

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**“USO DE CÁMARAS TRAMPA EN EL CÁLCULO DE LA TASA
DE DESAPARICIÓN DE CARCASAS GENERADAS POR
COLISIÓN EN PARQUES EÓLICOS”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

PRESENTADO POR:

LEISSY VIVIANA DOMÍNGUEZ GAVIDIA

LIMA – PERÚ

2022

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**“USO DE CÁMARAS TRAMPA EN EL CÁLCULO DE LA TASA
DE DESAPARICIÓN DE CARCASAS GENERADAS POR
COLISIÓN EN PARQUES EÓLICOS”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

Presentado por:

Leissy Viviana Domínguez Gavidia

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Ing. Pedro Gonzalo Vásquez Ruesta, Mg.Sc.
Presidente

Ing. Thomas Holger Valqui Haase, Ph.D.
Miembro

Joao Diego Freitas Córdova, Mg.Sc
Miembro

Ing. Luis Antonio Tovar Naváez
Asesor

ÍNDICE GENERAL

Índice General	i
Índice de Tablas	ii
Índice de Figuras	iii
Resumen	iv
Presentación	v
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción de la empresa	3
1.1.1 Ubicación	4
1.1.2 Actividad	4
1.1.3 Misión y visión	4
1.1.4 Organización	5
1.2 Descripción general de experiencia	6
1.2.1 Actividad desempeñada	6
1.2.2 Nombre original del producto	6
1.2.3 Resultados obtenidos	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA	9
2.1 Teoría y práctica de la empresa	9
III. METODOLOGÍA	14
3.1 Área de trabajo	14
3.2 Ejecución del estudio	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	19
V. CONCLUSIONES	31
VI. RECOMENDACIONES	33
VII. BIBLIOGRAFÍA	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Modelos de cámaras trampa utilizados y sus principales características	17
Tabla 2: Resultados de la estación de fototrampeo permanente (aerogenerador Nº 43)	20
Tabla 3: Resultados de la estación de fototrampeo temporal	26
Tabla 4: Referencias sobre el factor de corrección	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa - Ubicación de la Central Eólica Cupisnique	14
Figura 2: Disposición de las cámaras trampa en la estación de fototrampeo permanente (A) y en la estación de fototrampeo temporal (B). Cada estación estuvo ubicada en un aerogenerador diferente	15
Figura 3: Fotografía 1 - Cámara trampa Moultrie D-55 IR instalada en los pernos del aerogenerador N°43 en la estación de fototrampeo permanente (A)	16
Figura 4: Fotografía 2 - Cámara trampa Moultrie M-880c instalada a un extremo del área próxima al aerogenerador N°45 en la estación de fototrampeo temporal (B)	16
Figura 5: Fotografía 3 - Registro de <i>Lycalopex sechurae</i> (zorro de Sechura)	24
Figura 6: Fotografía 4 - Registro de <i>Leopardus colocolo</i> (gato de pajonal)	25
Figura 7: Fotografía 5 - Registro de dos (2) individuos de la especie <i>Canis lupus familiaris</i> (perro doméstico)	25

RESUMEN

La energía eólica ha cobrado importancia como medio para generar electricidad sin emitir contaminantes del aire o gases de efecto invernadero. Sin embargo, los posibles impactos de las instalaciones eólicas en las aves y los murciélagos continúan siendo un problema. Para esto, diversos estudios aplican una metodología de “búsqueda de carcasas” (Morrison, 2002), que consiste en la selección de un número de muestra de los aerogeneradores, y en cada uno de ellos se establece un área de búsqueda de carcasa. Como parte de esta metodología de evaluación, se encuentra la estimación de factores de corrección, los cuales son principalmente dos: la habilidad del evaluador para detectar las carcasas; y la remoción de carcasas por carroñeros (Morrison, 2002). Este último factor, tiene sus propios sesgos de cálculo, que van desde el uso de carcasas de pollo (palatabilidad), hasta el tiempo, lo que puede sesgar el cálculo. Por lo tanto, se instalaron dos (2) estaciones de fototrampeo en dos (2) aerogeneradores diferentes, una permanente y otra temporal, con el fin de establecer las bases para perfeccionar el cálculo de la tasa de desaparición de carcasas en las evaluaciones de muertes por colisión de aves y murciélagos en el parque eólico Cupisnique. El análisis de datos generados permitió determinar que no existen patrones de comportamiento en el espacio y tiempo de los depredadores presentes en el área. Por lo tanto, el cálculo del factor de corrección, debe aplicarse durante los diferentes periodos de la evaluación de mortandad, tantos días como esta dure y en cada aerogenerador muestreado. Debido a que, al ser tan variables los tiempos de evaluación propuestos para su cálculo, es muy probable que los resultados de mortandad puedan estar sobre estimados o subestimados.

Palabras clave: tasa de desaparición de carcasas, factor de corrección, fototrampeo, cámaras trampa, búsqueda de carcasas, central eólica, aves, murciélagos.

PRESENTACIÓN

Como profesional, he participado en estudios relacionados con la evaluación de recursos naturales dentro del área de manejo forestal. La mayor parte de mi experiencia se basa en evaluaciones de fauna silvestre, específicamente de mastozoología. Dentro de este campo, he realizado trabajos de evaluación de diversidad y abundancia de mamíferos mediante el diseño de sistemas de fototrampeo en diferentes regiones del Perú. Así también, he participado como especialista de mastozoología aplicando metodologías como el diseño e instalación de trampas Sherman y redes de neblinas para la evaluación de mamíferos menores y voladores, respectivamente; evaluación de mamíferos mayores y medianos por transectos y control de tráfico de fauna en línea.

Mi participación en otros temas diferentes a la evaluación de mamíferos, se basa en el levantamiento de parcelas en el inventario nacional forestal, realizando actividades como asistente de brigada y en otros casos como asistente de botánica. Así también, participé en la elaboración de expedientes técnicos para concursos con diferentes instituciones.

Cabe resaltar que, en todos los casos, se llevó a cabo el respectivo análisis de datos, posterior a la fase de campo. Así también, formé parte del apoyo logístico en campo y elaboración de presupuestos previos a la ejecución del estudio.

