

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Facultad de Ingeniería

Tesis:

**El impacto de los parques eólicos en quirópteros
insectívoros en el Parque Eólico San Jacinto en
Arriaga Chiapas.**

Para obtener el grado de:

**Maestro en Ciencias en Desarrollo Sustentable y
Gestión de Riesgos.**

Presenta:

Mauricio Alejandro Espinosa Albores

Director:

Dr. S. Jordán Orantes Alborez

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

Co- Director:

Dr. Arturo Carrillo Reyes

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

Asesores:

Dr. José Bastiani Gómez

UNIVERSIDAD INTERCULTURAL DE CHIAPAS

Dr. Manuel de Jesús Palacios Gallegos

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CHIAPAS



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Abril de 2024.

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Facultad de Ingeniería

Tesis:

**El impacto de los parques eólicos en quirópteros
insectívoros en el Parque Eólico San Jacinto en
Arriaga Chiapas.**

Para obtener el grado de:

**Maestro en Ciencias en Desarrollo Sustentable y
Gestión de Riesgos.**

Presenta:

Mauricio Alejandro Espinosa Albores

Director:

Dr. S. Jordán Orantes Alborez

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

Co-Director:

Dr. Arturo Carrillo Reyes

Asesores:

Dr. José Bastiani Gómez

Dr. Manuel de Jesús Palacios Gallegos



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Abril de 2024.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 08 de abril de 2024
Oficio No. SA/DIP/0209/2024
Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Mauricio Alejandro Espinosa Albores
CVU: 1194851
Candidato al Grado de Maestro en Ciencias en
Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos
Facultad de Ingeniería
UNICACH
Presente

Con fundamento en la **opinión favorable** emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado **El impacto de los parques eólicos en quirópteros insectívoros en el parque Eólico San Jacinto en Arriaga, Chiapas** cuyo Director de tesis es el Dr. Segundo Jordán Orantes Albores (CVU: 251995) quien avala el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido; esta Dirección a mi cargo **autoriza** la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el **Grado de Maestro en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos**.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento impreso, así como realizar la entrega en esta Dirección de un ejemplar empastado.

Atentamente
"Por la Cultura de mi Raza"


Dra. Carolina Orantes García
Directora



C.c.p. Ing. Mónica Catalina Cisneros Ramos, Directora de la Facultad de Ingeniería, UNICACH. Para su conocimiento.
Dr. Arturo Carrillo Reyes, Coordinador del Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNICACH. Para su conocimiento.
Archivo/minutario.

RJAG/COG/igp/gtr

2024 Año de Felipe Carrillo Puerto
BENEMÉRITO DEL PROLETARIADO,
REVOLUCIONARIO Y DEFENSOR DEL MAYAB.



Dirección de Investigación y Posgrado
Libramiento Norte Poniente 1150 C.P. 29039
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Teléfono: (961) 61 70440 Ext: 4360
investigacionyposgrado@unicach.mx

Dedicatoria y agradecimiento

“No te rindas, la vida es eso, continuar el viaje, perseguir tus sueños, destrabar el tiempo, correr los escombros y destapar el cielo”

Mario Benedetti

Agradezco a Dios guiarme hacia la superación personal y profesional.

Agradezco a mi familia, por su apoyo, paciencia y amor incondicional en todo momento.

Agradezco a Julián, porque aun sin saberlo es mi motor para superarme y para ser un buen ejemplo.

Agradezco a mis asesores, que sin ellos no hubiera sido posible lograr los objetivos.

ÍNDICE

Resumen	8
Abstract	9
CAPÍTULO I	10
LOS AEROGENERADORES, FUNCIONES Y RELACIONES	10
1.1 Introducción.....	10
1.2 Objetivos e Hipótesis.....	12
1.2.1 Objetivo General.....	12
1.2.2 Objetivos específicos:.....	12
1.3 Justificación del Estudio y contexto	12
1.3.1 Área de estudio.....	12
CAPÍTULO II	16
MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL	16
2.1 Las implicaciones de las energías renovables o “limpias” en el dilema del progreso y la conservación natural.	16
2.1.1 La historia de la energía eólica y sus implicaciones.....	16
2.1.2 Los quirópteros en el mundo y su mundo.....	19
2.1.3 Las funciones y servicios ecológicos de los quirópteros: vitales para el planeta.....	19
2.1.4 Las actividades antropogénicas y el impacto en el hábitat de los quirópteros.....	21
2.1.5 Los impactos sobre la fauna.	22
2.1.6 La mortalidad de la fauna	23
2.1.7 Alteraciones en los hábitats naturales.....	23

2.8 Mortalidad de quirópteros	25
2.10 Muerte por barotrauma o colisión: en suspenso.	25
2.2 Quirópteros en México, Chiapas y Arriaga	30
CAPÍTULO III	32
CONSTRUCCIÓN DE LA RUTA METODOLÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN	32
3.1 Material y métodos.	32
3.2. Análisis multitemporal de la cobertura vegetal (2010-2023)	33
3.3. Registro de señales de ecolocalización para la identificación de especies	35
CAPÍTULO IV	37
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	37
4.1 Análisis multitemporal de la vegetación	37
4.2 Análisis acústico	47
DISCUSIONES Y CONCLUSIONES	51
Referencias	55
ANEXOS	60

Resumen

El estudio se realiza en la región de San Jacinto, Arriaga, Chiapas; desde el año 2010 hasta el 2023, con un área analizada de 6,314.13 hectáreas; con dos propósitos centrales, primero, indagar las especies de quirópteros insectívoros que cohabitan en la región, y segundo, indagar si debido a la pérdida de la biomasa y/o vegetación provoca un desequilibrio, deterioro o mortalidad de los quirópteros y las implicaciones ecológicas que conlleva.

De acuerdo al análisis multitemporal de uso de suelo y a grabaciones de ecolocalización, se encontró que en la zona se distribuyen 11 especies de quirópteros insectívoros. Podemos señalar que la instalación y operación de los parques eólicos pueden generar afectaciones en quirópteros insectívoros por los hábitos alimenticios, altura, horarios y rutas de vuelo. Particularmente las familias de quirópteros más susceptibles de ser afectadas por los impactos con las estructuras de los aerogeneradores son la Emballonuridae y Molossidae.

Abstract

The study is carried out in the region of San Jacinto, Arriaga, Chiapas; from 2010 to 2023, analyzing area of 6,314.13 hectares; two central purposes, first, to investigate the species of chiropterans insectivorous that cohabit in the region. Second investigate the whether, due to the loss of biomass and/or vegetation that causes an imbalance, deterioration or mortality of the chiropterans and the ecological implications that entails.

According to the multi-temporal analysis of land use and echolocation recordings, it was found that 11 species of Chiropterans insectivorous are distributed in the area. We can point out that the installation and operation of wind farms generate effects on insectivorous due to eating habits, altitude, schedules and flight routes. Particularly the most affected families are the Emballonuridae and Molossidae. Due to the above, they are highly susceptible to impacts with the structures of the wind turbines.

CAPÍTULO I

LOS AEROGENERADORES, FUNCIONES Y RELACIONES

1.1 Introducción

El aprovechamiento y desarrollo de las energías renovables en México, en términos muy generales, básicamente se relaciona con las necesidades de cobertura eléctrica en el país. La extensa geografía del territorio nacional, aunada a miles de poblaciones rurales ubicadas en zonas de difícil acceso y con limitados medios de comunicación, ha dificultado y encarecido la extensión de la red eléctrica nacional (USAID, 2009, pág. 28).

Al sur del municipio de Arriaga, Chiapas se ha instalado el parque eólico San Jacinto que consta de 10 aerogeneradores verticales. Los trabajos de construcción iniciaron en el año 2017 y comenzando las operaciones iniciaron el 12 de abril de 2018 (Hernández & Ventura, 2019, pág. 26).

La construcción de parques eólicos puede resultar en la fragmentación de extensiones contiguas de hábitat, afectando principalmente a la avifauna y los organismos de movimiento lento. Esto puede provocar el desplazamiento de especies y un aumento de la temperatura del suelo que repercutiría en el flujo de aguas superficiales y los procesos tróficos básicos como las relaciones de la cadena alimenticia entre plantas, insectos y depredadores (SEGOB, 2013, pág. 13).

