar a cabo para reducir los impactos negativos generados por los parques eólicos en los murciélagos. Estas recomendaciones se basan principalmente en la selección del sitio, la colocación de turbinas y la infraestructura asociada con los parques eólicos:

1.5 Minimizar la fragmentación y alteración del hábitat:

Para lograr la mínima modificación del hábitat de los quirópteros, se sugiere lo siguiente:

- 1) Aprovechar en la medida posible los caminos existentes (NWCC, 2007).
- 2) Los caminos de acceso deben ubicarse de forma que sigan los contornos naturales de la topografía y minimizar los cortes en las laderas y el cruce de ríos (NWCC, 2007).
- 3) Evitar llevar a cabo actividades de construcción y mantenimiento durante la época reproductiva y si es posible, durante las migraciones (verano y otoño) (NWCC, 2007).
- 4) Evitar el uso de o degradación de áreas del hábitat importantes para la fauna (NWCC, 2007). Los estudios previos deben ser lo suficientemente detallados con mapas de los hábitats de las especies susceptibles (por ejemplo áreas riparias) así como corredores que usan los murciélagos diariamente, por temporadas del año o a lo largo del año (California Energy Commission, 2007; NWCC, 2007). Estos mapas se deben utilizar para determinar la ubicación de los caminos, cercas y otros elementos de infraestructura para minimizar la modificación y fragmentación del hábitat.
- 5) Reducir el número de caminos y cercas (NWCC, 2007; Kelly, 2000; Sterner, 2002; Strickland *et al.*, 2001a; US Fish and Wildlife Service, 2003).
- 6) Instalar los parques eólicos dentro de corredores ya modificados o cerca de éstos con el fin de minimizar la fragmentación y degradación del hábitat (NWCC, 2007).

1.6 Definir la mejor ubicación de los aerogeneradores

Para tomar decisiones en cuanto a la ubicación de los aerogeneradores, los estudios previos deben ser lo suficientemente detallados para establecer los patrones normales de movimiento de los murciélagos. Esto es importante porque la colocación de aerogeneradores que separan a los murciélagos de sus sitios de percha, alimentación o refugio o que se encuentren en áreas de alto uso representa un riesgo potencial de colisión (California Energy Commission, 2007; NWCC, 2007).

Para una adecuada ubicación de los aerogeneradores se recomienda lo siguiente:

- Evitar sitios bien conservados donde la instalación del parque eólico genere fragmentación del hábitat (Fish and Wildlife Service, 2003).
- Evitar áreas con presencia de especies de animales y plantas protegidas (U.S. Fish and Wildlife Service, 2003).
- Evitar ubicar los parques eólicos cerca de áreas de cría, descanso, invernada, rutas migratorias, refugios y cualquier otra área donde los murciélagos se concentran en gran número (Higgins *et al.*, 2000, Osborn *et al.* 1996, Fish and Wildlife Service, 2003).
- Instalar los parques eólicos a una distancia de por lo menos 1 km. de los refugios de los murciélagos. Esta distancia puede variar en cada caso dependiendo de las especies, el tamaño de los refugios y las rutas locales de vuelo (Lausen *et al.*, 2008).
- Colocar los aerogeneradores de forma paralela a la dirección principal de vuelo de la fauna (Hötter *et al.*, 2006).
- Ubicar los aerogeneradores en bloque, de forma que se dejan corredores que pueden ser usados de forma segura por las aves y los murciélagos (Albout *et al.*, 1997, 2001; US Fish and Wildlife Service, 2003, en Hötter *et al.*, 2006).
- Evitar las áreas con alta cantidad de neblina y vapor de agua (NWCC, 2007).
- Ubicar las turbinas en áreas abiertas y planas a una distancia de por lo menos 500 metros de los cuerpos de agua, hábitats riparios y bordes de los bosques (Lausen *et al.*, 2008).
- Evitar valles con ubicación norte – sur y corredores naturales (Fish and Wildlife Service, 2003).
- Evadir sitios críticos (crestas de las montañas, humedales y bordes de los bosques) (Sterner, 2002; Strickland *et al.*, 2001a, Lausen *et al.*, 2006)) o usar más de 500 metros de estas áreas (Lausen *et al.*, 2006).

1.7 Establecer zonas “buffer” para minimizar los riesgos de colisión

Si los estudios previos indican que el sitio propuesto representa un peligro para los murciélagos, se deben establecer zonas buffer de no – disturbio para proteger los refugios de los murciélagos, las áreas de alto uso o el hábitat de las especies que están en categorías de riesgo (California Energy Commission, 2007; NWCC, 2007).

Para las áreas riparias se recomienda colocar los aerogeneradores a una distancia mayor de 100 metros de éstas (California Energy Commission).

1.8 Utilizar infraestructura que minimice los impactos

Se recomienda colocar los cables de las líneas de transmisión por debajo del suelo debido a que las turbinas con cables metálicos y líneas de transmisión por arriba del nivel suelo representan mayor riesgo de colisión, por lo que se recomienda enterrarlas cuando sea posible (Arnett, 2005;NWCC; 2007). Cuando esto no es posible se deben aislar con cable recubierto (NWCC, 2007). Una de las ventajas de las turbinas más nuevas es que generalmente no utilizan cables metálicos (Arnett, 2005).

1.9 Evitar proveer sitios de percha

- Emplear las torres de tipo tubular, en lugar de las torres de entramado o reticuladas u otros diseños que proveen de perchas Además se debe evitar proveer sitios de percha en los nacales de las turbinas (NWCC, 2007) y evitar usar estructuras con cuerdas de cable, ya que éstas son un riesgo, sobre todo si están iluminadas. Si es necesario su colocación, usar ahuyentadores.
- Evitar elementos que puedan atraer a los murciélagos, como estanques o acantilados (Bach, 2003; Hoover, 2002; Kelly, 2000; Rahmel et al., 2004; Sterner, 2002; US Fish and Wildlife Service, 2003).
- Utilizar turbinas de diseños más actuales, ya que con éstas reduce el número de unidades requeridas por área (Arnett, 2005).

1.10 Reducir el hábitat artificial para los insectos

Las áreas aledañas a las turbinas y los caminos que se modifican por la construcción actividades operativas pueden proveer de hábitat para algunos insectos, lo cual atrae a los murciélagos, poniéndolos en riesgo. Cuando se hace el diseño del sitio, se deben tomar en cuenta estos impactos y hacer recomendaciones en las actividades de construcción para minimizar las actividades que atraen a los insectos al sitio.

1.11 Evitar el uso de iluminación que atraiga a los murciélagos

Algunos autores mencionan que cualquier fuente de luz puede atraer a los murciélagos hacia los aerogeneradores, debido a una mayor abundancia de insectos alrededor de éstos (California Energy Commission, 2007; NWCC, 2007). Con base en esto se hacen las siguientes recomendaciones:

- Usar luces destellantes con un periodo mínimo de encendido.
- Mantener la iluminación al nivel mínimo solicitado para cubrir los requerimientos de seguridad.
- Usar luces blancas con sensores que mantengan las luces apagadas cuando no se utilicen. Estas luces deben estar dirigidas de tal forma que se minimice la retrodispersión, la reflexión, la iluminación hacia el cielo y la iluminación de áreas fuera de las instalaciones.
- Reducir o evitar el uso de luces de vapor de sodio.

1.12 Considerar el uso de dispositivos que ahuyenten a los murciélagos

Como se mencionó anteriormente, los murciélagos se orientan, capturan a sus presas y evitan obstáculos mediante sonidos ultrasónicos. Por esta razón, la emisión de ultrasonidos a partir de las turbinas puede interrumpir o saturar la percepción de ecos y ahuyentar a los murciélagos (Spanjer, 2006). Spanjer (2006) utilizó un dispositivo que emite sonido blanco de banda ancha a frecuencias desde 12.5 a 112 kHz.