I. INTRODUCCIÓN

La energía eólica es la generación de electricidad renovable a escala de servicios públicos de más rápido crecimiento (Edkins, 2008). En el Perú existen actualmente siete (7) parques eólicos a lo largo de su territorio, siendo el parque eólico Cupisnique, ubicado en la provincia de Pacasmayo, departamento de La Libertad, el que cuenta con el mayor número de aerogeneradores (45) hasta el momento. Además, se proyecta la construcción de cinco (5) parques eólicos más en el territorio peruano (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minas - OSINERGMIN, 2021).

Esta tecnología, ha cobrado importancia como medio para generar electricidad sin emitir contaminantes al aire o gases de efecto invernadero. Esta capacidad de la energía eólica para generar electricidad con menores impactos ambientales asociados con otras fuentes de energía (por ejemplo, contaminación del aire, contaminación del agua, emisiones de mercurio, cambio climático) beneficia así a gran parte de las poblaciones humanas y vida silvestre en general. Sin embargo, se ha documentado que las instalaciones eólicas pueden causar impactos negativos en las aves, murciélagos y sus hábitats.

Las muertes por impacto de aves y murciélagos en aerogeneradores se han observado desde la década de 1970, aunque sólo a la luz de la reciente expansión de la energía eólica se ha planteado el problema como preocupante (Edkins, 2008). Por lo tanto, esto llevó a

la necesidad de creación de métodos estandarizados para la cuantificación de las tasas de mortalidad de aves y murciélagos (Morrison, 2002).

Para la evaluación de los impactos generados por la colisión de aves y murciélagos en los parques eólicos, diversos estudios aplican una metodología de “búsqueda de carcasas” (Morrison, 2002), que consiste en la selección de una muestra dentro de un número de aerogeneradores, y en cada uno de ellos se establece un área de búsqueda de carcasas. Estas búsquedas se realizan diariamente durante un periodo de días determinado (intensidad de muestreo), donde se registran todas las carcasas encontradas cada día dentro del área de búsqueda. Esta metodología permite identificar eventos de colisión diarios, así como identificar las especies que son más susceptibles a estos.

Como parte de esta metodología de evaluación, se encuentra la estimación de factores de corrección relacionados a dos variables de sesgo: la habilidad del evaluador para detectar las carcasas; y la remoción de carcasas por carroñeros (Morrison, 2002). Para evaluar este segundo factor de corrección, se ha aplicado metodologías que hacen uso de pedazos de pollo colocados en un área similar a la de evaluación, dejándolas ahí por periodos que van de 1 a 3 días. Con el número de carcasas removidas se establece un valor como factor de corrección.

Sin embargo, este segundo factor tiene sus propios sesgos de cálculo, que van desde la palatabilidad de la carcasa (pollo), la cual generaría una sobre estimación de la mortandad; hasta la duración del tiempo de evaluación del factor de corrección, que al ser

muy corto podría subestimar la mortandad de aves y/o murciélagos en el área, o sobre estimarlo, si por casualidad un animal se encuentra cerca de la muestra.

En diferentes parques eólicos se vienen registrando muertes de aves y murciélagos debido a la colisión con cualquier parte de la estructura del aerogenerador (torres, palas de turbinas), lo cual es motivo de preocupación, más aún, cuando los requerimientos de energía limpia significan una tendencia al crecimiento. Esto hace cada vez más necesario desarrollar metodologías para la evaluación de los impactos generados por los aerogeneradores debido a que actualmente existe muy poca experiencia al respecto y no se le da la importancia debida.

Por lo tanto, para perfeccionar el cálculo de la tasa de desaparición de carcasas o factor de corrección y reducir así los posibles sesgos en su cálculo durante las evaluaciones de mortandad, se realizó una evaluación por medio de fototrampeo en la Central Eólica Cupisnique, con la finalidad de determinar si existen patrones de comportamiento en los depredadores presentes en el área, tales como, patrones de visitas en el espacio y/o tiempo. Así también, se realizó la revisión de otros métodos para el cálculo de la tasa de desaparición de carcasas en campo para determinar su idoneidad.

1.1 Descripción de la empresa

Energía Eólica S.A. es una filial de la compañía internacional de generación de energía Contour Global. Actualmente, es el más grande propietario y operador de parques eólicos en el Perú, con el desarrollo del proyecto eólico Inka, que comprende los parques eólicos

de Talara (Piura) y Cupisnique (La Libertad), los cuales alimentan con 113 MW al Sistema Eléctrico del Norte. Ambos se benefician de un acuerdo de compra de energía de 20 años, en el marco del Programa Recursos Energéticos Renovables (RER) del Perú.

1.1.1 Ubicación

La Central Eólica Cupisnique (aprox. 1,800 hectáreas), se encuentra ubicada en la costa peruana, al sur del balneario Puémape, en las pampas de Cupisnique, distrito de San Pedro de Lloc, provincia de Pacasmayo, región La Libertad. Este parque eólico está compuesto de 45 aerogeneradores con una potencia instalada de 1.8 MW cada uno.

1.1.2 Actividad

Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica.