En la actualidad existen más de 1,400 especies reconocidas de murciélagos en todo el mundo, aproximadamente una cuarta parte de todas las especies de mamíferos conocidas (Wilson & Mittermeier, 2019).

Mediante la presente investigación se explora un análisis multitemporal de la cobertura vegetal, fuentes de agua, posibles espacios de descanso, reproducción y/o alimentación de quirópteros a partir del año 2010 hasta el año 2023, comparando la pérdida vegetal en dicho periodo de tiempo por las actividades antropogénicas, como la construcción de caminos y la instalación del propio complejo eólico, además de actividades agrícolas y ganaderas que predominan en esta región. El área de estudio comprende un polígono de 33 km de diámetro y un área de 6,340 hectáreas.

El estudio demuestra como la pérdida y el cambio del hábitat natural para estas especies de mamíferos ha provocado afectaciones de manera considerable a las poblaciones que cohabitan en el espacio del parque eólico San Jacinto. Este impacto negativo provoca cambios inesperados en su distribución obligándolos a emigrar a otros espacios, conllevando inestabilidad en los ecosistemas naturales de la región costera de Chiapas.

La disminución de la cobertura vegetal arbórea -cambios del paisaje- por la deforestación para la agricultura y ganadería básicamente, además de la instalación del parque eólico, han impactado negativamente en el hábitat de los quirópteros insectívoros en la región.

Los objetivos se centran en determinar y caracterizar las especies de quirópteros insectívoros en la región y asociar con los resultados del análisis multitemporal del tipo de vegetación existente en el periodo comprendido de 2010 al 2023, y demostrar con evidencias científicas que la afectación de estas especies se han acelerado precisamente por la instalación del desarrollo eólico San Jacinto, y con ello la disminución de los procesos naturales de conservación del equilibrio ecológico y control de plagas por acción de diferentes especies murciélagos.

1.2 Objetivos e Hipótesis

La disminución de la cobertura vegetal arbórea -cambios del paisaje- por la deforestación para la agricultura y ganadería básicamente, además de la instalación del parque eólico, han impactado negativamente en el hábitat de los quirópteros, en particular, los insectívoros en la región.

Los objetivos se centran en:

1.2.1 Objetivo General

Determinar y caracterizar las especies de quirópteros, particularmente insectívoros en la región, y asociar con los resultados del análisis multitemporal de la pérdida de vegetación arbórea en el periodo comprendido de 2010 al 2023 y los impactos a los ecosistemas naturales de la región.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Demostrar con el estudio de análisis multitemporal que han existido cambios bruscos en la cobertura vegetal desde la instalación del Parque Eólico San Jacinto, además de las alteraciones provocadas por las actividades agrícolas.
- Identificar con el dispositivo (AudioMoth) las especies de murciélagos, particularmente los insectívoros que cohabitan en la región de San Jacinto.

1.3 Justificación del Estudio y contexto

1.3.1 Área de estudio.

México cuenta con un gran potencial de recursos eólicos en varias entidades federativas específicamente en el istmo de Tehuantepec en los estados de Oaxaca

y Chiapas. Los vientos en el istmo de Tehuantepec son además relativamente estables, un porcentaje alto de horas por año, de ahí que su potencial energético sea considerado como excelente. Las características topográficas del istmo de Tehuantepec son igualmente favorables para la instalación de centrales eoloelectricas. Todo ello lo distingue como uno de los sitios más atractivos en el mundo para la explotación eólica en escala comercial (Juárez-Hernández & León, 2014, pág. 141).

El parque eólico San Jacinto se encuentra ubicado en Carretera Arriaga a Villa del Mar Km. 12 Rancho San Jacinto, C.P. 30465, Chiapas. En él se encuentran distribuidos 10 aerogeneradores de potencia nominal de 2.0 MW a una distancia de 300 metros aproximadamente cada uno (Imagen 1). Así mismo el parque cuenta con una subestación elevadora, una casa de máquinas, líneas de transmisión de 13.2 km de distancia que conecta hasta la subestación de Switcheo. Cuenta con un terreno de 100 hectáreas el cual se adquirió en 2009 (imagen 2), para el año 2010 se obtuvo el permiso de generación por parte de la CRE, por otro lado, para este mismo año se llevaron a cabo los trámites ante INAH, SEMARNAT, SCT, Gobierno del Estado, CRE, CENACE y CFE (Hernández & Ventura, 2019, págs. 25-26).

La disponibilidad y comportamiento de los vientos en la zona, que ubican en un área donde la energía eólica está clasificada como destacada y espléndida. La velocidad media del viento es próxima a los 7 m/seg. en muchas de las zonas del Parque (GEOMEX, 2018, pág. 16).

Imagen 1

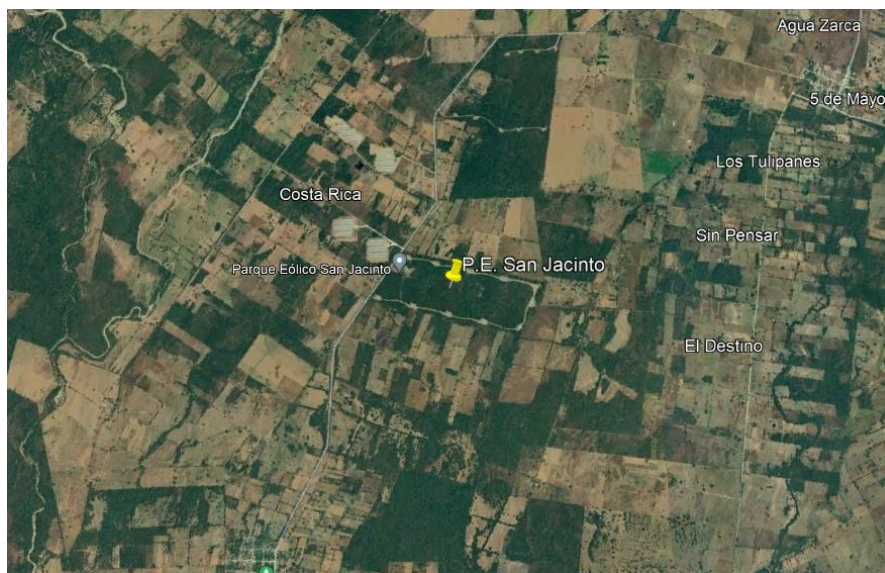


Nota: Aerogeneradores funcionando en el P.E. San Jacinto

Fuente: Elaboración propia

Las corrientes de aire en la región costera de Chiapas se intensifican en los meses de septiembre a enero hasta en 80%. Durante el año se destacan dos regiones con velocidades de vientos fuertes, estas son durante otoño e invierno mientras que en primavera y verano los vientos se vuelven menos intensos (Canché, 2020, pág. 23). El rango de temperatura media anual es de entre 16°C y 30°C con una precipitación anual de entre 1200 mm y 3000 mm. El clima de Arriaga es cálido subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (55.21%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (37.69%), semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (5.66%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano (0.81%) y templado húmedo con abundantes lluvias en verano (0.63%) (INEGI, 2010, pág. 2).

Imagen 2



Nota: Imagen satelital de la zona de estudio en Arriaga, Chiapas.

Fuente: GoogleEarth. Fecha de consulta: 10 de enero de 2023.

En síntesis la justificación de investigar en esta dirección, la trascendencia e importancia de del impacto de los aerogeneradores en la región de San Jacinto, Arriaga, Chiapas en los quirópteros en la región, particular, a los insectívoros, responde a una serie de estudios ya realizados en otras latitudes; sin embargo, en este caso, se asocia con la pérdida o cambio de uso de suelo de la cobertura vegetal toda vez que fue instalado el parque eólico, actividades agrícolas y su impacto en los ecosistemas naturales en la región..