En el futuro, una medida de mitigación es la instalación de detectores acústicos directamente dentro de los nacelles de las turbinas y la programación del apagado de éstas cuando los niveles de actividad de los murciélagos superan los estimado (Weller y Baldwin, 2012).

Además de los dispositivos acústicos, se pueden usar dispositivos electromagnéticos que ahuyentan a los murciélagos (Kunz *et al.* 2007b; Nicholls y Racey, 2009).

Recomendaciones durante la operación

2.0 Evaluación de los impactos

Tras la construcción de un parque eólico normalmente se emprenden programas de seguimiento para determinar si existen desviaciones significativas de los impactos previstos y para verificar que las medidas correctoras funcionan según lo esperado. La información resultante se puede utilizar para hacer recomendaciones sobre el funcionamiento del parque, identificando por ejemplo medidas correctoras adicionales, y sobre su desarrollo futuro (Strickland et al., 2003).

2.1 Monitoreo de la mortalidad

El monitoreo post- construcción incluye la búsqueda de cadáveres bajo las turbinas para documentar la mortalidad y coleccionar datos del uso de los murciélagos en el sitio. Según la Comisión de Energía de California (2007), como mínimo, los objetivos del monitoreo deben determinar los siguientes puntos:

- 1) Si la mortalidad que se calculó en la evaluación previa del proyecto tuvo una precisión razonable.
- 2) Si las medidas para evitar, minimizar y mitigar los impactos fueron las adecuadas o se necesitan acciones correctivas o de compensación.
- 3) Si la mortalidad de murciélagos es baja, media o alta en comparación con otros parques eólicos.

2.1.1 Búsqueda de cadáveres

En parques eólicos que cuentan con menos de diez turbinas se recomienda hacer la búsqueda de cadáveres en el 100% de las turbinas. En los que cuentan con más de diez aerogeneradores, se puede llevar a cabo en el 30% de las turbinas, seleccionadas al azar, por estratificación o sistemáticamente (California Energy Commission, 2007).

El área de muestreo debe ser tal que el ancho sea igual a la altura máxima del rotor. Por ejemplo, para una turbina con una altura máxima de rotor de 120 metros, el área de búsqueda sería de 60 metros de la turbina hacia cada lado. El área de búsqueda puede ser un rectángulo, cuadrado o círculo, dependiendo de la ubicación del aerogenerador y de las variaciones en el terreno. Se puede extender el área de búsqueda a zonas aledañas al área propuesta para asegurar el registro de aproximadamente

el 80% de los cadáveres, sin embargo, se recomienda consultar a expertos en el área para hacer modificaciones en el área de búsqueda (California Energy Commission, 2007).

Protocolo de búsqueda

La búsqueda la debe hacer personal capacitado. Se sugiere hacer la búsqueda en un transecto de 6 metros de ancho, buscando cadáveres a una distancia de 3 metros de cada lado. El ancho del transecto se puede ajustar de acuerdo con la vegetación y las condiciones topográficas del sitio. Se deben coleccionar todos los cadáveres encontrados en las áreas de búsqueda y si es posible determinar la causa de muerte (California Energy Commission, 2007).

La búsqueda de cadáveres se puede realizar cada dos semanas durante dos años. La frecuencia del monitoreo debe ajustarse dependiendo de las tasas o la remoción de cadáveres, las especies objetivo, el terreno y otros factores específicos del sitio (California Energy Commission, 2007).

Keeley *et al.* (2001) mencionan que los perros aún sin entrenamiento son más eficaces que las personas para encontrar cadáveres, debido a la dificultad de esta tarea. Por esta razón, se recomienda el uso de perros adiestrados como una técnica alternativa de inspección del terreno. Los diseños de muestreo y los métodos para la búsqueda de cadáveres se encuentran bien descritos por Anderson *et al.* (1999) y Morrison *et al.* (2001).

2.1.2 Evaluación de los resultados

El grado en el que las mortalidades son consideradas significativas es subjetivo y depende de las especies involucradas. Incluso un pequeño número de cadáveres de especies raras asociados con los aerogeneradores puede considerarse significativo, particularmente durante la época reproductiva. Un número considerable de cadáveres asociados con una disminución del uso del área, particularmente al final de la época reproductiva, se puede interpretar como un efecto en la población.

2.2. Monitoreo de la quiropterofauna

2.2.1 Clasificación y priorización de las especies susceptibles de seguimiento

Una vez que entra en operación un parque eólico, además de la búsqueda de cadáveres, se recomienda hacer estudios de seguimiento de las especies que usan el área.

Morrison *et al.* (2009) y Pollock (1997) proponen una clasificación para priorizar y escoger entre las especies susceptibles de seguimiento. Según estos autores, la selección de las especies en orden de prioridad sería la siguiente:

- 1) Población localmente rara de una especie globalmente rara.

- 2) Población localmente común de una especie globalmente rara.
- 3) Población localmente rara de una especie globalmente común.
- 4) Población localmente común de una especie globalmente común.

Según este esquema, son preocupantes las situaciones 1 y 2 y, a nivel local la situación 3.

Para conocer esta información sobre las especies de Baja California, se recomienda que los estudios se lleven a cabo por profesionistas con experiencia y conocimiento de la quiropterofauna local.

Duración de los estudios de monitoreo

La duración del monitoreo debe ser suficiente para determinar si los cálculos de los impactos calculados en los estudios pre operativos fueron precisos y para determinar si las turbinas están generando mortalidades inesperadas (California Energy Commission, 2007)

Los proyectos dentro de la categoría 2 y 3 requieren estudios con recolección de cadáveres durante dos años. En los proyectos dentro de la categoría 1 se necesita sólo un año de monitoreo (California Energy Commission, 2007).

Cuando se hace el monitoreo por dos años, se deben evaluar los resultados para determinar si se hacen modificaciones para el siguiente año. Por ejemplo, para el segundo año, se puede requerir un mayor énfasis en los aerogeneradores o tipos de hábitat donde los impactos fueron mayores a los esperados, o un menor esfuerzo en las áreas con pocas o nulas mortalidades (California Energy Commission, 2007).

De forma similar, los resultados del monitoreo del primer año pueden indicar que se requiere un mayor esfuerzo de monitoreo en aquellas épocas del año donde se registraron más impactos y menos esfuerzo cuando las mortalidades fueron menores (California Energy Commission, 2007).

El monitoreo a largo plazo, más allá de dos años se justifica cuando se registran tasas de mortalidad más altas de las esperadas en los estudios previos a la operación. El objetivo de estos monitoreos es de coleccionar información para plantear medidas para evitar o mitigar los impactos y para verificar si estas medidas fueron efectivas para reducir la mortalidad. Algunos factores a considerar cuando se presentan impactos inesperados, incluyen cambios en el uso del sitio por los murciélagos debido a alteraciones en las condiciones del hábitat o en los patrones migratorios debido a variaciones en el clima que modifiquen el riesgo de colisión. (California Energy Commission, 2007).

Medidas de mitigación durante la operación

Una vez que un parque eólico está operando, las opciones para evitar o mitigar los impactos son limitadas. Por esta razón, el promovente debe plantear previamente un plan de contingencias para aplicarlo en caso de que se presenten mayores mortalidades de las esperadas (California Energy Commission, 2007).

Aunque las medidas son limitadas, existen algunas que incluyen cambios operativos y de infraestructura como las que se mencionan a continuación:

2.3 Reforestar caminos de acceso

Se recomienda la reforestación con plantas nativas de los caminos de acceso que no están siendo usados después de la construcción (NWCC, 2007).