1.1.3 Misión y Visión

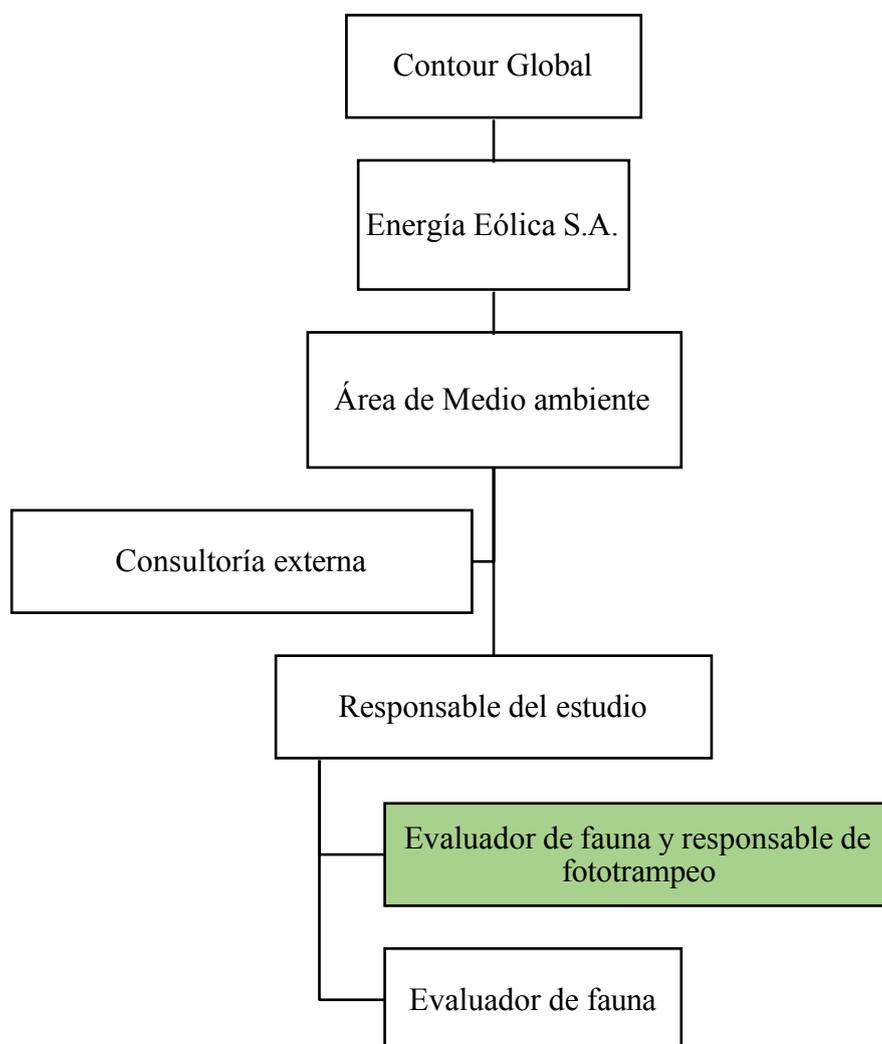
Visión

Aplicar la mejor experiencia técnica y de gestión en tecnologías tradicionales e innovadoras para dinamizar las economías y comunidades locales de todo el mundo.

Misión

Desarrollar, adquirir, poseer y operar activos de generación de electricidad con los más altos estándares en todo el mundo, creando valor económico y social a través de mejores operaciones.

1.1.4 Organización



1.2 Descripción general de experiencia

1.2.1 Actividad desempeñada

Como evaluador de fauna y responsable del estudio de fototrampeo, realicé la búsqueda visual, registro e identificación de carcasas frescas de aves y murciélagos muertos por impacto en aerogeneradores. El estudio comprendió seis evaluaciones de campo, de siete días cada una, en una muestra de 13 aerogeneradores (30 por ciento) de la central eólica, la cual cuenta con cuarenta y cinco (45) aerogeneradores. También se realizó el procesamiento y análisis de resultados obtenidos en las búsquedas visuales. Posteriormente, se llevó a cabo el diseño, instalación, control y procesamiento de datos del sistema de fototrampeo para el perfeccionamiento en el cálculo del factor de corrección de remoción de carcasas por carroñeros y/o carnívoros.

1.2.2 Nombre original del producto

Evaluación y establecimiento de una línea base de los eventos de colisión de aves y murciélagos en la Central Eólica Cupisnique. Pacasmayo – La Libertad.

1.2.3 Resultados obtenidos

Al iniciar el estudio se presumía que el grupo con mayor efecto de colisión en la Central Eólica Cupisnique eran las aves, específicamente las playeras, de acuerdo con los estudios

previos de mortandad y reportes del personal del área. Sin embargo, al finalizar el estudio se concluyó que el mayor grupo afectado fue el de los quirópteros (murciélagos) de la familia Molossidae.

Durante la evaluación de los 13 aerogeneradores (muestra del 30 por ciento), en un total de 42 días (seis evaluaciones de una semana de duración cada una), se registró que, el 78 por ciento de carcasas frescas halladas durante el estudio perteneció a murciélagos (n=11) y el 22 por ciento a aves (n=3). Dentro del grupo de los quirópteros, la especie con mayor efecto de colisión en los aerogeneradores fue *Eumops wilsoni* (murciélago de bonete de Wilson) representando el 54 por ciento del total de carcasas de murciélagos hallados (n=6), seguido por *Nyctinomops macrotis* (murciélago mastín mayor) con un 27 por ciento (n=3).

Otras especies afectadas dentro del orden Chiroptera fueron: *Promops davisoni* (murciélago mastín grande con cresta) y *Nyctinomops aurispinosus* (murciélago cola de ratón).

En el caso de las aves, los tres registros correspondieron a golondrinas, dos de ellos a *Petrochelidon rufocollaris* (golondrina de collar rufo) y uno a *Pygochelidon cyanoleuca* (golondrina azul y blanca).

Se estimó que se producen aproximadamente 328 muertes de murciélagos y 82 muertes de aves por impacto en los aerogeneradores de la Central Eólica Cupisnique al año. Esta

estimación fue calculada en base al número de carcadas frescas totales encontradas para cada grupo (aves y murciélagos), Teniendo en cuenta esto, se realizó una estimación anual (aves y murciélagos) para el total de 45 aerogeneradores de la Central Eólica Cupisnique.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Teoría y práctica dentro de la empresa

Para el diseño y aplicación de estudios de fauna silvestre es importante conocer el comportamiento de la especie o especies en cuestión, tanto en el espacio como en el tiempo. De acuerdo con Zamora (2012), la distribución de los vertebrados en el espacio está ligada a la disponibilidad de recursos o formaciones ecológicas; mientras que la distribución de los vertebrados en el tiempo está ligada a los cambios de estación y ritmo diario de comportamiento (diurnos o nocturnos). La distribución de aerogeneradores en la Central Eólica Cupisnique permite que algunos de estos se encuentren cercanos al mar, otros a la quebrada (Grama Prieta), lo cual podría influenciar en el comportamiento de los vertebrados presentes en el área y sus interacciones.

Otra variable importante para planificar un estudio de fauna silvestre es el área de “dominio vital”. Burt (1943), la define como “aquella área que atraviesa el individuo en sus actividades normales de recogida de alimento, apareamiento y cuidado de las crías”. Así también, Zamora (2012), hace referencia al territorio que necesita el individuo para subsistir, el cual varía incluso para cada actividad a lo largo del tiempo, como alimentación, marcaje, reproducción, etc. Por lo tanto, el área de dominio vital es diferente para cada especie y en algunos casos incluso a nivel de individuo dependiendo del sexo, edad, entre otros.

Existen muy pocos estudios sobre evaluación de fauna en las Pampas de Cupisnique. El monitoreo de flora y fauna realizado en la Central Eólica Cupisnique menciona en sus registros de mamíferos mayores a *Lycalopex sechurae*, comúnmente conocido como zorro de Sechura (Walsh Perú, 2019).