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL

2.1 Las implicaciones de las energías renovables o “limpias” en el dilema del progreso y la conservación natural.

2.1.1 La historia de la energía eólica y sus implicaciones.

Con base al Instituto Superior de Medio Ambiente (ISMA) 2021, en España, el origen del viento como fuente de energía es muy temprano en la historia de la humanidad, y comienza con el uso de velas para desplazar embarcaciones para luego evolucionar a la molienda del grano y el bombeo de agua como algunas de sus primeras aplicaciones mecánicas. No obstante, existe controversia sobre cuándo comenzó a utilizarse para la obtención de energía mecánica. Algunas teorías apuntan a que fue en Babilonia en el siglo XVII a.C., cuándo el emperador Hammurabi diseñó un sistema de aprovechamiento del viento para sus planes de irrigación agrícola. Otros consideran que es en la India donde surgieron los primeros molinos de viento, pues ya aparecen reflejados en la obra Arthashastra, un antiguo tratado en sánscrito del siglo IV a.C. sobre gobierno, política y economía. En cualquier caso, no existen pruebas materiales de tales artilugios, por lo que ambos orígenes quedan en el marco de la especulación. De hecho, no es hasta el año 200 a.C. cuándo se tiene constancia física de los primeros molinos de viento en tierras persas (actual Irán). Estos eran de eje vertical, con velas hechas de caña o madera, de un tamaño entre 5 y 9 m de alto, y se utilizaban normalmente para la molienda del grano.

A Europa llegaron a principios del siglo XII, siendo adoptados por los franceses en el año 1105 d.C., y posteriormente por los ingleses entorno al 1191. Para el siglo XIII ya estaban plenamente asentados y extendidos por la mayor parte del continente, pero, a diferencia de

los molinos persas de eje vertical, en Europa se utilizaban molinos de eje horizontal. Los holandeses fueron pioneros en su fabricación y diseño, y aportaron modelos tan relevantes como el tipo tjasker o el de plataforma móvil, que ya incorporaban rotores aerodinámicos y tenían el mecanismo protegido de la intemperie.

A mediados de 1700 estos molinos cruzaron el Atlántico y llegan a América a través de los colonos holandeses, que los utilizaban para bombear agua de tierras anegadas. Desde ese momento fueron evolucionando hasta derivar, a mediados de 1800, en el icónico molino multipala de bombeo para usos agrícolas tan retratado por el cine de Hollywood. Este modelo fue tan popular que solo en EEUU se instalaron 6 millones de unidades entre 1850 y 1930.

A finales del siglo XIX y principios del XX comienzan a aparecer los primeros sistemas eléctricos. El primer molino productor de electricidad lo diseñó en 1887 el profesor James Blyth, del Anderson's College en Glasgow. Y ese mismo año, en Ohio (EEUU), Charles F. Brush construye una turbina de 12 kW preparada de cargar baterías que estuvo funcionando 20 años. Pero es en 1890 cuando Poul la Cour construye en Askov, Dinamarca, el que es considerado como el primer aerogenerador moderno capaz de abastecer de energía a zonas pobladas. En 1910 ya había centenares de este modelo suministrando electricidad a las aldeas danesas, y hacia el 1925 comienzan a comercializarse en EEUU diseños de entre 0,2 y 3 kW de potencia.

A partir de este momento el desarrollo de los aerogeneradores será continuo y comenzará a experimentarse con los diseños. En 1920 el ingeniero francés Georges Jean Marie Darrieus construye su turbina de palas curvas ancladas a un eje vertical, también llamado aerogenerador Darrieus. En 1922 el inventor finlandés Sigurd J. Savonius desarrolla los rotores Savonius que convierten la energía del viento en energía de torsión y ésta en

electricidad. En 1931 Julius D. Madras inicia el registro de la patente de una turbina que producía energía en base al efecto Magnus, que es el resultado de una corriente de aire al pasar sobre un cilindro giratorio. Ese mismo año se construye en Rusia el primer modelo industrial de 100 kw potencia, en Balaclava, a orillas del Mar Caspio; y poco después ya hay parques eólicos experimentales en Dinamarca, Estados Unidos, Francia, Alemania y Gran Bretaña. En 1941 se produce un cambio en la escala de producción de energía con la llegada del aerogenerador Smith-Putnam de 1250 kW, un diámetro de rotor de 53 m y una altura de 34 m, que estuvo operando durante 1100 horas hasta un que sufrió un fallo de palas en 1945. El modelo Smith-Putnam marcó un antes y un después al demostrar que la obtención de electricidad a gran escala a partir de la energía eólica era viable.

A partir de la década de 1950 se intensifica la investigación y se introducen en el diseño conceptos como la velocidad de punta de pala o los rotores de velocidad constante, desarrollados en Alemania en 1968. Tras la crisis del petróleo en 1973 se produce una reactivación del interés por la energía eólica, incrementándose la investigación en análisis de recursos, desarrollo de materiales y estructuras, y reducción de costes. Durante este periodo la NASA desarrolló los aerogeneradores MOD (modelos 0, 1, 2 y 5) de eje horizontal, mientras la empresa Sandia Laboratories trabajaba en la mejora de los aerogeneradores de Darrieus, y estuvo diseñando modelos de distinto tamaño a lo largo de la década de 1980. En este periodo aparecen también otros conceptos nuevos como el aerogenerador Musgrove, las turbinas DAWT o los aerogeneradores de vórtice. Desde entonces los aerogeneradores y la producción de electricidad a partir de la energía eólica no han dejado de evolucionar con aerogeneradores cada vez más grandes y potentes, incluso en el mar.

Con base a Salguero (2018), enfatiza que por la situación actual de cambio climático y escasez de combustibles fósiles, las energías renovables en la mayoría de los países desarrollados del mundo han recibido un gran impulso para la instalación y desarrollo de parques eólicos; sin embargo, advierte que si bien es cierto que la energía eólica es una de las formas más prometedoras de energía renovable, también se ha demostrado tener un impacto negativo sobre la distribución, abundancia y comportamiento de las poblaciones de fauna silvestre, especialmente aves y murciélagos.

2.1.2 Los quirópteros en el mundo y su mundo.

De acuerdo a Rodríguez San Pedro. Et al (2014), los murciélagos, son un grupo de mamíferos placentarios especializados y diversos que pertenecen al Orden Chiroptera, se contabilizan más de 1300 especies, representan un 25% de las especies actuales de mamíferos a nivel mundial, convirtiéndolos en el segundo grupo de vertebrados más numeroso del planeta, solamente superado por los roedores. Los murciélagos habitan en todos los continentes, exceptuando los polos, siendo las zonas tropicales y en particular las del Centro y Norte de Sudamérica las que concentran el mayor número de especies. Agregan que su éxito evolutivo se debe fundamentalmente a su capacidad de vuelo, característica única para los mamíferos y a su adaptación para producir y recepcionar sonidos mediante un sofisticado sistema de ecolocalización.

2.1.3 Las funciones y servicios ecológicos de los quirópteros: vitales para el planeta

Definitivamente las actividades y funciones que realizan los quirópteros en los entornos naturales favorecen al mantenimiento y conservación de los ecosistemas, el acto de alimentarse y trasladarse de un lugar a otro, por citar sólo estas dos actividades, promueven

muchos beneficios para los equilibrios del mismo ecosistema. Bajo esta perspectiva la diversidad de murciélagos (Orden: Chiroptera) representa el 25% de la riqueza total de mamíferos (Simmons 2005), posicionándolos como el segundo grupo más diverso (Wilson y Kays 2009). Los murciélagos cumplen funciones ecológicas como la polinización, la dispersión de semillas y control de plagas, estos servicios ambientales los ubica como el grupo funcional con mayor relevancia para el equilibrio del ecosistema (Zamora-Gutiérrez et al. 2021). La diversidad, los tipos de dieta (Denzinger y Schnitzler 2013) y los servicios ambientales que provee la comunidad de murciélagos, son el resultado de las complejas interacciones bióticas y abióticas que ocurren en los hábitats y que influyen en su riqueza y distribución (Barrios-Gómez et al. 2019). Los murciélagos insectívoros, cerca del 70%, cumplen la función de reguladores de poblaciones de insectos que, en su mayoría, son plagas para los cultivos agrícolas (Charbonnier et al. 2021). Los murciélagos frugívoros, 20% aproximadamente, y varias especies vegetales han coevolucionado, el murciélago una vez que consume la pulpa de la fruta madura, dispersa a la planta durante el vuelo mediante una lluvia de semillas, esto trae otros beneficios como la reforestación pasiva de selvas y bosques (Saldaña-Vázquez et al. 2019). Los murciélagos nectarívoros, que comprenden un 7% de la población, funcionan como reguladores de la diversidad genética para especies de cactáceas, cuyo grado de dependencia varía a lo largo de la distribución geográfica y de la habilidad alimenticia de los murciélagos para complementar alguna fase de su ciclo reproductivo (Munguía-Rosas et al. 2009). Los murciélagos carnívoros, que representan entre el 2% ó 3% de la población y los hematófagos (tres especies con distribución en México) cumplen una relación antagónica con otras especies, al fungir como depredadores (Marques-Dracxler y Kissling 2021) y muestran un potencial para la salud humana como la saliva del murciélago

vampiro *Desmodus rotundus*, que contiene un anticoagulante eficaz para el tratamiento de padecimientos del sistema vasodilatador (Kakumanu et al. 2019).