2.4 Realizar modificaciones al hábitat

La finalidad de la modificación del hábitat es hacerlo menos atractivo para las especies en riesgo (California Energy Commission, 2007): cambiar el tipo o la extensión de la cobertura vegetal, sitios de percha o la cobertura para las especies presa (NWCC, 2007).

2.5 Efectuar cambios estacionales en la velocidad de arranque

Los cambios en la velocidad mínima de viento en la cual las palas de las turbinas empiezan a rotar y generar electricidad (de 3 m/s a 6 m/s aproximadamente) ha reducido las mortalidades en tres estudios y es la única medida de mitigación para murciélagos que ha sido probada en parques eólicos en funcionamiento (Weller y Baldwin, 2012).

2.6 Efectuar cambios periódicos en el ángulo de las palas en noches de poco viento

Esta medida se sugiere al considerar que las noches con vientos menores a 6 m/s es cuando mayor mortalidad de la quiropterofauna se presenta. Además se sugiere limitar las operaciones durante noches de poco viento, en particular a finales del verano y otoño (Arnett et al., 2008).

2.7 Suspensión estacional de actividades

Esta medida consiste en apagar las turbinas durante los meses en los que hay mayor número de murciélagos volando en la zona (Kelly, 2000; Sterner, 2002; US Fish and Wildlife Service, 2003; Horn *et al.*, 2008).

2.8 Retiro o reubicación de las turbinas que generen altas mortalidades (California Energy Commission, 2007; Arnett *et al.*, 2008).

2.9 Reducir la iluminación

Reducción de la iluminación o apagar las luces durante periodos de alto riesgo si existe mortalidad debido a la iluminación (NWCC, 2007).

2.10 Monitoreo del ruido

Establecer de por lo menos un punto de medición de los niveles de sonido cerca de los nacelles de las turbinas, debido a la generación de sonidos ultrasónicos generados por el equipo electrónico (Szewczak y Arnett, 2006).

2.11 Monitoreo acústico

El monitoreo acústico se debe llevar a cabo para documentar el uso y la interacción de los murciélagos con las turbinas durante un periodo mínimo de dos años después de la instalación (California Energy Commission, 2007).

Medidas de mitigación en la etapa de abandono

3.1 Desmantelar y retirar los aerogeneradores que no estén en funcionamiento

La Comisión de Energía de California (2007) recomienda remover los aerogeneradores cuando ya no están funcionando, para que no representen un riesgo de colisión. Además, menciona que como parte de la obtención de los permisos, los promoventes deben establecer un plan que describa las acciones que se van a llevar a cabo cuando algunas o todas las turbinas dejen de ser funcionales. Se debe mencionar con detalle cómo se van a desmantelar las turbinas y las estructuras asociadas.

Parques eólicos y murciélagos: Una experiencia en Baja California, México.

ALDO A. GUEVARA-CARRIZALES* MINERVA A. URIBE-RIVERA, J. CLAUDIA LEYVA AGUILERA Y ROBERTO MARTÍNEZ GALLARDO (†)

El deterioro ambiental provocado por la deforestación y el abuso en el uso de combustibles fósiles han motivado el desarrollo de fuentes de energía alternativas menos dañinas para el medio ambiente, entre ellas, la energía eólica¹. En la actualidad uno de los factores que ha impulsado el desarrollo de la energía eólica a nivel mundial son los incentivos fiscales que ofrecen los gobiernos a las empresas que utilizan este tipo de energía².

En China, esta industria está teniendo un crecimiento acelerado, donde se prevé un incremento del 60% del uso de energía eólica en los siguientes tres años. En Estados Unidos, el Departamento de Energía pretende aumentar seis veces el uso de este tipo de energía para el 2030. Mientras que la Unión Europea está trabajando para abastecer el 20% de su demanda energética a partir de fuentes renovables para el año 2020, en gran parte mediante la energía del viento³.

VIENTOS POR MÉXICO

Nuestro país cuenta con un enorme potencial eólico, principalmente en regiones como el Istmo de Tehuantepec, la Península de Yucatán, el Cerro de la Virgen en Zacatecas, la costa de Tamaulipas, Campeche, Guerrero Negro en Baja California Sur y La Rumorosa en Baja California⁴. Siendo los estados de Oaxaca y Veracruz los que cuentan con el mayor número de proyectos eólicos⁵.

Considerando lo anterior, se estima que en México para el 2016 la capacidad instalada para la generación de electricidad a partir de energías renovables se incremente en 20,544 MW (Megawatts), de los cuales, se calcula que las fuentes de energía eólica e hidráulica tendrán la mayor participación, con 58.6% y 27.3 %, respectivamente⁵.

Particularmente en el estado de Baja California, las principales áreas con potencial eólico se encuentran en los sistemas montañosos de Sierra de Juárez y San Pedro Mártir, donde se presentan vientos constantes con una velocidad promedio anual de 8m/s.⁶ Debido a esta condición, en 2009 se instaló el primer parque eólico denominado “Parque Eólico La Rumorosa” [PELR] (Figura 1). Éste se encuentra ubicado al norte de la Sierra de Juárez, en el Km. 75 de la carretera libre Mexicali-Tijuana en el poblado La Rumorosa, Municipio de Tecate. Cuenta con una extensión de dos hectáreas, donde se encuentran instalados cinco aerogeneradores, que en el 2011 produjeron 29 millones 166 mil 996 kilowatts/hora (kW/h)⁶.

Además del “Parque Eólico La Rumorosa”, en junio del presente año inició operaciones el proyecto “Energía Sierra Juárez”. Éste cuenta con 47 turbinas que generarán 155 MW para proveer de energía al sur del estado de California⁷.

Aparte de los parques que ya están operando, existen cinco importantes proyectos de energía eólica en proceso de desarrollo que en conjunto tendrán una capacidad instalada de más de 1260 MW. De éstos, cuatro son para el mercado de exportación y uno para el autoabastecimiento del sector público e industrial⁸.

INCONVENIENTES DE LA ENERGÍA EÓLICA

Aunque se reconoce que la energía eólica representa una de las fuentes alternas que menos impactos ambientales produce, su obtención no es del todo inocua, al considerar que la instalación y operación de los parques eólicos produce un efecto negativo sobre la fauna, principalmente en aves y murciélagos^{9, 10, 11, 12}.

Uno de los efectos negativos que se generan de forma directa, ocurre cuando las aves y los murciélagos mueren o sufren lesiones al colisionar con las aspas de las turbinas, torres meteorológicas y cables de soporte¹³.

Las muertes de aves a causa de las turbinas, son relativamente pocas (100,000 a 440,000 aves muertas al año) si se comparan con otras causas de muerte, como la depredación por gatos domésticos (365 millones a 1 billón) o las colisiones con ventanas (100, 000 a más de 1 billón). Sin embargo, a diferencia de las aves, en el caso de los murciélagos, no se tiene evidencia de que existan mortalidades inducidas por los humanos de la misma magnitud que la que generan los parques eólicos³.

En norteamérica, la muerte de los murciélagos había recibido poca atención, hasta que en 2003 se estimó que en el parque eólico “Mountaineer Wind Energy”, en Virginia habían muerto de 1,400 a 4,000 murciélagos¹⁰. En España, La Sociedad Ornitológica Española estima que las 18,000 turbinas instaladas en este país podrían estar matando de 6 a 18 millones de aves y murciélagos anualmente³.

Además del riesgo de colisión, la construcción y operación de los parques eólicos genera impactos indirectos sobre la fauna, que incluyen la pérdida del hábitat, efectos demográficos como la reducción de la tasa de supervivencia o de reproducción¹⁴ y la modificación en los patrones migratorios, reproductivos o en los hábitos para obtener alimento¹³.