El desarrollo y aplicación de la tecnología de cámaras trampa ha permitido generar información sobre el comportamiento de la fauna silvestre, estimación de tamaño de poblaciones, presencia de especies en un determinado lugar, entre otros. La utilización de esta metodología para la evaluación de fauna silvestre, permite reducir el tiempo y los recursos económicos y humanos necesarios; de la mano con el desarrollo de la tecnología audiovisual, las cámaras trampa han abierto nuevas oportunidades a la ciencia y el manejo de la fauna silvestre.

Otra de las ventajas del uso de esta tecnología es su permanencia en campo; pueden permanecer instaladas por largos periodos, sin necesidad de ser monitoreadas constantemente, funcionando a lo largo del día, la noche, y en condiciones climatológicas que serían bastante desafiantes para un evaluador de fauna, además que, la mayoría de los animales silvestres son bastante esquivos ante la presencia humana, en especial los mamíferos.

Algunos de los objetivos que pueden tener los estudios utilizando cámaras trampa, según Díaz-Pulido y Payán (2012), son los siguientes: (a) determinar la presencia/ausencia de especies, (b) estimar la diversidad de especies, (c) definir patrones de actividad de especies, (d) detectar comportamientos de las especies registradas. En la Central Eólica

Cupisnique se aplicó el estudio de fototrampeo para estimar la diversidad de especies, especialmente mamíferos, y analizar si la presencia de carcasas de aves y murciélagos estaba cambiando el patrón de comportamiento en las áreas próximas a los aerogeneradores.

Actualmente, se cuenta con una variedad extraordinaria de cámaras trampa en tamaños y resolución de imágenes; compuestas por un sistema que detecta el movimiento o calor, el cual envía una señal para disparar el obturador y tomar una fotografía y/o video cuando se produce algún movimiento o cambio de temperatura en el ambiente dentro del área de acción de la cámara. Estos registros fotográficos obtenidos por el uso de cámaras trampa, son prueba irrefutable de la presencia de especies en el área evaluada. Las cámaras utilizadas en las dos (2) estaciones de fototrampeo para el presente estudio poseen sensores de movimiento infrarrojo pasivo (PIR). Según Zamora (2012), estos sensores detectan la radiación infrarroja emitida por los objetos y cuerpos vivos ubicados en su campo de acción.

El ordenamiento y número de cámaras trampa a utilizar en el estudio, depende de los objetivos que se desea alcanzar. En el caso de la Central Eólica Cupisnique, el objetivo principal se basó en conocer cuáles son los carroñeros y/o carnívoros presentes en el área y que, además de esto, visitan el área próxima a los aerogeneradores; así también, conocer si existía un patrón en la frecuencia de sus visitas a los aerogeneradores. Teniendo en cuenta esto, se eligió el número de cámaras trampa suficiente para cubrir el área de interés.

Las cámaras trampa brindan información en cada una de las fotografías, como la hora, fecha, fase lunar y/o temperatura ambiental del momento en que se realiza la captura fotográfica. Es importante que en las imágenes obtenidas aparezca la fecha y hora del evento capturado (Zamora, 2012), con la sistematización y análisis de estos datos se puede obtener información más detallada sobre el comportamiento de la fauna silvestre, como los horarios durante el día y momento del año en el que las especies de interés en las pampas de Cupisnique son más activas, época de reproducción, efecto de la fase lunar, entre otros.

El equipo de fototrampeo requiere de mantenimiento de campo, como cambio de baterías y unidades de grabación (memorias digitales); también es necesario mantener limpio el sensor, el flash y el lente de la cámara, y verificar que no presenten humedad interna o algún tipo de desgaste que pueda afectar su funcionamiento óptimo. El tiempo de duración de las baterías varía según el tipo de cámara y el clima del lugar de muestreo. Al parecer, en áreas con mayor humedad el desgaste de las baterías es mayor. Se recomienda cambiar baterías y memorias cada veinte días (Díaz-Pulido y Payán, 2012). El clima presente en las pampas de Cupisnique es generalmente seco, por lo tanto, no se tuvo problemas con la humedad y con el desgaste de baterías. Sin embargo, sí fue necesario realizar limpieza periódica del flash y lente de las cámaras en la estación permanente, debido a que el fuerte viento llenaba de arena las cámaras instaladas.

Durante las revisiones periódicas, se recogieron las imágenes y revisaron las baterías junto con el funcionamiento correcto de los equipos. Es buena práctica identificar cada

cámara con un código que permita controlar su ubicación y asociar las fotos realizadas con ese equipo en un determinado lugar.

III. METODOLOGÍA

3.1 Área de trabajo

Este estudio se llevó a cabo en el terreno de la Central Eólica Cupisnique (aprox. 1,800 hectáreas), ubicado en la costa peruana, al sur del balneario Puémape, en las pampas de Cupisnique, distrito de San Pedro de Lloc, provincia de Pacasmayo, departamento La Libertad ($7^{\circ}33'17''$ S – $79^{\circ}28'58''$ W). Ubicado en la ecorregión Desierto del Pacífico (Brack y Mendiola, 2000) a 37 msnm, aproximadamente. Este parque eólico está conformado de 45 aerogeneradores; el aerogenerador más cercano a la costa se encuentra a 200 metros del mar, aproximadamente.