2.1.4 Las actividades antropogénicas y el impacto en el hábitat de los quirópteros.

Recuperando informaciones de algunos estudios sobre los impactos de las actividades antropogénicas en los hábitat naturales de los murciélagos, encuentro que efectivamente los ecosistemas presentan cierto grado de efectos y/o perturbaciones por la intervención humana, como las actividades antropogénicas de cambio de uso de suelo, deforestación, limitación de los abastecimientos de agua, entre otros, que definitivamente afectan el hábitat de los murciélagos, pero hay diversos trabajos que demuestran que la modificación del paisaje no afecta de la misma forma a todas las especies y grupos funcionales (García-Morales et al. 2013). La fragmentación del bosque original donde se refugian los murciélagos genera un efecto que particiona el paisaje en parches más pequeños de vegetación, al incorporarse nuevos elementos al paisaje como la agricultura, ganadería, infraestructura o vías de comunicación (Vázquez-Domínguez et al. 2011). Este impacto cambia la estructura y función del hábitat de los murciélagos, ya que los pocos remanentes de hábitat quedan menos conectados y más aislados entre sí, lo que genera variación en la comunidad de murciélagos como respuesta de borde (Carballo-Morales et al. 2021).

2.1.5 Los impactos sobre la fauna.

De igual manera con base a la información proporcionada por Instituto Superior de Medio Ambiente (ISMA), 2021, Evaluación y seguimiento del impacto de los parques eólicos sobre la fauna, se señala que las consecuencias del desarrollo de la energía eólica sobre la fauna es un tema ampliamente debatido, y cuyo grado de conocimiento ha ido evolucionando a lo largo de los años. En áreas como la planificación y la mitigación se han conseguido llegar a cierto consenso entre los expertos, pero en otras como la cuantificación de los impactos aún quedan aspectos por clarificar, lo que obliga a una constante revisión de los postulados y metodologías de control. Y si bien la mayor parte de información disponible hace referencia a las instalaciones en tierra (onshore), en los últimos años se han incrementado los estudios sobre sus efectos en el medio marino (offshore).

Se sabe que los impactos principales de los parques eólicos sobre la fauna pueden ser directos, como la mortalidad; o indirectos, como los efectos poblacionales o los derivados de la alteración de los hábitats (fragmentación, desplazamiento, efecto barrea, etc.). En términos generales, la magnitud e influencia están determinadas por una combinación de las características de las especies (morfología, longevidad, tasas de reproducción, fenología, abundancias, comportamiento, etc.) y del propio lugar de ubicación de las centrales (tipos de hábitats, estructura y calidad del paisaje, características del parque eólico, climatología, etc.). Los grupos más afectados son las aves y los murciélagos, aunque con la proliferación de parques eólicos marinos se han comenzado a describir impactos también sobre los mamíferos marinos.

Debido a la complejidad de las relaciones entre los factores implicados en los impactos no se pueden establecer fórmulas simples y únicas de mitigación, sino que debe optarse por una

combinación de medidas adaptadas a las características de cada ubicación, especies afectadas y particularidades del parque eólico.

2.1.6 La mortalidad de la fauna

La mortalidad se produce por la interacción directa o indirecta con alguno de los componentes de un aerogenerador u otras infraestructuras del parque eólico. Es considerado el principal impacto ecológico, aunque las consecuencias sobre la biodiversidad no están del todo definidas. Los principales grupos de fauna afectados son las aves y los murciélagos. Entre las aves, los paseriformes son los que más registros presentan; pero son las rapaces las más sensibles a este impacto por presentar un riesgo de colisión mayor, bajas abundancias, alta longevidad, baja tasa reproductora y estatus de conservación más delicados. Para los murciélagos, aunque los eventos de mortalidad no se consideran fortuitos y probablemente se vean atraídos por los aerogeneradores, las causas y características que determinan las colisiones no están claras. En los últimos tiempos, se ha empezado a sospechar que la incidencia de la mortalidad sobre este grupo podría ser mayor que en las aves, lo que unido a sus bajas tasas de reproducción y larga longevidad, podría implicar impactos negativos sobre las poblaciones en el medio y largo plazo.

2.1.7 Alteraciones en los hábitats naturales

En términos de alteraciones de los hábitats, en este caso, las actividades antropocéntricas, agricultura, ganadería, etc., y la instalación del parque eólico San Jacinto, provocó que la influencia del desarrollo eólico sobre los hábitats y las especies que albergan es poco conocida. A grandes rasgos los impactos están relacionados con los efectos derivados de la pérdida y deterioro de los hábitats, como la fragmentación, el desplazamiento de especies o el efecto barrera. La mayoría de los estudios realizados han tenido como objeto al grupo de

las aves, existiendo pocas evidencias para el caso de los murciélagos, lo que hace difícil establecer relaciones con las alteraciones del hábitat para este grupo.

La implantación de aerogeneradores e infraestructuras y actividad asociada (subestaciones transformadoras, tendidos eléctricos, nuevos viales, incremento del tránsito de personas y vehículos, etc.) implica el deterioro y fragmentación de los hábitats donde se ubican. En términos generales, los cambios progresivos en la configuración y calidad del paisaje suponen:

1) *La fragmentación del hábitat* se produce por la ocupación y merma de la calidad del paisaje en el entorno de las infraestructuras. Entre sus consecuencias está la pérdida de superficie local de hábitat, la reducción del tamaño medio de los parches, el incremento en el número de fragmentos de hábitat y el aumento de la distancia entre ellos. Sus consecuencias potenciales son la disminución poblacional, la merma en la capacidad de carga y resiliencia de los fragmentos, el aislamiento de los individuos y un aumento del efecto borde.

2) *El desplazamiento de individuos* se asocia a la ocupación directa de los hábitats por las infraestructuras, pero también al incremento de las molestias por el tránsito de personas y vehículos, de la contaminación lumínica y acústica, etc. Sin embargo, se trata de un tipo de impacto sobre el que no hay patrones claramente definidos, y que parece estar asociado a las características concretas de la ubicación y de las especies afectadas.

3) *El efecto barrera* se vincula con la reducción en la capacidad de movimiento de los individuos y la conectividad entre los hábitats que generan las instalaciones y las actividades

asociadas. Estos efectos son consecuencia de la creación de barreras físicas más o menos impermeables y de cambios en el comportamiento de las especies.

Las consecuencias para las aves de los cambios en los ecosistemas provocados por los parques eólicos no están claras, y probablemente estén condicionadas por relaciones complejas entre los tipos de hábitats y las especies presentes en el lugar de la ubicación. La consecuencia de la alteración de los hábitats más reportada es el desplazamiento, que afecta principalmente a anseriformes (cisnes, gansos y patos) y caradriformes (avutardas, sisones, alcaravanes, gaviotas, limícolas), especies que normalmente no muestran eventos de colisión importantes. ISMA (2021).