Otro ejemplo de los efectos indirectos en el caso de los murciélagos, se documentó en un parque eólico en Canadá, donde el 90% de los murciélagos muertos presentaron distintos grados de lesiones originadas por barotraumatismo. Esta afectación es originada por el aumento de la presión del aire en la zona cercana a las aspas de las turbinas y provoca lesiones como hemorragias, edema y colapso pulmonar¹⁵.

En Norteamérica, informes obtenidos de parques eólicos reportan que en las especies que ocurren mayores percances son el murciélago cola suelta brasileño (*Tadarida brasiliensis*)¹⁰, el murciélago cola suelta espinoso (*Nyctinomops femorosaccus*)¹⁶, murciélago tricolor (*Perimyotis subflavus*)^{10,11}, murciélago rojizo (*Lasiurus blossevillii*)^{10,11,17}, murciélago cola peluda canoso (*Lasiurus cinereus*)^{11,16,17}, murciélago de Seminola (*Lasiurus seminolus*)¹⁰, murciélago cola peluda de La Laguna (*Lasiurus xanthinus*)¹⁶, murciélago canoso (*Lasionycteris noctivagans*)^{11,17}, murciélago moreno (*Eptesicus fuscus*)^{10,11,15}, miotis oreja larga (*Myotis evotis*)¹⁰, miotis norteamericano (*Myotis lucifugus*)^{10,11} y el murciélago norteño (*Myotis septentrionalis*)¹⁰.

¿POR QUÉ COLISIONAN LOS MURCIÉLAGOS?

Aunque no se sabe con certeza cuáles son las causas que provocan las muertes ocurridas en parques eólicos, algunas hipótesis sugieren que los quirópteros son atraídos a las turbinas mientras buscan sitios de alimentación, descanso o reproducción¹⁸. En un estudio realizado por Cryan *et al.*, (2014), se observó que los murciélagos volaban intencionalmente hacia los aerogeneradores¹⁹. Esto, aunado a que la mayoría de las especies que mueren en los parques eólicos son aquellas que se refugian en los árboles, los llevó a concluir que los murciélagos son atraídos a los aerogeneradores porque estos últimos comparten algunas características con los árboles: son altos, con “troncos” largos y redondos, con “ramas” y con un flujo de aire similar alrededor de ambos.

Por su parte, Kunz *et al.*, (2007) sugieren que la atracción de los murciélagos a los parques eólicos podría estar relacionada con una alta concentración de insectos ocasionada por las zonas de calor generadas por las aspas de las turbinas²⁰. Las aspas también emiten sonidos audibles y ultrasónicos que pueden atraer y desorientar a los murciélagos, además de que pueden generar un complejo campo electromagnético, el cual, al no ser percibido por el sistema de ecolocación de los murciélagos puede desorientarlos durante el vuelo²⁰.

EL PARQUE EÓLICO LA RUMOROSA

Con el propósito de conocer el efecto de la instalación del Parque Eólico La Rumorosa sobre la comunidad de murciélagos, se realizó un estudio durante el verano y otoño de 2009 en el área propuesta para la construcción. Los objetivos de este trabajo fueron describir las especies de murciélagos presentes, conocer su estatus de conservación, determinar su permanencia en el área (migratoria o residente), conocer los patrones de actividad y ubicar e inspeccionar refugios o áreas potenciales donde los murciélagos podrían congregarse. Todo esto con atención a las especificaciones requeridas en el resolutivo de impacto ambiental que emitió

la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), para la realización del proyecto²¹.

RESULTADOS Y EXPERIENCIAS

Para llevar a cabo este trabajo, primeramente se referenciaron las especies de quirópteros registradas en el área de estudio, a través de una búsqueda bibliográfica y en colecciones científicas nacionales e internacionales. De ésta, se documentó que de las 20 especies que habitan en Baja California, 15 se distribuyen potencialmente en el área de estudio.

Posteriormente, con el propósito de planificar las actividades que permitieran monitorear de manera representativa y comparativa el área de estudio, se definieron espacialmente dos unidades ambientales Cañones y Lomeríos, utilizando mapas e imágenes satelitales. En cada una de estas unidades fueron establecidos los sitios de muestreo.

Una vez en campo, se recorrió en su totalidad el área de estudio y se inspeccionaron zonas aledañas con el objetivo de identificar y examinar áreas de pudieran proporcionar sitios de refugio para murciélagos como cuevas, grietas en las rocas, puentes y construcciones abandonadas. Como resultado de esta búsqueda, no se registró la presencia, ni la evidencias de la existencia de refugios de quirópteros la zona.

A continuación, para reconocer las especies de murciélagos presentes en el área de estudio y obtener un inventario actualizado, se utilizaron para su captura y registro redes de nylon de 12 m. y detectores ultrasónicos modelo Anabat SD1®. En las redes de nylon se capturaron las especies *Antrozous pallidus*, *Corynorhinus townsendii* y *Myotis melanorhinus*. Éstas fueron identificadas utilizando la clave de campo de Medellín *et al.*²² y posteriormente fueron liberadas en el sitio. Mediante los detectores ultrasónicos se registraron además de las tres especies mencionadas: *Tadarida brasiliensis*, *Nyctinomops femorosaccus*, *Parastrellus hesperus*, *Eptesicus fuscus* y *Myotis californicus*, las cuales, fueron identificadas utilizando los criterios de referencia de Frick (2007)²³. De esta manera, en el área de estudio se registraron ocho especies, representadas por dos familias y siete géneros (Cuadro 1).

El número total de llamadas de ecolocalización registradas durante el estudio fue de 1010; a partir de éste se estableció que porcentualmente la unidad ambiental con mayor actividad de murciélagos, correspondió al área de Cañones con un 89.4% (903 llamados), mientras que en el área de Lomerío solo se registró el 10.6 % (107 llamados). Este resultado permitió sustentar los argumentos técnicos para que la instalación de los aerogeneradores fuera en la zona de Lomeríos, donde se reporta la menor actividad de murciélagos. Lo anterior con el propósito de reducir el impacto de la operación de los aerogeneradores sobre la comunidad de murciélagos. Adicionalmente se recomendó mantener una distancia de al menos 500 m. entre éstos y la zona de los Cañones, para reducir el riesgo de posibles colisiones²⁴.

De las ocho especies registradas en el PELR (Cuadro 1), ninguna se encuentra en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, ni en la Lista Roja de la

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN] versión 2015.2. Sin embargo, en el área de estudio se identificaron especies que requieren atención especial como *Tadarida brasileinsis*, *Nyctinomops femorosaccus* y *Eptesicus fuscus*, debido a que existen reportes que señalan el riesgo de muerte de estas especies por efecto de las aspas de los aerogeneradores¹¹.

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio como son: la poca riqueza de especies registradas, la ausencia de especies protegidas, la inexistencia de sitios de importancia como refugios en el área, así como la reducida superficie del parque eólico y la poca actividad de quirópteros registrada en la unidad ambiental donde se recomendó instalar los aerogeneradores, se podría considerar que el efecto de la operación del Parque Eólico la Rumorosa sobre la comunidad de murciélagos será mínimo. Sin embargo, estos resultados son limitados, dado que el trabajo de campo se realizó únicamente durante dos temporadas del año (verano y otoño) y comprendió solamente la fase de pre-operación. Por lo que para evaluar el impacto real sobre los quirópteros de este y otros proyectos eólicos a desarrollarse sobre el área de la Rumorosa, será indispensable aplicar protocolos pre y post-operación, con un mayor tiempo de duración y con métodos especializados que generen información complementaria y sistemática.