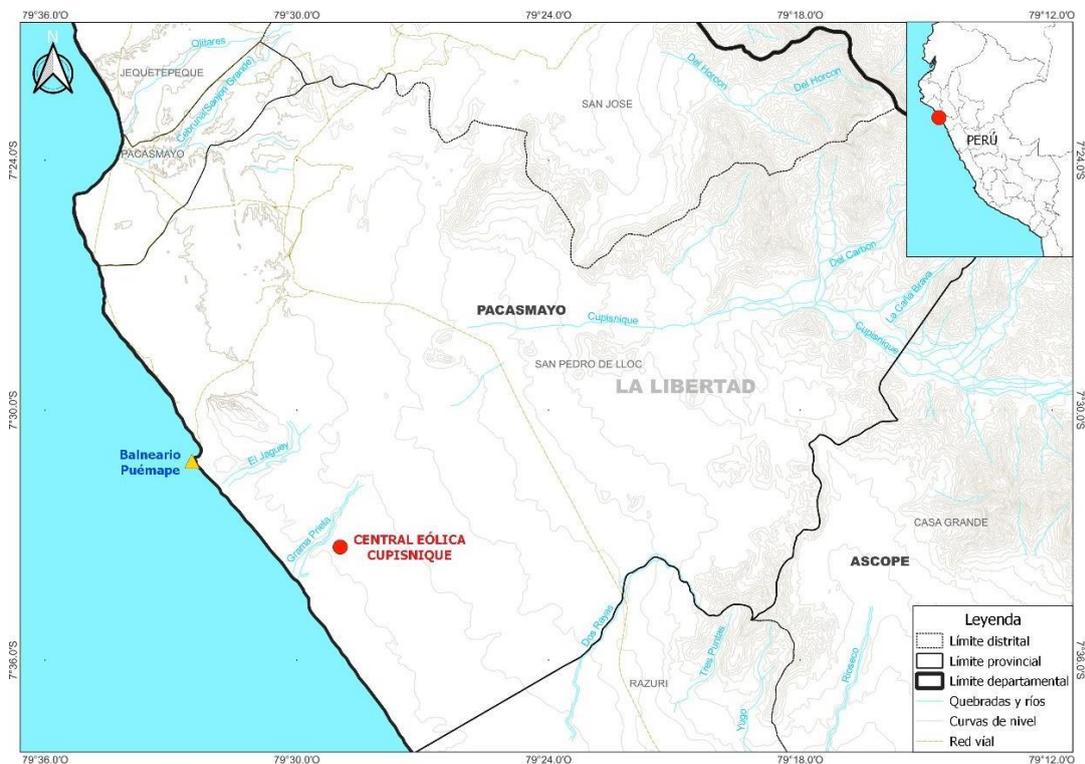


Figura 1: Mapa Ubicación de la Central Eólica Cupisnique

Fuente: Elaboración propia

3.2. Ejecución del estudio

Para la ejecución del presente estudio se llevó a cabo la instalación de dos estaciones de fototrampeo; una permanente y la otra temporal.

Ambas estaciones constaron de cuatro (4) cámaras trampa instaladas equidistantes alrededor de aerogeneradores elegidos al azar (Figura 1).

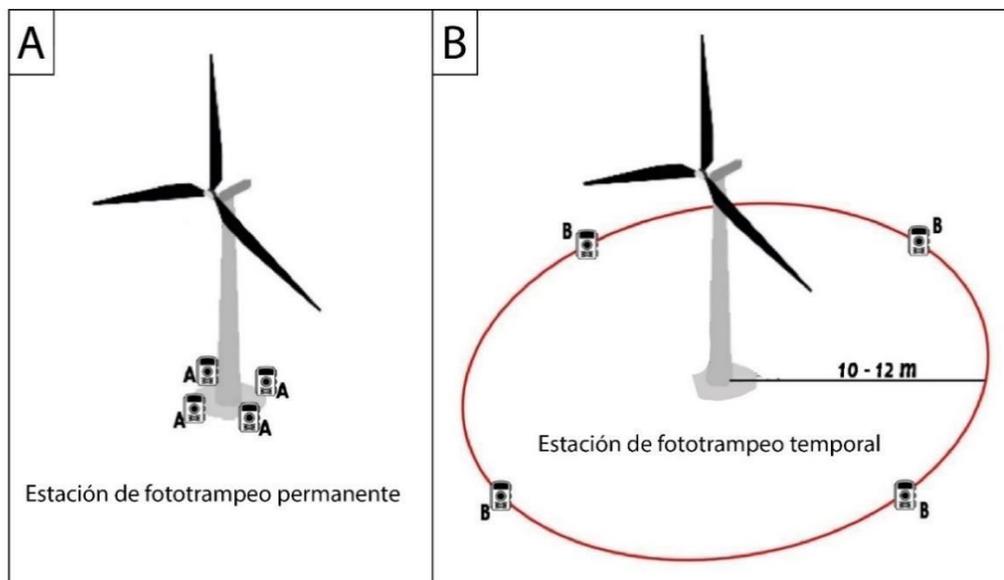


Figura 2: Disposición de las cámaras trampa en la estación de fototrampeo permanente (A) y en la estación de fototrampeo temporal (B). Cada estación estuvo ubicada en un aerogenerador diferente.

Las cámaras trampa de la estación permanente se encontraban dispuestas en la base del aerogenerador N°43, el cual fue elegido al azar dentro del grupo de aerogeneradores que no formaban parte de la muestra de aerogeneradores del estudio de mortandad de aves y murciélagos. Por otro lado, las cámaras trampa de la estación temporal se encontraban

dispuestas a 12 metros alrededor del aerogenerador N°45, el cual fue elegido al azar dentro de la muestra de aerogeneradores del estudio de mortandad de aves y murciélagos.



Figura 3: Fotografía 1 - Cámara trampa Moultrie D-55 IR instalada en los pernos del aerogenerador N°43 en la estación de fototrampeo permanente (A)
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4: Fotografía 2 - Cámara trampa Moultrie M-880c instalada a un extremo del área próxima al aerogenerador N°45 en la estación de fototrampeo temporal (B)
Fuente: Elaboración propia.

Otra diferencia es que, la estación permanente (aerogenerados N° 43) fue instalada el 10 de diciembre del año 2020 (7°31'45" S - 79°29'15" W) y se mantuvo allí hasta finalizar el estudio en el mes de agosto del año 2021 (266 días). Por otro lado, la estación temporal (aerogenerados N° 43) operaba durante las evaluaciones de mortandad (7°31'51" S – 79°29'02" W) a partir de la segunda evaluación, hasta la última (cinco evaluaciones de una semana de duración cada una, 35 días).

Para el presente estudio se realizaron controles cada dos meses para el mantenimiento de equipos (limpieza, cambio de memoria y baterías).

A continuación, en la Tabla 1 se presentan las principales características del equipo utilizado durante las evaluaciones de fototrampeo.

Tabla 1: Modelos de cámaras trampa utilizados y sus principales características

Principales características de las cámaras trampa	Moultrie D-55 IR	Moultrie M-880c
Rango de Detección	9.14m	12.2±1.5 m
Rango de Iluminación	9.14m	21.3 m
Velocidad de Disparo	2.4 seg.	1 seg
Sensores	PIR (infrarrojo pasivo)	PIR (infrarrojo pasivo)

Fuente: Elaboración propia.