2.8 Mortalidad de quirópteros

Es del dominio académico y científico que el conocimiento del impacto de los parques eólicos sobre los murciélagos es aún muy reducido y apenas se han descrito patrones generales. El impacto de mayor relevancia es la mortalidad por interacción con los aerogeneradores y su influencia es elevada en casi todas las centrales donde se ha analizado, llegando a superar a la de aves. Además, recientemente se ha comenzado a sospechar que podría estar infraestimada como consecuencia de la baja detectabilidad de los restos de murciélagos y de controles deficientes. Y es que la mortalidad de murciélagos es especialmente preocupante por su impacto a nivel poblacional, ya que se trata de especies longevas, con tasas de reproducción muy bajas y un crecimiento demográfico lento, lo que les dificulta mantener poblaciones estables y recuperarse de las mermas.

2.10 Muerte por barotrauma o colisión: en suspenso.

La mortalidad de murciélagos en los parques eólicos es consecuencia de la interacción directa o indirecta con el aerogenerador en funcionamiento. La mortalidad directa se produce cuando

un individuo colisiona en su trayectoria de vuelo con las palas de los aerogeneradores. La mortalidad indirecta o barotrauma es debida a los cambios bruscos de presión producidos por la pala al pasar a gran velocidad junto al murciélago, lo que le ocasiona daños internos irreversibles. Esta última tipología ha sido puesta en duda recientemente al considerarse que las diferencias de presión no son lo suficientes como para provocar el colapso de los órganos internos, y que las lesiones descritas por esta causa también serían compatibles con impactos directos. No hay registros de mortalidad en infraestructuras estáticas como torres, góndolas o palas paradas. No está claro porqué los murciélagos interaccionan con los aerogeneradores, pero la información disponible apunta a que no es un hecho fortuito, y a que se verían atraídos por ellos condicionados por una combinación de factores asociados a las particularidades de las especies y el entorno. El mismo informe ISMA (2021) enfatiza que existen varios factores que apuntan estos fenómenos:

- *Factores de la especie*

Una de las principales hipótesis es que las especies con mayor tendencia a utilizar zonas abiertas para desplazarse o alimentarse son más propensas a sufrir colisiones. De hecho, en Europa, EEUU y México las muertes más frecuentes son de especies de vuelos rápidos, con alas largas y estrechas, que cazan en el aire y usan espacios abiertos. En EEUU muchas de ellas son arborícolas y migradoras de larga distancia. Igualmente, se ha observado que en norte de Europa y en Norteamérica hay un patrón definido con picos de mortalidad a finales de verano y principios del otoño, pero que no es tan evidente en las latitudes templadas del sur de Europa, y difiere de los existentes en zonas tropicales. No se han descrito tendencias claras hacia un sexo concreto, y es probable que la mortalidad dependa de cada especie y ubicación. En EEUU, los registros recogen una mayor mortalidad en individuos adultos,

aunque se dan excepciones donde mueren más juveniles. En cualquier caso, se desconocen las causas últimas de las diferencias de edad entre especies, años y ubicaciones.

- *Factores ambientales*

La velocidad del viento se perfila como la variable ambiental más influyente ya que la mayor parte de la mortalidad coincide con los periodos en los que es baja (< 6m/s). En Europa y Norteamérica, además, se ha observado una relación positiva entre la mortalidad y el incremento de la temperatura ambiente; y algunos autores la asocian también con una bajada en la humedad relativa. Estas condiciones ambientales se correlacionan con los periodos de actividad de los insectos y podrían desencadenar los movimientos de los quirópteros como respuesta a una señal de disponibilidad de alimento. Por otro lado, estudios recientes han demostrado que los murciélagos utilizan el entorno inmediato de los aerogeneradores como zonas de alimentación debido a la abundancia y diversidad de insectos que allí se concentran. De hecho, diversos trabajos han observado que un número significativo de individuos habría muerto durante o después de la alimentación. En cambio, no hay datos concluyentes que relacionen la mortalidad con las características del hábitat o la topografía. En España y Portugal los registros parecen reflejar que la proximidad a laderas pronunciadas sin vegetación sería uno de los factores de riesgo influyentes. Los roquedos y las montañas en general, que proporcionan refugios adecuados, junto a la cercanía a lugares de agrupación de individuos (p.ej. refugios de hibernada o reproducción) o la interferencia en las rutas de vuelo habituales, también son considerados componentes de riesgo.

- *Factores del parque eólico: características del aerogenerador*

Algunas de las características de los aerogeneradores podrían incrementar el riesgo de colisión. Por ejemplo, las antiguas torres de celosía metálica son consideradas un elemento de riesgo al actuar como posaderos y atraer a las aves, mientras que los diseños tubulares no han mostrado tener relación con las colisiones. Por otro lado, algunos autores defienden que el tamaño del aerogenerador podría ser un factor influyente, pues parece que los de mayor tamaño tienen índices más altos de mortalidad que se achacaría a que barren una superficie más amplia con el rotor. Sin embargo, otras investigaciones no han observado relaciones entre estos factores, y estudios recientes no han encontrado una vinculación entre aerogeneradores de distintos tamaños que operan bajo las mismas condiciones de producción.

La velocidad de rotación también se contempla como un elemento de riesgo, si bien su grado de influencia estaría vinculado a las características propias de cada aerogenerador (tamaño total, la longitud de pala, altura de torre, etc.). Esta variedad de criterios refleja que siguen existiendo contradicciones importantes sobre la relación entre la mortalidad y el tamaño de la turbina, probablemente porque factores externos asociados a las características del emplazamiento y la especie afectada jueguen un papel importante.

La mortalidad no parece acumularse en aerogeneradores concretos, sino que se distribuye indistintamente por el parque eólico. Se apunta a una relación positiva entre el tamaño del aerogenerador y la mortalidad, aunque de momento los resultados no son concluyentes y la altura del molino no termina de explicar las diferencias entre los registros. No hay evidencias de que las luces de balizado supongan un riesgo de colisión para los murciélagos, incluso se apunta a que las luces rojas ayudarían a reducirlo; no obstante, faltan investigaciones concluyentes. Algunos autores señalan que los murciélagos podrían confundir los aerogeneradores con árboles altos, adecuados para el forrajeo y el descanso. (ISMA, 2021).

- *Configuración de la central*

Los diseños lineales de aerogeneradores que se disponen perpendicularmente a los corredores de vuelo y trayectorias recurrentes, parecen tener un mayor riesgo de colisión. En Altamont Pass (EEUU), una de las zonas eólicas más grandes del mundo, se considera que los aerogeneradores de los extremos de alineación junto a cañones y cortados, son más propensos a provocar mortalidad por colisión; aunque es posible que sea una consecuencia particular de esa zona, pues abundan las alineaciones con turbinas muy juntas que las aves percibirían como barreras que intentarían rodear. Otros estudios han detectado que, en las configuraciones actuales, donde los aerogeneradores están más separados, las aves utilizan el espacio entre ellos y la posición de la turbina no está relacionada con la mortalidad. Mientras que otros trabajos apuntan que la mortalidad se concentra en aerogeneradores aislados. Nuevamente, las conclusiones son contradictorias e impiden definir patrones generales.

- *Balizamiento luminoso*

Las evidencias sobre la influencia de este factor son escasas y contradictorias. Existen estudios que han descrito casos en los que las luces de posición de las infraestructuras han provocado mortalidad por colisión al afectar a la orientación de las aves en situaciones de baja visibilidad nocturna, especialmente a especies migrantes y marinas; pero estudios comparativos realizados en EEUU no encontraron relaciones significativas entre la mortalidad de los aerogeneradores y su balizamiento luminoso.

- *Visibilidad de las palas*

Aunque los datos son escasos y no concluyentes, se piensa que el desenfoque de movimiento, o motion blur, que se produce cuando las palas giran a gran velocidad, podría reducir su

visibilidad y aumentar el riesgo de colisión. En estas situaciones las aves no serían capaces de adaptar el ojo a los movimientos rápidos y constantes de la pala a medida que se acercan al área de barrido del rotor (Figura 7). Investigaciones recientes en Noruega han demostrado que aumentar la visibilidad de las palas de los aerogeneradores reduce la mortalidad, sin bien se trata de un estudio de caso parcial que deberá ser ampliado para obtener generalizaciones válidas. (ISMA, 2021).