Con base en lo anterior, a continuación se describen de manera general una serie de recomendaciones fundamentadas en estudios y reportes publicados, así como la experiencia obtenida en este primer trabajo e investigaciones locales, con el propósito de mejorar la fase de evaluación y seguimiento para próximos proyectos eólicos en la región. Esto, al considerar el enorme interés que existe del emplazamiento y operación de nuevos parques en áreas de Sierra de Juárez y San Pedro Mártir.

RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACION DE PROYECTOS EÓLICOS

Antes de iniciar las actividades de construcción, se requiere la realización de estudios que permitan identificar y actualizar el inventario de las especies presentes en el área del proyecto y su área de influencia. Para esto es importante el uso complementario y simultáneo de redes de nylon y detectores ultrasónicos para obtener inventarios más completos. Esto es recomendable debido a que es frecuente la inoperancia de las redes por los fuertes y constantes vientos del sitio.

Además de identificar las especies presentes, se requiere determinar con la información disponible en referencias bibliográficas su distribución, abundancia, permanencia (residente o migratoria), categoría de riesgo, rutas y patrones de vuelo y uso del hábitat (sitios de alimentación y reproducción) de manera espacial y temporal^{13,25}.

Adicionalmente, es indispensable iniciar estudios que permitan estimar el tamaño de la población de las especies de murciélagos, con el propósito de conocer el posible el impacto que tendrá la operación de los parques eólicos sobre las poblaciones de quirópteros¹³. Es importante mencionar que para la realización de estos estudios se requiere de al menos un año de trabajo de campo¹³.

Previo a la construcción de nuevos parques eólicos es necesario evaluar y considerar en el estudio elementos del paisaje como la topografía, altitud, tipo de vegetación y uso de suelo, además de registrar elementos climáticos y meteorológicos como fase lunar, temperatura, velocidad y dirección del viento, entre otros^{13,25}.

Una vez iniciada la etapa de construcción, es recomendable tomar medidas que reduzcan los impactos sobre el hábitat y las poblaciones de murciélagos como por ejemplo: minimizar la fragmentación del hábitat, aprovechando los caminos existentes, evitar las actividades de construcción durante la época reproductiva de los murciélagos en esta región (abril a junio) y de ser posible en la época migratoria (agosto a octubre). De igual modo se debe evitar la instalación de los aerogeneradores en cañones, zonas riparias y cerca de cuerpos de agua, donde es común que los murciélagos se concentren en gran número¹³.

Asimismo, durante la operación de los aerogeneradores se requiere la implementación de un programa de seguimiento para evaluar los efectos inmediatos sobre los murciélagos. Para esto se debe prestar atención durante las dos primeras horas después de caer el sol, pues es cuando se ha registrado una mayor interacción de los murciélagos con las turbinas, así como durante la temporada de otoño, cuando se presenta una mayor incidencia de muertes por colisiones^{1,11}.

Un aspecto importante para evaluar el impacto directo de las turbinas sobre la población de murciélagos, es conocer y estimar la tasa de mortalidad, para lo cual se requiere localizar los cuerpos de los murciélagos, identificar la especie y determinar la causa de su muerte. Esta tarea se dificulta por la coloración y tamaño de los cadáveres que complican su detección en lugares con vegetación densa. Para la búsqueda de cuerpos o carcasas, Alcalde (2003) señala que es conveniente realizar ensayos de localización, permanencia y detección de los cuerpos de los murciélagos en cada parque eólico, considerando las unidades ambientales, orientación, tipo de vegetación y su cobertura en un área mínima igual al diámetro de las aspas de la turbina²⁶. De esta manera será posible ajustar la metodología y tiempo requerido para la búsqueda de cadáveres, con el propósito de realizar una estimación real, confiable y precisa del número de individuos muertos por aerogenerador anualmente. Para esta etapa del proyecto, se recomienda un periodo de muestreo con una duración mínima de dos años¹³.

Por otra parte, un aspecto importante y poco valorado es la estimación del impacto acumulativo que ocurre cuando más de un parque eólico afecta una misma población de murciélagos. Esto cada vez es más común y ocurre en el caso de la Sierra de Juárez, donde está por iniciar la operación de nuevos parques eólicos. Debido a esto es necesario evaluar el impacto acumulativo regional de los parques eólicos sobre las poblaciones de quirópteros²⁵.

Otro tipo de impacto acumulativo es aquel que se presenta después de varios años, por ejemplo la habituación de la fauna a las turbinas. Estos impactos se desconocen en la mayoría de los casos y representan un reto para la evaluación del impacto ambiental de los proyectos eólicos²⁷.

En conclusión, para lograr un aprovechamiento sustentable de la energía eólica, se requiere abordar la problemática desde una perspectiva local y regional integral,

fundamentada en la información generada de los estudios de líneas base y de seguimiento, cuyos resultados deben de ser comparables y accesibles para su consulta²⁷.

Además es necesario llevar a cabo estudios para determinar con precisión las causas de mortalidad, definir y estandarizar los estudios de línea base, así como las metodologías para la evaluación de impacto y para el monitoreo antes y durante la construcción, con el propósito de que los estudios puedan ser comparables entre sí. Esto con el fin de generar el conocimiento necesario para desarrollar acciones, medidas y modelos que minimicen el impacto de los parques eólicos sobre las poblaciones de murciélagos y su hábitat¹⁰.

AGRADECIMIENTOS

A Turbopower Energy por el financiamiento y facilidades otorgadas para la realización y presentación del presente trabajo, al M.C. Gerardo López por su apoyo para la ejecución de este proyecto, así como a Jonathan Escobar, Gabriela González, Violeta Anaya, Nelly Reyes y Emigdio Higuera por su participación en el trabajo de campo.

RESUMEN

El aprovechamiento del viento a través de parques eólicos representa una de las fuentes energéticas que menos impacto ambiental presenta. Sin embargo, se ha demostrado que existen algunos efectos sobre la vida silvestre, principalmente en aves y murciélagos. Por esta razón, durante el 2009 se realizó un estudio pre operativo en El Parque Eólico la Rumorosa, ubicado al norte del estado de Baja California, con el objetivo de conocer aspectos generales de la comunidad de murciélagos, que permitieran establecer el efecto de la instalación del parque sobre este grupo de mamíferos y mitigar su impacto una vez iniciada su operación.

PALABRAS CLAVE: murciélagos, energía eólica, La Rumorosa, Baja California.

ABSTRACT

Industrial wind energy production is increasing throughout the world to meet growing demand for electricity generated without carbon emission. Although wind-generated electricity is renewable and considered environmentally clean, negative impacts on wildlife have been recorded at wind facilities, particularly on birds and bats. In 2009 we conducted a pre – construction study at La Rumorosa Wind Farm, located at the north of Baja California, with the objective of knowing general characteristics of the bat community and determine the effect of the installation of the wind farm on this group of mammals and mitigate its impact once the wind farm is operating.

KEY WORDS: Bats, wind energy, La Rumorosa, Baja California.