Las cámaras utilizadas en las dos estaciones de fototrampeo para el presente estudio poseen sensores de movimiento infrarrojo pasivo (PIR). Según Zamora (2012), estos sensores detectan la radiación infrarroja emitida por los objetos y cuerpos vivos ubicados en su campo de acción, disparando el obturador y tomando la foto.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la estación de fototrampeo permanente se obtuvo un total de 165 fotografías, las cuales se analizaron teniendo en cuenta la coincidencia de fecha y hora del registro en las cuatro cámaras trampa de la estación, contabilizándose así, finalmente, una visita independiente por cada grupo de fotografías del mismo día, hora y especie, resultando un total de 30 visitas.

En la Tabla 2, se presenta el registro de visitas obtenidas en la estación de fototrampeo permanente.

Tabla 2: Resultados de la estación de fototrampeo permanente (aerogenerador N° 43)

N°	Cámara	Fecha (DD/MM/AA)	Hora	Fase lunar	T (°C)	Familia	Género/Especie	Nombre Común
1	CAN-12	14/12/2020	1:48 a. m.	Luna nueva	17	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
2	CAN-13	26/12/2020	2:27 a. m.	Gibosa menguante	16	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
3	CAN-12	28/12/2020	4:04 a. m.	Luna llena	15	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
4	CAN-12	05/01/2021	10:13 p. m.	Cuarto creciente	18	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
5	CAN-12	11/01/2021	3:08 a. m.	Luna creciente	17	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
6	CAN-12	12/01/2021	2:31 a. m.	Luna nueva	17	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
7	CAN-12	17/01/2021	5:40 a. m.	Luna menguante	17	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
8	CAN-12	19/01/2021	9:15 p. m.	Cuarto menguante	20	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
9	CAN-12	28/01/2021	7:49 p. m.	Luna llena	19	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
10	CAN-13	31/01/2021	5:20 a. m.	Gibosa creciente	17	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
11	CAN-12	01/02/2021	3:50 a. m.	Gibosa creciente	16	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
12	CAN-12	12/02/2021	8:00 p. m.	Luna nueva	22	Felidae	<i>Leopardus colocolo</i>	Gato de pajonal
13	CAN-12	4/03/2021	5:46 a. m.	Gibosa creciente	20	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
14	CAN-12	5/04/2021	9:55 p. m.	Luna creciente	20	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
15	CAN-12	30/04/2021	9:05 p. m.	Gibosa creciente	19	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura

Nº	Cámara	Fecha (DD/MM/AA)	Hora	Fase lunar	T (°C)	Familia	Género/Especie	Nombre Común
<u>1</u> 6	CAN-12	10/05/2021	1:29 a. m.	Luna nueva	14	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
<u>1</u> 7	CAN-10	23/05/2021	4:28 a. m.	Gibosa menguante	15	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
<u>1</u> 8	CAN-10	24/05/2021	6:38 p. m.	Gibosa menguante	16	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
<u>1</u> 9	CAN-10	5/06/2021	12:32 a. m.	Luna creciente	16	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
<u>2</u> 0	CAN-12	18/06/2021	3:52 a. m.	Gibosa menguante	16	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
<u>2</u> 1	CAN-13	21/06/2021	6:49 p. m.	Gibosa menguante	16	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
<u>2</u> 2	CAN-12	24/06/2021	2:00 a. m.	Luna llena	15	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
<u>2</u> 3	CAN-13	28/06/2021	11:44 p. m.	Gibosa creciente	15	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
<u>2</u> 4	CAN-13	2/07/2021	6:57 p. m.	Cuarto creciente	15	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
<u>2</u> 5	CAN-12	4/07/2021	6:03 a. m.	Luna creciente	16	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
<u>2</u> 6	CAN-10	13/07/2021	1:21 a. m.	Luna menguante	16	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
<u>2</u> 7	CAN-12	23/07/2021	1:37 a. m.	Luna llena	15	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
<u>2</u> 8	CAN-12	24/07/2021	7:25 p. m.	Luna llena	17	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura
<u>2</u> 9	CAN-10	4/08/2021	11:02 a. m.	Luna creciente	18	Canidae	<i>Canis lupus familiaris</i>	Perro doméstico

N°	Cámara	Fecha (DD/MM/AA)	Hora	Fase lunar	T (°C)	Familia	Género/Especie	Nombre Común
30	CAN-10	30/08/2021	7:03 p. m.	Cuarto creciente	14	Canidae	<i>Lycalopex sechurae</i>	Zorro de Sechura

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo mencionado por Kunz et al. (2007), la remoción de carcasas por carroñeros y/o carnívoros es un factor muy importante a considerar y está ligado al tipo de hábitat predominante en el sitio. Por lo tanto, es importante conocer cuáles son los carroñeros y/o carnívoros presentes en la Central Eólica Cupisnique. En un total de mil sesenta y cuatro (1,064) trampas/noche¹ de fototrampeo permanente, se registró la presencia de tres (3) especies de carnívoros en el área, siendo estas las siguientes: *Leopardus colocolo* (gato de pajonal) *Lycalopex sechurae* (zorro de sechura) y *Canis lupus familiaris* (perro doméstico). El primero se registró por única vez en el mes de febrero. El segundo, *Lycalopex sechurae* (zorro de sechura) fue registrado a lo largo de los ocho (8) meses de evaluación. Por último, el tercero fue registrado una sola vez en el mes de agosto.

Teniendo en cuenta los registros obtenidos en el fototrampeo, el principal carnívoro presente en el parque eólico Cupisnique es *Lycalopex sechurae* (zorro de sechura), el cual presenta hábitos nocturnos (28 visitas de 28 en noche), concordando con Asa y Wallace (1990), quienes mencionan que los zorros son más activos desde antes de la puesta de sol y regresan a su guarida antes del amanecer.

Para la especie *Lycalopex sechurae* (zorro de sechura), se puede observar visitas con periodos que van desde un (1) día como mínimo de separación entre una y otra visita, hasta treinta y siete (37) días como máximo, por lo tanto, no se puede establecer un patrón de comportamiento de la especie en este aerogenerador. El área de “dominio vital” varía

¹ Esfuerzo de muestreo obtenido al multiplicar el número total de cámaras trampa empleadas por el número total de días de muestreo.

para cada especie y, en algunos casos, incluso a nivel de individuo de acuerdo con el sexo de este (Zamora, 2012).