2.2 Quirópteros en México, Chiapas y Arriaga

Dentro de los mamíferos, los murciélagos (orden Chiroptera) constituyen un grupo altamente diverso en muchos sentidos. Son el segundo orden de mamíferos con mayor cantidad de especies (más de 1,400 especies, en 18 familias), se encuentran en casi todo el mundo, excepto en la Antártida, y habitan en una gran variedad de ecosistemas (Sil-Berra, Aguilar-López, Márquez-Medero, & Cervantes-Cruz, 2022, pág. 29).

Los murciélagos están bien representados en Chiapas, comprendiendo 106 especies y 76 subespecies, agrupadas en 57 géneros lo que representa el 77.4% (de especies) y 96.6% (de géneros) a nivel nacional, respectivamente, (Retana & Lorenzo, 2002, pág. 27).

El Orden Chiroptera comprende 88 especies con distribución no endémica de Chiapas, de las cuales 30 tienen una categoría de protección. La NOM-059 determina 20 quirópteros como especies raras y tres como amenazadas. La diversidad de mamíferos de Chiapas, está representada por la alta riqueza de quirópteros y constituyen el 77.4% de las especies a nivel nacional (Retana & Lorenzo, 2002, pág. 34).

Dentro del área denominada planicie costera – pacífico de Chiapas, se registraron 42 especies de quirópteros, 10 de ellas de distribución exclusiva dentro de las 30 localidades de colecta. Los murciélagos de esta zona son también tropicales, pero con afinidad xerófila, como en toda la costa del Pacífico de México y Centroamérica. (Álvarez-Castañeda, 1993, pág. 143).

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN DE LA RUTA METODOLÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Material y métodos.

México cuenta con un gran potencial de recursos eólicos en varias entidades federativas específicamente en el istmo de Tehuantepec en los estados de Oaxaca y Chiapas. Los vientos en el istmo de Tehuantepec son además relativamente estables, un porcentaje alto de horas por año, de ahí que su potencial energético sea considerado como excelente. Las características topográficas del istmo de Tehuantepec son igualmente favorables para la instalación de centrales eoloelectricas. Todo ello lo distingue como uno de los sitios más atractivos en el mundo para la explotación eólica en escala comercial (Juárez-Hernández & León, 2014, pág. 141).

El parque eólico San Jacinto se encuentra ubicado en Carretera Arriaga hacia Villa del Mar Km. 12 Rancho San Jacinto, C.P. 30465, Chiapas. En él se encuentran distribuidos 10 aerogeneradores de potencia nominal de 2.0 MW a una distancia de 300 metros aproximadamente cada uno. Así mismo el parque cuenta con una subestación elevadora, una casa de máquinas, líneas de transmisión de 13.2 km de distancia que conecta hasta la subestación de Switchero. Cuenta con un terreno de 100 hectáreas el cual se adquirió en 2009, para el año 2010 se obtuvo el permiso de generación por parte de la CRE, por otro lado, para este mismo año se llevaron a cabo los trámites ante INAH, SEMARNAT, SCT, Gobierno del Estado, CRE, CENACE y CFE (Hernández & Ventura, 2019, págs. 25-26).

La disponibilidad y comportamiento de los vientos en la zona, que ubican en un área donde la energía eólica está clasificada como destacada y espléndida. La velocidad media del

viento es próxima a los 7 m/seg. en muchas de las zonas del Parque (GEOMEX, 2018, pág. 16).

Las corrientes de aire en la región costera de Chiapas se intensifican en los meses de septiembre a enero hasta en 80%. Durante el año se destacan dos regiones con velocidades de vientos fuertes, estas son durante otoño e invierno mientras que en primavera y verano los vientos se vuelven menos intensos (Canché, 2020, pág. 23). El rango de temperatura media anual es de entre 16°C y 30°C con una precipitación anual de entre 1200 mm y 3000 mm. El clima de Arriaga es cálido subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (55.21%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (37.69%), semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (5.66%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano (0.81%) y templado húmedo con abundantes lluvias en verano (0.63%) (INEGI, 2010, pág. 2).

3.2. Análisis multitemporal de la cobertura vegetal (2010-2023)

El siguiente análisis multitemporal se realizó en la región de San Jacinto, ubicado en el municipio de Arriaga, Chiapas, específicamente en la zona donde se ubican los aerogeneradores, dicho estudio tiene un intervalo de 13 años, para el desarrollo de este trabajo se utilizaron imágenes Landsat 7 y Sentinel 2 (Tabla 1).

Se delimitó un polígono de 33 km de diámetro y un área de 6,314.13 hectáreas. Éste estudio se realizó mediante técnicas de Percepción Remota, por tanto, las imágenes obtenidas de la zona de estudio se descargaron desde el sitio oficial del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Cuya dirección es <https://earthexplorer.usgs.gov/>. En la mayoría de los casos, las imágenes obtenidas del Sensor Landsat presentan pérdida de píxeles, por lo que es conveniente realizar una restauración de los mismos mediante algoritmos matemáticos, para posteriormente aplicar las correcciones atmosféricas, de radiancia y reflectancia.

Éste análisis permitió evaluar el comportamiento espacio-temporal de la vegetación de la zona en cuestión y para realizar dicho monitoreo es necesario calcular el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), que permitirá obtener los valores de las zonas con mayor y menor vegetación del área que ocupan los aerogeneradores que se encuentra en la zona de San Jacinto.

Para realizar un análisis multitemporal de este tipo es necesario que las imágenes se encuentren en un mismo intervalo de tiempo y espacio para poder obtener los resultados más idóneos. En la Tabla 1 se presentan las características de las imágenes descargadas de la red para su utilización y análisis.

Adicionalmente, se realizó una clasificación no supervisada, tomando como base el Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000, Serie VII.

Tabla 1

Listado de sensores y fechas de descarga

Sensor	Fecha de Captura	Hora de Captura
Landsat 7	05 de marzo 2010	16:28
Sentinel 2A	07 de marzo 2016	16:51
Sentinel 2A	27 de marzo 2018	16:39
Sentinel 2A	06 de marzo 2020	16:41
Sentinel 2A	21 de marzo 2023	16:39

Nota. Imágenes descargadas de la red con fechas similares de diferentes años y en horas aproximadas para poder tener datos comparativos.

Para el análisis estadístico de los datos, en primer lugar, se correlacionaron los resultados de todas las combinaciones posibles utilizando una prueba de correlación de Spearman (Kendall, 1983), para luego buscar si existía una diferencia estadísticamente

significativa entre los grupos mediante la prueba no paramétrica para datos no normalmente distribuidos (Dallal y Wilkinson 1986) de U Mann-Whitney (Hollander y Douglas 1973). Dichos análisis se realizaron utilizando el software R y Rstudio y el paquete “nortest” (R Core Team, 2022) (Posit Team, 2022).

3.3. Registro de señales de ecolocalización para la identificación de especies

La mayoría de los murciélagos son capaces de ecolocalizar, es decir de emitir señales acústicas de alta frecuencia y utilizar sus ecos para formar una “imagen” en tres dimensiones del espacio (Altringham & Fenton, 2003). Las llamadas de ecolocalización cumplen varias funciones, dependiendo de las cuales, varían tanto en el intervalo y la estructura de su frecuencia como en su duración e intervalos de pulso (Jennings, Parsons, Barlow, & Gannon, 2004). En los últimos años el número de estudios de ecolocalización se ha visto potenciado por la amplia disponibilidad y variedad de equipos de detección, grabación y análisis acústicos, lo que ha llevado al desarrollo de técnicas no invasivas y más eficientes en estudios ecológicos (Rivera-Parra & Burneo, 2013). Actualmente se pueden realizar compras de equipos para grabación de sonidos en sitios de internet con envíos internacionales, los cuales cuentan con información suficiente para poder ser programados y utilizados de forma práctica y obteniendo información valiosa para la identificación de especies de quirópteros, además la accesibilidad poder ser analizada dicha información en software de uso libre.

En este estudio se utilizó un registrador acústico de espectro completo y bajo costo (AudioMoth), basado en la gama de procesadores Gecko de Silicon Labs. AudioMoth puede escuchar en frecuencias audibles, incluso en frecuencias ultrasónicas. Es capaz de grabar audio sin comprimir en una tarjeta microSD clase 10 a velocidades de 8.000 a 384.000 muestras por segundo y se puede convertir en un micrófono USB de espectro completo.