REFERENCIAS

1. Kunz, T, Arnett E, Cooper B., Erickson W., Larkin, R., Mabee, T., Morris M., Strickland D & Swewcz J. (2007).

- Assessing Impacts of Wind-Energy Development on Nocturnal Active Birds and Bats: A Guidance Document. *Journal of Wildlife Management*. 71(8) 2449-2486.
2. Gómez L.M. (2001). Aspectos relevantes de energía eólica "Windpower 2001". Ciudad de México: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.
3. Subramanian M. (2012). An ill wind. *Nature* 486 310 – 311. Massachusetts, Macmillan Publishers Limited.
4. USAID, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (2009). Elementos para la Promoción de la Energía Eólica en México, 2009. Washington, DC: U.S. Recuperado de <http://www.amdee.org/Recursos/sectorial>
5. Secretaría de Economía (2014). "Energías renovables". Recuperado de http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias_perfil_d_el_sector.
6. CEE. 2012. Comisión Estatal de Energía. <http://energiabc.gob.mx>
7. IEnova. Infraestructura energética. (2015, junio 9). "IEnova E Intergeren Anuncian El Inicio De Operaciones Del Parque Eólico Energia Sierra Juárez En Baja California". Extraída el 9/VI/2015 desde <http://phx.corporateir.net/phoenix.zhtml?c=251830&p=RssLanding&cat=news&id=2058609>.
8. Muñoz G.M., Díaz E.G., Campbell H.R., Quintero M.N (2012). Baja California: Perfil energético 2010-2020. Propuesta y Análisis de Indicadores Energéticos para el Desarrollo de Prospectivas Estatales. Mexicali: México.
9. Hötter, H., K. Thomsen, H. Jeromin (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy resources: the example of birds and bats – facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen, Books on Demand GmbH 65 pp.
10. Kunz, T.H., E.B. Arnett, W.P. Erickson, A.R. Hoar, G.D. Johnson, R.P. Larkin, M.D. Strickland, R.W. Thresher, & M.D. Tuttle. (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Front Ecol Environ* 5(6): 315–324. The Ecological Society of America
11. Arnett E, Brown K., Erickson, W., Fiedler, J., Hamilton, B., Henry T., Jain A., Johnson G., Kerns, J., Koford R., Nicholson, C., O'Connell, T., Piorkowski, M., & Tankersley R. (2008). Patterns of Bat Fatalities at Wind Energy Facilities in North America. *Journal of Wildlife Management* 72 (1), 61-72. Austin, Bat Conservation International.
12. Morrison M.L., Sinclair K.C., Thelander C.L. (2009) Protocolo de muestreo para estudiar la influencia de los parques eólicos sobre aves y otros animales. En: Lucas M, Janss G. F., Ferrer M. (Ed.), *Aves y parques eólicos, valoración del riesgo y atenuantes* (pp. 105 – 121). Madrid, Editorial Quercus.
13. California Energy Commission (CEC) & California Department of Fish and Game. (2007). California Guidelines for Reducing Impacts to Birds and Bats from Wind Energy Development. California Energy Commission & California Department of Fish and Game. California, California Energy Commission CEC-07-2007-008-CMF. 119 pp.

14. American Wind Wildlife Institute (AWWI). (2014). Wind turbine interactions with wildlife and their habitats: a summary of research results and priority questions. Washington, DC. Available online at www.awwi.org
15. Baerwald, E., Genevieve H. D'Amours, B., Klug, J. & Barclay R. (2008). Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. Department of Ecology and Evolutionary Biology, Biological Sciences West, The University of Arizona, Tucson. *Current Biology*, Vol (18) 695-696.
16. Weller, T.J., Baldwin, J.A. (2012). Using Echolocation Monitoring to Model Bat Occupancy and Inform Mitigations at Wind Energy Facilities. *The Wildlife Society. The Journal of Wildlife Management*, 76(3), 619–631.; doi: 10.1002/jwmg.260
17. Johnson, G. D., “A Review of Bat Mortality at Wind-Energy Developments in the United States,” *Bat Research News*, Volume 46, Issue 2, (2005), pp. 45–49.
18. Cryan P.M. & Barclay R.M. (2009). Causes of bat fatalities at wind turbines: hypotheses and predictions. 2009 American Society of Mammalogist. *Journal of Mammalogy*, 90(6), pp.1330–1340.
19. Cryan P.M., Gorresen P.M., Hein C.D., Schirmacher M.R., Diehl R.H., Huso M.M., Hayman D.T., Fricker P.D., Bonaccorso F.J., Johnson D.H., Heist K., Dalton D.C. (2014). Behavior of bats at wind turbines. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. doi: 10.1073/pnas.1406672111.
20. Kunz T.H., Arnett E.B., Erickson W.P., Hoar A.R., Johnson G.D., Larkin R.P., Strickland M.D., Thresher R.W. y Tuttle M.D. (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *The Ecological Society of America. Front Ecol Environ*, 5 (6), pp. 315 – 324.
21. Semarnat. Departamento de Impacto y Riesgo Ambiental en Baja California (2009). Información requerida sobre la fauna para los estudios previos para la construcción de parques eólicos.
22. Medellín R.A., Arita H.T. y Sánchez O.H. 2008. Identificación de los Murciélagos de México clave de campo. Segunda edición. Instituto de Ecología, UNAM. 78 pp.
23. Frick W.F. (2007). Influences of island characteristics on community structure and species incidence of desert bats in a near-shore archipelago, Baja California, Mexico. Tesis de Doctorado. Oregon State University. USA. 167 pp.
24. Guevara C.A., Ruiz C.G., Martínez G.R. (En preparación). Los murciélagos del parque eólico La Rumorosa, Baja California, México. Universidad Autónoma de Baja California.
25. NWCC National Wind Coordinating Collaborative. Mitigation Subgroup (2007). Mitigation Toolbox.
26. Alcalde J.T. (2003). Impacto de los Parques Eólicos sobre las poblaciones de murciélagos (Informe Núm. 3). Madrid: Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Murciélagos.
27. Schuster E., Bulling L., Köppel J. (2015). Consolidating the State of Knowledge: A Synoptical Review of Wind Energy's Wildlife Effects. *Environmental Management*. doi: 10.1007/s00267-015-0501-5

Material gráfico:

Cuadro 1. Especies de murciélagos registradas en el Parque Eólico La Rumorosa.

Familia	Nombre científico	Nombre común
MOLOSSIDAE	<i>Nyctinomops femorosaccus</i>	Murciélago cola suelta espinoso
<i>Murciélagos de cola libre</i>	<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago cola suelta brasileño
VESPERTILIONIDAE	<i>Antrozous pallidus</i>	Murciélago desértico norteño
<i>Murciélagos vespertinos</i>	<i>Myotis californicus</i>	Miotis de California
	<i>Myotis melanorhinus</i>	Miotis de cara negra
	<i>Parastrellus hesperus</i>	Pipistrello del osete
	<i>Eptesicus fuscus</i>	Murciélago moreno
	<i>Corynorhinus townsendii</i>	Murciélago mula



Figura 1. El Parque Eólico La Rumorosa entró en operación en 2010 y fue el primer parque eoleoléctrico instalado en Baja California.



Figura 2. El murciélago cola suelta brasileño (*Tadarida brasiliensis*) es una especie común en el área del Parque Eólico La Rumorosa. Estudios en Norteamérica indican que esta especie resulta afectada por la operación de los parques eólicos al colisionar con aspas y torres de los aerogeneradores.

FIRST MORTALITY RECORD OF GREATER MASTIFF BAT *EUMOPS*

***PEROTIS* IN A WIND FARM**

Minerva A. Uribe-Rivera, Aldo A. Guevara-Carrizales* y Claudia Leyva Aguilera

Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Carretera Transpeninsular

Tijuana-Ensenada 3917, Ensenada, Baja California, 22860, México. E-mail:

minerva.uribe@uabc.edu.mx, cleyva@uabc.edu.mx.

*Corresponding author: aldo.guevara@uabc.edu.mx

Abstract

We report the finding of a carcass of *Eumops perotis* at a wind farm in Baja California, Mexico. The specimen was found in august 2015 during the search activities of bats mortality monitoring program. This finding represents the first record of mortality of this species, and the first record of mortality in a wind farm at the north of Mexico.

Resumen

Se reporta el hallazgo de un cadáver de *Eumops perotis* en un parque eólico en Baja California, México. El espécimen fue encontrado en agosto de 2015 durante las actividades de monitoreo de mortalidad de quirópteros. Este reporte constituye el primer registro de mortalidad de esta especie y el primer reporte de mortalidad en un parque eólico en el norte de México.