Al igual que la especie *Lycalopex sechurae* (zorro de sechura), la presencia de *Leopardus colocolo* (gato de pajonal) fue registrada durante la noche. Por otro lado, *Canis lupus familiaris* (perro doméstico) fue registrado durante horas de la mañana, permaneciendo aproximadamente tres horas frente a las cámaras. A diferencia de las dos especies nocturnas y solitarias, se captó a dos individuos de la especie *Canis lupus familiaris* (perro doméstico) andando juntos.



Figura 5: Fotografía 3 - Registro de *Lycalopex sechurae* (zorro de Sechura)
Fuente: Elaboración propia.



Figura 6: Fotografía 4 - Registro de *Leopardus colocolo* (gato de pajonal)
Fuente: Elaboración propia.



Figura 7: Fotografía 5 - Registro de dos (2) individuos de la especie *Canis lupus familiaris* (perro doméstico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3: Resultados de la estación de fototrampeo temporal

Fechas (Instalación-Levantamiento)	Nº Días Evalutados	Nº Registros
8-Dic-2020 al 14-Dic-2020	7	0
20-Feb-2021 al 26-Feb-2021	7	0
29-Abr-2021 al 5-May-2021	7	0
1-Jul-2021 al 7-Jul-2021	7	0
27-Ago-2021 al 2-Sep-2021	7	0

Fuente: Elaboración propia.

La estación de fototrampeo temporal (7 días de evaluación, cada dos meses), no registró la presencia de ningún individuo en ciento cuarenta (140) trampas/noche. Sin embargo, sí se obtuvieron registros en estos mismos rangos de fechas en la estación de fototrampeo permanente. Teniendo en cuenta esto, el factor de corrección no debe depender de los valores de la literatura, sino se debe calcular en función de los datos específicos de cada central eólica y la vegetación (Morrison, 2002), así también, tener en cuenta que este factor puede variar dependiendo de la ubicación de cada aerogenerador dentro de la misma zona de estudio como nos muestran los resultados obtenidos por fototrampeo, además de la frecuencia variable de visita del principal carnívoro presente en el área.

Tabla 4: Referencias sobre el factor de corrección

Estudio referencial	N° mínimo de días
Edkins (2008)	3
Walsh Perú (2019)	3
Pennsylvania Game Commission (2013)	7
California Energy Commission (2007)	3

Fuente: Elaboración propia.

Los principales factores de corrección aplicados en evaluaciones de muertes por colisión de aves y murciélagos en parques eólicos, son dos: (a) la habilidad del evaluador para detectar carcasas, la cual es sencilla de calcular; y (b) la remoción de carcasas por carroñeros (zorros, gallinazos, perros cimarrones, etc.: Morrison, 2002), siendo esta última más complicada, ya que depende de la diversidad de posibles depredadores en el área y su comportamiento, la palatabilidad de la carcasa, ubicación, entre otros, subestimando o sobre estimando de esta manera el cálculo de la tasa de desaparición de carcasas.

Según Morrison (2002), la habilidad del evaluador para detectar carcasas puede estar influenciada por la agudeza visual, cansancio, capacidad física, características del terreno y vegetación presente en la zona, etc. En la Central Eólica Cupisnique, este factor fue considerado innecesario debido a que las características del terreno (plano, uniforme y libre de vegetación) facilitaban el avistamiento de carcasas.

Dentro de la lista de estudios realizados sobre el cálculo de factor de corrección, se encuentra a Edkins (2008), quien recomienda utilizar carcasas (cadáveres frescos de murciélagos y aves) en las parcelas de búsquedas para monitorear la remoción diaria al menos por un mínimo de tres (3) días, y a partir de entonces, a intervalos determinados por los resultados de las pruebas piloto de barrido, con el fin de usar carcasas frescas. Sin embargo, al no hacer la evaluación de remoción de carcasas todos los días de evaluación, la propuesta de Edkins podría estar generando sesgos. Primero, una subestimación del sesgo, en el caso que en el periodo de tres días no se produzca la remoción de carcasas, pudiendo esta producirse durante los días siguientes. Segundo, una sobre estimación del sesgo, en el caso que en el periodo de tres días se produzca la remoción de carcasas y posteriormente no. En ambos casos, al aplicarse el factor de corrección obtenido a los resultados del estudio de mortandad, se estaría generando nuevamente una sobre estimación o una subestimación, dependiendo del caso.

En el estudio de mortandad realizado en la Central Eólica Cupisnique por Walsh Perú en el año 2019, la metodología aplicada para la evaluación de la tasa de desaparición de cadáveres consistió en poner señuelos de vísceras de pollo en el entorno inmediato de cinco (5) aerogeneradores, los cuales permanecieron tres (3) días seguidos para luego proceder a la búsqueda de dichos señuelos. Los resultados obtenidos se resumen a la desaparición de dos señuelos de un total de 20. En este caso entra a tallar, además del tiempo (3 días) y número de aerogeneradores (5), la palatabilidad del señuelo, el cual puede resultar para las diferentes especies de carroñeros y/o carnívoros presentes en el área más o menos atractivo, pudiendo generar de esta manera nuevamente un caso de subestimación o sobre estimación del factor de corrección.

A diferencia de estos dos estudios, Pennsylvania Game Commission (2013) y California Energy Commission (2007) coinciden en que los ensayos para determinar la tasa de desaparición se deberían llevar a cabo durante todo el periodo de estudio. Estos difieren entre sí en la frecuencia de monitoreo de las carcadas. El primero menciona que las carcadas deben monitorearse diariamente por lo menos los primeros siete (7) días; después de esto, con una menor frecuencia que no exceda los tres días, mientras que, el segundo menciona que las carcadas sean monitoreadas por tres días como mínimo y posteriormente en intervalos. En ambos casos, al no realizar un monitoreo constante durante todo el periodo de estudio de mortandad, podría generarse un sesgo en el cálculo de factor de corrección, ya que en el estudio de mortandad se busca evaluar la colisión diaria (carcadas frescas), por lo tanto, en estos casos se podría generar una sobre estimación de la tasa de desaparición de carcadas.

De acuerdo con U.S. Fish and Wildlife Service (2012), menciona que los ensayos para determinar la tasa de desaparición se deberían llevar a cabo durante todo el periodo de estudio de mortandad. Teniendo en cuenta los resultados del estudio de fototrampeo en el que se muestra que las especies de carroñeros y/o carnívoros presentes en el parque eólico no muestran un patrón de distribución en el espacio y tiempo, el factor de corrección debería ser calculado mediante estudios que abarquen todos los aerogeneradores incluidos en el estudio de mortandad y el tiempo que este dure.