AudioMoth es un equipo de grabación pasiva que puede ser programado con intervalos de frecuencia de activación o de tiempo máximo de grabación de cada pista y marcaje de la hora de inicio y fin de las grabaciones de fechas específicas (previa configuración). Para realizar las grabaciones se utilizó la metodología de Grabación de murciélagos en vuelo libre. Se muestrearon sitios como bordes de vegetación, espacios abiertos y sitios donde se evidencio la actividad de quirópteros en las proximidades a la zona delimitada del parque eólico San Jacinto debido a la limitante para poder acceder al complejo. Para el análisis de las llamadas, se utilizó el programa BatExplorer, Version: 2.2.6.0 (2.2.8725.27501) (Elekon AG, Estados Unidos, www.batlogger.com), y se realizó una caracterización de acuerdo a los parámetros antes mencionados y utilizando como referencia el Compendio de Llamados de Ecolocalización de los murciélagos insectívoros de México, publicado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) en coordinación con la Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. de los autores: Jorge Ortega, María Cristina Mac Swiney González y Verónica Zamora Gutiérrez, publicado en el año 2022.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Análisis multitemporal de la vegetación

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de las superficies cubiertas por cada una de las categorías de cubierta vegetal que se identificaron para cada uno de los periodos (Tabla 2). Los análisis muestran una clara disminución de la categoría de Vegetación mixta, así como un aumento del resto de tipos de cobertura vegetal. Es de notar el notable incremento de las coberturas Vegetación poco densa y Suelo sin cobertura vegetal (Figura 3 y Figura 4).

Tabla 2

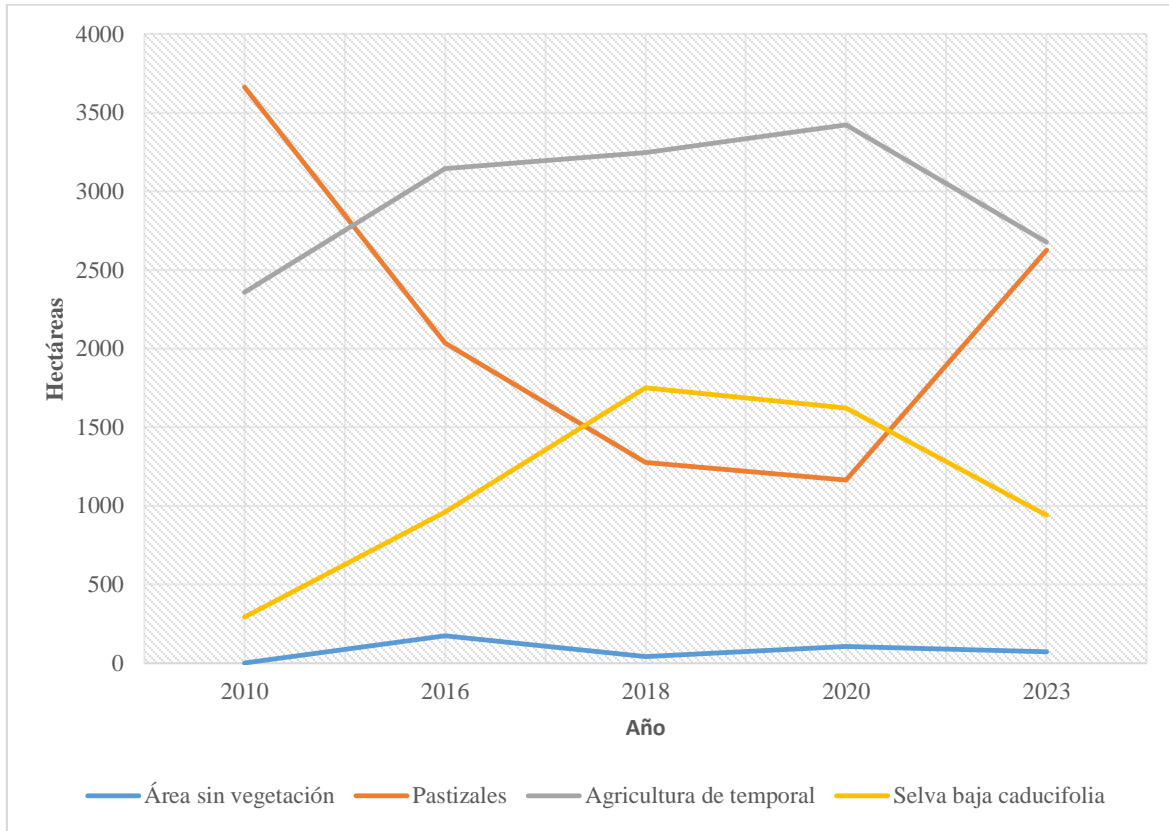
Resultados de análisis multitemporal

Tipo de suelo	Tipo de Vegetación	2010	2016	2018	2020	2023
Sin cobertura vegetal	Área sin vegetación	0.09	173.1	42.42	106.06	72.6
	Pastizales	3,664.8	2,036.04	1,274.92	1,163.69	2,626.17
Vegetación mixta	Agricultura de temporal	2,357.19	3,143.95	3,245.72	3,422.77	2,676.15
Vegetación poco densa	Selva baja caducifolia	292.05	961.04	1,751.07	1,621.61	939.21
Vegetación densa						
TOTALES (Ha)=		6,314.13	6,314.13	6,314.13	6,314.13	6,314.13

Nota. Resultados obtenidos del análisis multitemporal, en hectáreas. Se consideraron cuatro tipos de vegetación en 5 años distintos.

Figura 3

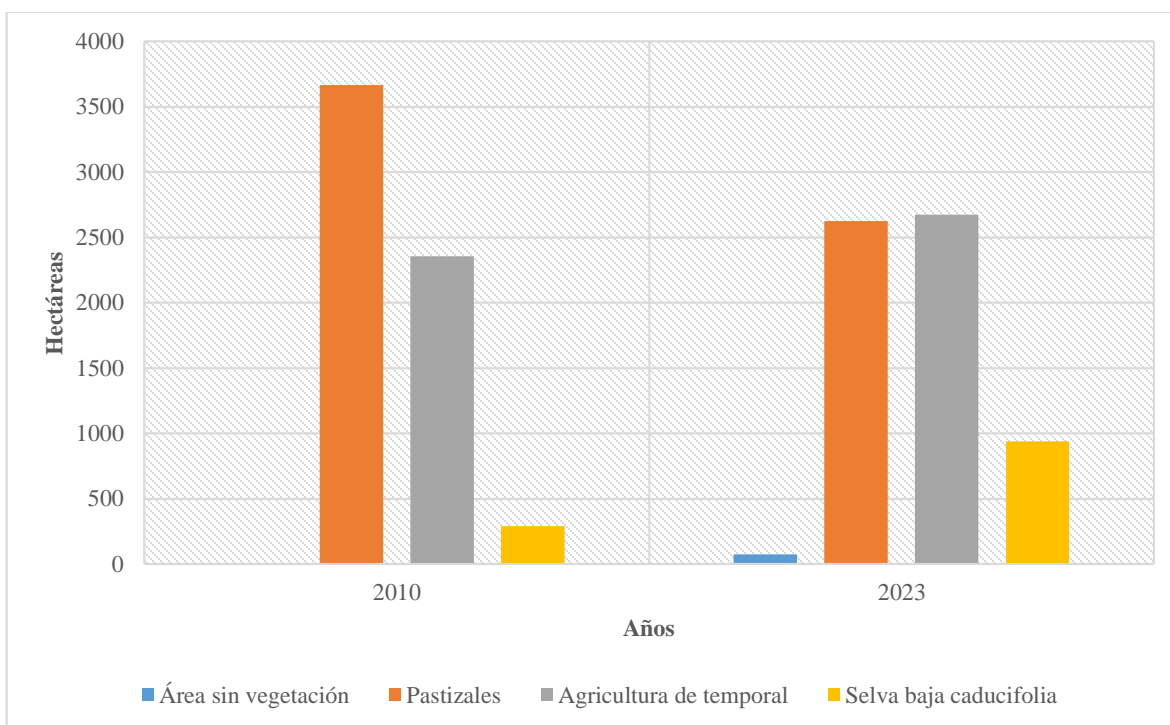
Análisis multitemporal de cobertura vegetal



Nota.- Tendencias de incremento y decremento en cobertura vegetal existente a través del tiempo. Fuente: Elaboración propia.