The greater mastiff bat *Eumops perotis* has an unusual distribution consisting of two widely separated populations (Barbour and Davis 1969). One population occurs from the south – western United States to southern Mexico, and the second is present from northern South America to northcentral Argentina. In Mexico it is distributed from the Pacific Ocean Watershed and plateau (Aragón 2005), from Sonora and as far south as Coahuila (Freeman 1981). In Baja California peninsula this species has been recorded only at the north of Baja California State in some localities of Sierra de Juarez and Sierra de San Pedro Martir (Martínez et al. 2008). *E. perotis* is an insectivorous bat that forages in open spaces and can feed in heights of 1,000 meters (Best et al. 1996). Considering this, this species presents risk of colliding with turbine blades at wind farms. However, there is no evidence in literature about mortality of *E. perotis* at wind farms (Cryan and Brown 2007; Kuvlesky et al. 2007; Baerwald and Barclay 2009; Solick and Erickson 2009; Cryan 2011).

The present finding is a result of the Bat Mortality Monitoring at La Rumorosa Wind Farm [PER], located in La Rumorosa town, municipality of Tecate, Baja California, Mexico (32°29'56" N, 116 °05'24" W) (Figure 1). This is the first wind farm in Baja California and came into operation in 2010. It has an extension of two hectares and five turbines Gamesa™ G87-2.0 MW with a tower height of 80 meters and 2 Megawatts (MW) of capacity per turbine (Zamora et. al 2010).

Monitoring activities consisted on searching and recording bat carcasses following the recommendations of California Energy Commission (2007). Searching activities were conducted once a month and consisted on hikes that started two hours after sunset around the five turbines. Searching area consisted of a polygon of 80m² around each turbine. The trail was made with transects of 5 m. of width, following a zig zag pattern as suggested by Morrison et al. (2009). The specimen founded was measured, weighed, sexed and identified

based on Medellín et al. (2008) key for bat identification. Additionally, an X – ray study was performed to look for injuries and determine the cause of death, according to the recommendations of Grodsky et al. (2011). For this, a digital X- ray equipment H.G. Fischer inc. TM was used for dorsoventral and ventrodorsal projections with an amperage of 100 mA and voltage of 70 kV. As complementary studies, necropsy was executed and samples of heart, lungs, liver and kidney tissue were taken for its histopathological analysis. The specimen was deposited in the Vertebrates Collection at Universidad Autónoma de Baja California (CVUABC) with the catalog number CVUABC 1184.

The finding described here was made on 3rd August 2015, when a carcass of a bat was collected and identified as *Eumops perotis*. The specimen was found at a distance of 30.6 m. of the turbine located at the north of a turbine located at the south extreme of the wind farm (32° 29' 36.4" N, 116° 05' 17.7" W) (Figures 2a and b). This turbine is situated in a hillside with northeast exposition, low slope and surrounding vegetation consisting of mountain chaparral represented by *Adenostoma fasciculatum*, *Arctostaphylos glandulosa*, *Ceanothus greggii*, *Rhus ovata* and *Quercus dumosa*. The specimen described corresponds to a non-reproductive adult female with body measurements expressed in millimeters are: total length, 179; tail length, 55; foot length, 16.5; ear length, 31.6; tragus length, 6; forearm length, 73.8, and weight 53 grams. In the X – ray study, a fracture of the left ischium on its cranial portion was appreciated in both projections, as well as a change of density in thorax and the presence of fluid in the abdominal cavity. In necropsy, multiple cranial fractures on nasal, temporal and parietal bones were observed (Figure 2c), in addition to ischium fracture with hemorrhagic areas. Based on these findings it was determined that the cause of death of this *E.perotis* specimen was associated with a hypovolemic shock secondary to multiple trauma. It is important to point out that the use of complementary diagnostic techniques like X – ray

and necropsy were of great usefulness for this study to get a more accurate diagnosis of the cause of death of the specimen. Because of the level of decomposition of organs it was not possible to identify injuries by histopathological study.

This finding constitutes the first record of mortality of *Eumops perotis* at a wind farm in Mexico and its range of distribution. Previously, there were only records at Istmo de Tehuantepec of the mortality of specimens of other species of *Eumops* genera, including *E.nanus* (Torres et al. 2014; Bolívar - Cimé et al. 2016), *E. bonariensis* (Comisión Federal de Electricidad 2008), and *E. underwoodi* (Bolívar - Cimé et al. 2016 and Comisión Federal de Electricidad 2009). Although mortality records of bats at wind farms has been widely described in North America (Hötker et al. 2006; Kunz et al. 2007; Arnett et al. 2008), in Mexico there is little information about this respect. For this reason, it is necessary to develop bat mortality monitoring programs in which it is defined for each project the search interval of carcasses according to: 1) time persistence of carcasses at the study area and 2) searchers efficiency (Ontario Ministry of Natural Resources 2011). This will allow to estimate the effect of the wind farms on bats and propound mitigation and conservation strategies.

Acknowledgments

This work was developed with the financial support provided by Rufford Foundation and Jiji Foundation. We thank to F.J. Orduño, general director of Comisión Estatal de Energía del Estado de Baja California, I. Gómez and staff from Parque Eólico La Rumorosa for the facilities provided for the develop of the present work. We also thank to Sindicato de Trabajadores Superación Universitaria of UABC 2012-2016 and Sr. A. Navarro for his

assistance during our stay. To SEMARNAT for the collection license GPA/DGVS/0258. To Clínica Veterinaria Bahía and G. Solís for his support with X – ray studies, and D. Rodarte and M.I. Montes for their technical advisory on histopathological analysis.

Literature cited

- Aragón, E. 2005. *Eumops perotis* (Schinz, 1821). Pages 319 – 320 in G. Ceballos y G. Oliva, editors. Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para la Biodiversidad. Ciudad de México.
- Arnett, E., B. Erickson, W. Fiedler, J. Hamilton, H. Henry, A. Jain, G. Johnson, J. Kerns, R. Koford, P. Nicholson, J. O’connell, D. Piorkowski, D. and D. Tankersley. 2008. Patterns of Bat Fatalities at Wind Energy Facilities in North America. *Journal of Wildlife Management* 72: 61-72.
- Baerwald, E.F. and R.M.R. Barclay. 2009. Geographic Variation in Activity and Fatality of Migratory Bats at Wind Energy Facilities. *Journal of Mammalogy* 6:1341–1349.
- Barbour, R. and W. Davis. 1969. *Bats of America*. The University Press of Kentucky. Kentucky.
- Best, T.L., W.M. Kiser and P.W. Freeman. 1996. *Eumops perotis*. *Mammalian Species* 534:1–8.
- Bolívar-Cimé B., A. Bolívar-Cimé, S.A. Cabrera-Cruz, O. Muñoz-Jiménez, y R. Villegas-Patracá. 2016. Bats in a tropical wind farm: species composition and importance of the spatial attributes of vegetation cover on bat fatalities. *Journal of Mammalogy*. X: 1-12.

California Energy Commission (CEC) and California Department of Fish and Game. 2007.

California Guidelines for Reducing Impacts to Birds and Bats from Wind Energy Development. California Energy Commission, Renewables Committee, and Energy Facilities Siting Division, and California Department of Fish and Game, Resources Management and Policy Division, California.

Comisión Federal de Electricidad. 2009. Monitoring Report: La Venta II. Covering the Second Year of the Crediting Period: July 1, 2008-June 30, 2009. Available at: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1168204945.7/view>

Cryan, P.M., and A.C. Brown. 2007. Migration of Bats Past a Remote Island Offers Clues toward the Problem of Bat Fatalities at Wind Turbines. *Biological Conservation* 139:1–11.