Otras variables a tener en cuenta en la tasa de desaparición de carcadas es el tamaño de la presa y la temporada. Algunos estudios fueron influenciados, mostrando una tendencia de mayor pérdida de carcadas de aves pequeñas a medianas, incluso grandes aves desaparecieron después de un mes (Morrison, 2002). La remoción de cadáveres por

depredadores se ve influenciada por varios factores, desde la palatabilidad y tamaño de presa hasta el comportamiento de los carroñeros y/o carnívoros presentes en el área; por lo tanto, sería arbitrario aplicar la misma tasa de desaparición de carcasas a aves y murciélagos dentro de un mismo estudio de mortandad teniendo en cuenta lo mencionado por Morrison (2002), cuando se refiere a la variabilidad de la desaparición de carcasas de aves con solo tener en cuenta el tamaño. Teniendo en cuenta estos puntos, se podría estar generando un error en la estimación de la mortandad aplicando un factor de corrección que, al aplicarse, no muestra la realidad de los acontecimientos en el área.

V. CONCLUSIONES

- El cálculo del factor de corrección debe aplicarse durante los diferentes periodos de la evaluación de mortandad, tantos días como esta dure y en cada aerogenerador muestreado. Debido a que, al ser tan variables los tiempos de evaluación aplicados para su cálculo, es muy probable que los resultados puedan estar sobre estimados o subestimados. En el caso de estar sobre estimados, se le adjudica a la empresa un impacto mayor que no es real y del cual no es responsable. Por lo contrario, si esta subestimado, podrían darse efectos en el ambiente que no están previstos en los monitoreos y, de esta manera, la empresa no tomaría acciones para mitigar o compensar los impactos generados.
- De acuerdo con los registros obtenidos en el fototrampeo permanente, el principal carnívoro presente en el parque eólico Cupisnique es *Lycalopex sechurae* (zorro de sechura), de hábitos generalmente nocturnos. Sin embargo, en el tiempo que duró el estudio no se pudo observar un patrón de comportamiento en su distribución espacial; esto puede deberse a las características del ecosistema propias del desierto, como la escasez de alimento, lo que ocasiona que los individuos se desplacen por temporadas a otros lugares de su dominio vital.
- Teniendo en cuenta las recomendaciones y/o aplicaciones de diferentes estudios sobre el factor de corrección, se observa que tanto los tiempos de aplicación como los señuelos utilizados son variables. Existen muchos factores ligados al cálculo de este factor, como son: el entorno, la palatabilidad y tamaño del señuelo, la ubicación del señuelo, la frecuencia de visita de carroñeros o carnívoros y hasta

la ubicación de cada aerogenerador. Por lo tanto, estas aplicaciones no son idóneas.

VI. RECOMENDACIONES

El cálculo del factor de corrección se debe hacer a cada parte de la muestra de la evaluación de mortandad, en mi caso, se debió calcular para cada uno de los 13 aerogeneradores que conformaban la muestra.

Se recomienda que el cálculo del factor de corrección se acompañe de estaciones de fototrampeo para cada una de las partes de la muestra, durante cada día del estudio de mortandad.

Se recomienda que los estudios para el cálculo del factor de corrección para aves y murciélagos sean independientes, debido a que los depredadores no se sienten atraídos de la misma manera por uno y por otro. Teniendo en cuenta esto, la mejor manera de aplicarlo sería con el uso de carcacas frescas, las mismas que se encuentren durante el estudio de mortandad.

La ausencia de registros en la estación de fototrampeo temporal y la obtención de registros durante el mismo rango de fechas en la estación de fototrampeo permanente demuestra que el tiempo de evaluación de factor de corrección para el área donde se encuentra ubicada la Central Eólica Cupisnique debería durar tantos días como dure la evaluación de mortandad y calcularse para cada aerogenerador muestreado independientemente.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Asa, C. y Wallace, M. (1990). Diet and activity pattern of the Sechuran desert fox (*Dusicyon sechurae*). *Journal of Mammalogy* 71(1): 69-72.

<https://doi.org/10.2307/1381318>

Brack, A. y Mendiola, C. (2000). *Ecología del Perú. Parte II. Las regiones naturales del Perú.*

Burt, W. (1943). Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy* 24.

California Energy Commission and California Department of Fish and Game. (2007). California guidelines for reducing impacts to birds and bats from wind energy development. Commission final report, California Energy Commission, Renewables Committee, and Energy Facilities Siting Division, and California Department of Fish and Game, Resources Management and Policy Division. CEC-700-2007-008-CMF. <https://nrm.dfg.ca.gov/FileHandler.ashx?DocumentID=9832>

Díaz-Pulido, A. y E. Payán. (2012). *Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia.* Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera. Colombia. <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31415/240.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Kunz, T., Arnett E., Erickson W., Hoar A., Johnson G., Larkin R., Strickland M., Thresher R. y Tuttle M. D. (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[315:EIOWED\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[315:EIOWED]2.0.CO;2)

Edkins, M. (2008). Impacts of wind energy development on birds and bats: looking into the problems. FPL Energy. <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Edkins-2014.pdf>

Morrison, M. (2002). Searcher bias and scavenging rates in bird/wind energy studies. <https://www.nrel.gov/docs/fy02osti/30876.pdf>.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN). (2021). <https://www.osinergmin.gob.pe/SitePages/default.aspx>

Pennsylvania Game Commission. (2013). Protocols to monitor bird populations at industrial wind turbine sites. <https://www.pgc.pa.gov/InformationResources/AgencyBusinessCenter/WindEnergy/Documents/Amended%20Cooperative%20Agreement%20and%20Exhibits%20-%202013.pdf>.

U.S. Fish and Wildlife Service. (2012) Land-based wind energy guidelines. <https://www.fws.gov/media/land-based-wind-energy-guidelines>

Walsh Perú Ecology and Environment. (2019). Monitoreo de flora y fauna, y monitoreo de mortalidad y uso de hábitat de aves y murciélagos. Informe Central Eólica Cupisnique - Primer Semestre 2019.

Zamora, J. (2012). Manual básico de fototrampeo, Aplicaciones al estudio de los vertebrados terrestres.