Cryan, P.M. 2011. Wind Turbines as Landscape Impediments to the Migratory Connectivity of Bats. *Environmental Law* 41: 355–370.

Freeman, P. 1981. A multivariate study of the family Molossidæ (Mammalia, Chiroptera): morphology, ecology, evolution. *Fieldiana Zoology* 7: 1 – 173.

Grodsky, S., M. Behr, A. Gendler, D. Drake, B. Dieterle, R. Rudd y N. Walrath. 2011. Investigating the causes of death for wind turbine-associated bat fatalities. *Journal of Mammalogy*, 92: 917–925.

Hötker, H., K. Thomsen and H. Jeromin. 2006. Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy resources: the example of birds and bats – facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the

development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.

Kunz, T., E. Arnett, W. Erickson, A. Hoar, G. Johnson, R. Larkin, M. Strickland, R. Thresher y M. Tuttle. 2007. Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Frontiers In Ecology and The Environment* 5: 315 – 324.

Kuvlesky, W.P., L.A. Brennan, M.L. Morrison, K.K. Boydston, B.M. Ballard, y F.C. Bryant. 2007. Wind Energy Development and Wildlife Conservation: Challenges and Opportunities. *Journal of Wildlife Management* 8: 2487–2498.

Martínez, R., A. Guevara, R. Couoh, and E. Flores. 2008. Primer registro de *Eumops perotis* (Chiroptera: Molossidae) en la península de Baja California. *Universidad y Ciencia, Trópico húmedo* 24:189-190.

Medellín, R., H. Arita, and O. Sánchez. 2008. Identificación de los murciélagos de México: Clave de campo. Asociación Mexicana de Mastozoología, Ciudad de México.

Morrison, M. L., K.C. Sinclair and C.L. Thelander. 2009. Protocolo de muestreo para estudiar la influencia de los parques eólicos sobre aves y otros animales. Pages 105 – 121 in M. Lucas and M. Ferrer, editors, *Aves y parques eólicos, valoración del riesgo y atenuantes*. Quercus. Madrid.

Ontario Ministry of Natural Resources. 2011. Bats and bat habitats. Guidelines for Wind Power Projects.

- Schnitzler, H., C. Moss and A. Denzinger. 2003. From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 386-394.
- Solick, D. and W. Erickson. 2009. Final Report Bat Acoustic Studies for the Alta-Oak Creek Wind Resource Area Kern County, California, December 4th, 2007 – December 22th, 2008. Prepared for Alta Windpower Development, LLC and CH2M HILL, Oakland.
- Torres, L., G. Rodríguez, S. Cabrera, and R. Villegas. 2014. Primer registro de *Eumops nanus* (Chiroptera: Molossidae) en Oaxaca, México. *Mastozoología Neotropical* 21: 373-378.
- Zamora, M., E. Leyva and A. Lambert. 2010. Recurso Eólico en Baja California. *Revista Digital Universitaria* 11: 1 – 10.

Figures

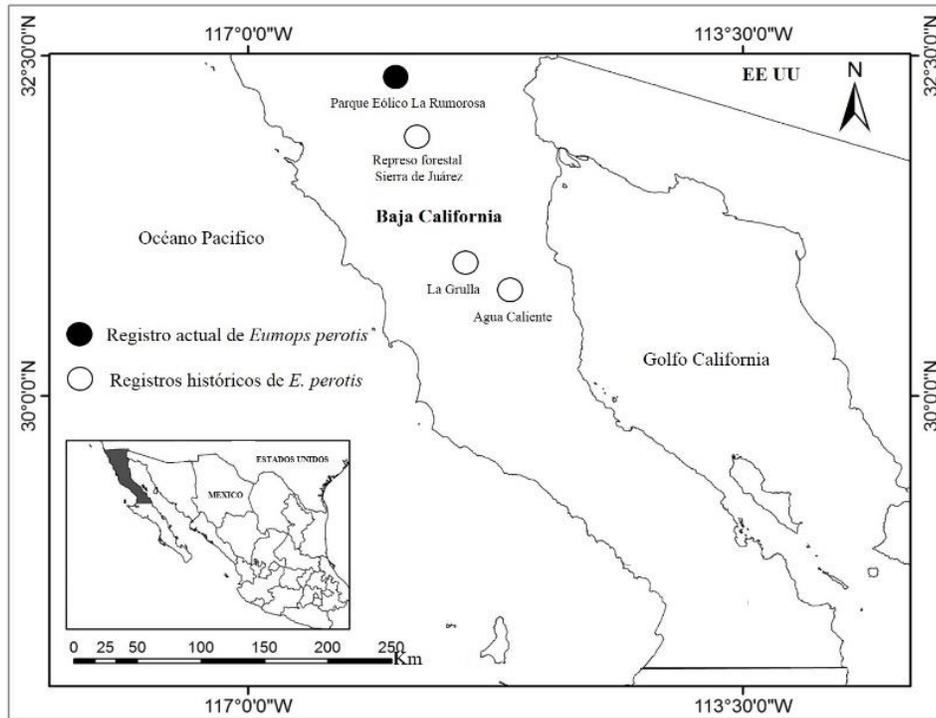


Figure 1. Location of *Eumops perotis* record at La Rumorosa Wind Farm. In addition, historical records of *E. perotis* in Baja California described by Martínez Gallardo et al. (2008) are pointed out.

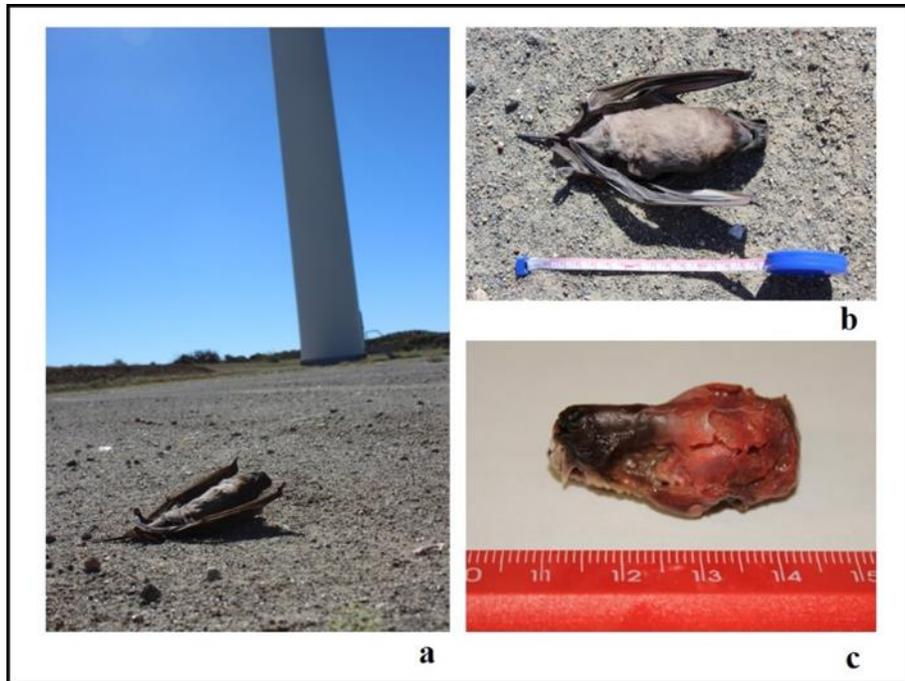


Figure 2. Specimen of *Eumops perotis* located at La Rumorosa Wind Farm, Baja California (a and b). Where it can be observed multiple cranial fractures (c).

Photography by Aldo A. Guevara Carrizales.