Figura 4

Análisis comparativo 2010-2023



Nota. Análisis comparativo de cobertura vegetal entre 2010 y 2023, en el caso del área sin vegetación del año 2010 es imperceptible debido a la escala de la gráfica, teniendo un valor de 0.79 hectáreas. El total del área estudiado entre los dos años es la misma.

Fuente: Elaboración propia.

A lo largo de los últimos 13 años en la zona de estudio, se han presentado impactos significativos en la variación de la vegetación, al observar los resultados podemos determinar que en la actualidad ha aumentado más de 72 hectáreas las áreas sin vegetación, que pueden ser producidos por actividades ganaderas o por procesos de erosión del suelo, además de la instalación de un conjunto de granjas avícolas en zona de estudio.

Podemos observar que la vegetación mixta en la que encontramos tipos de vegetación como pastizales, ha reducido en más de 1,000 hectáreas. Para los siguientes tipos de vegetación analizados, correspondientes a la agricultura de temporal y selva baja caducifolia, se presenta un aumento de 319 hectáreas, y 647 hectáreas respectivamente.

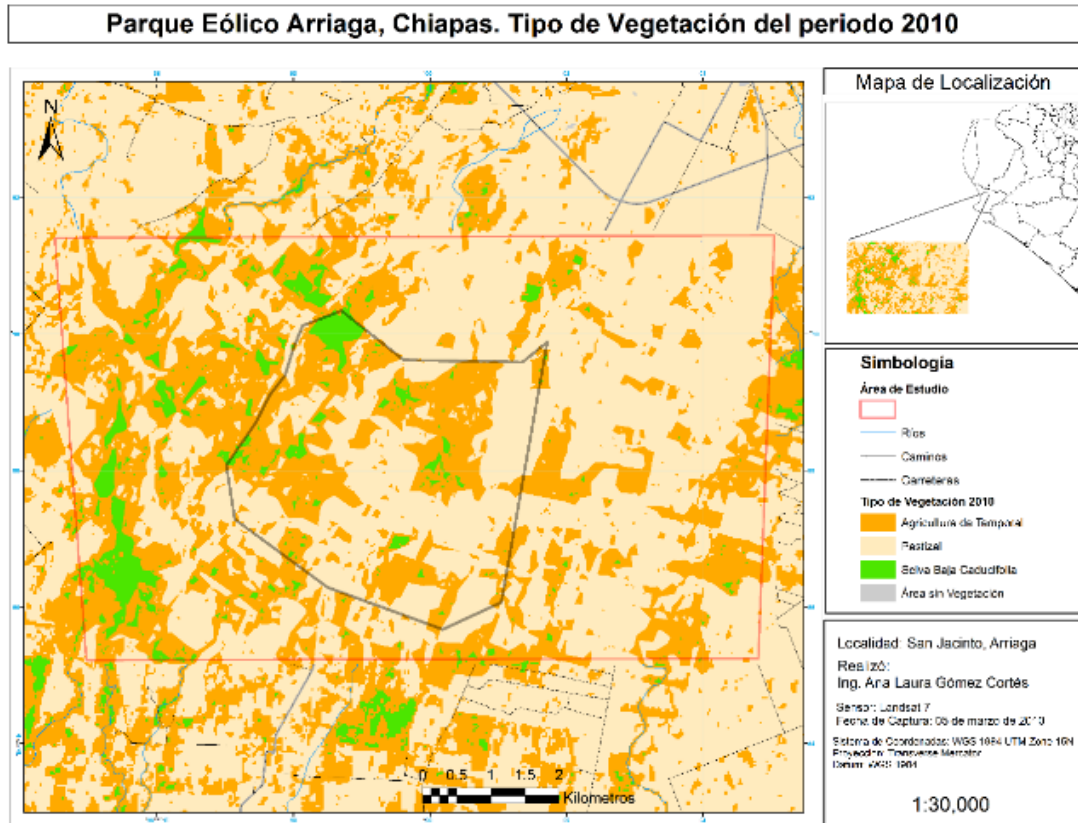
Con la obtención de estos resultados, se podrá monitorear de una manera más efectiva los tipos de vegetación que predominan en el área de estudio, las cuales pueden ser utilizadas para tomar decisiones en una gestión ambiental.

Es importante mencionar que el área de aerogeneradores que se encuentra en esta zona de estudio tiene una intervención antrópica debido a diferentes usos, que hacen al mismo tiempo que se impida la conservación de recursos naturales.

A continuación, se presentan los mapas generados en ArcMap 8.0 donde se analizó el tipo de vegetación existente en fechas y horas determinadas a partir de imágenes satelitales y se realizó la clasificación no supervisada.

Figura 5

Cobertura vegetal año 2010

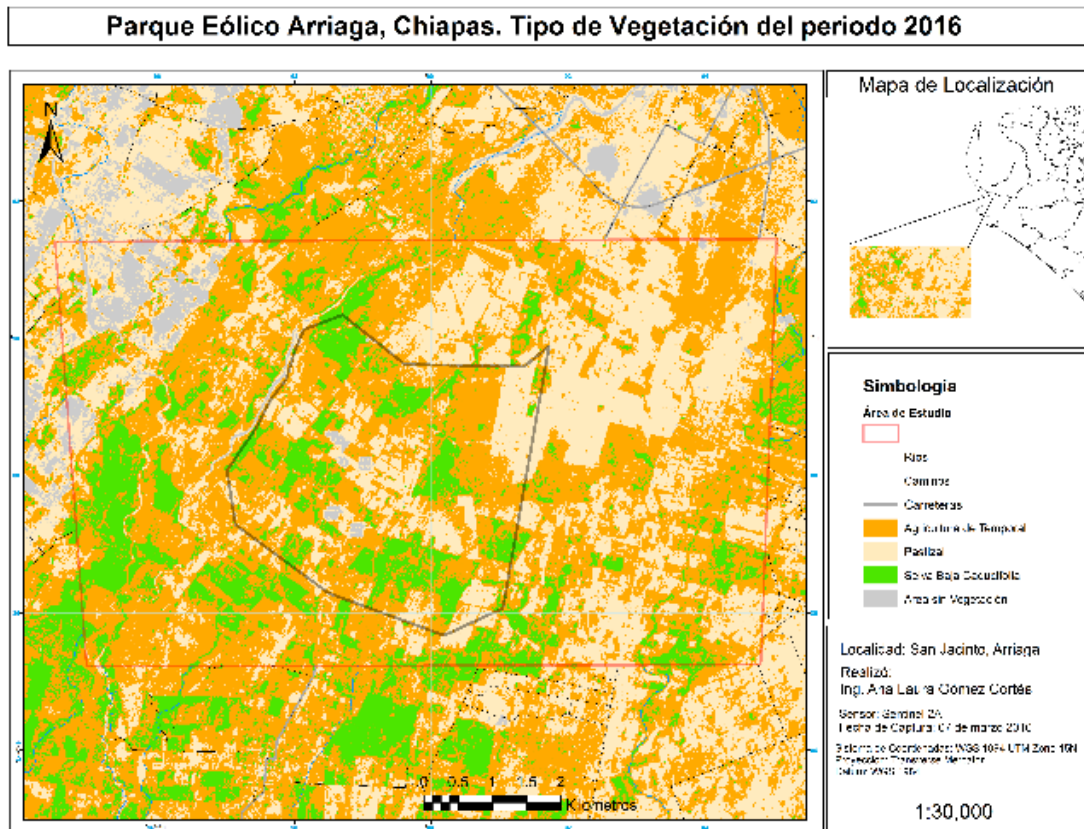


Nota. Superficies de cada tipo de vegetación identificado para San Jacinto, Arriaga, Chiapas, durante el año 2010 (fecha de captura 5 de marzo de 2010, sensor Landsat 7).

Fuente: Ana Laura Gómez Cortés.

Figura 6

Cobertura vegetal año 2016

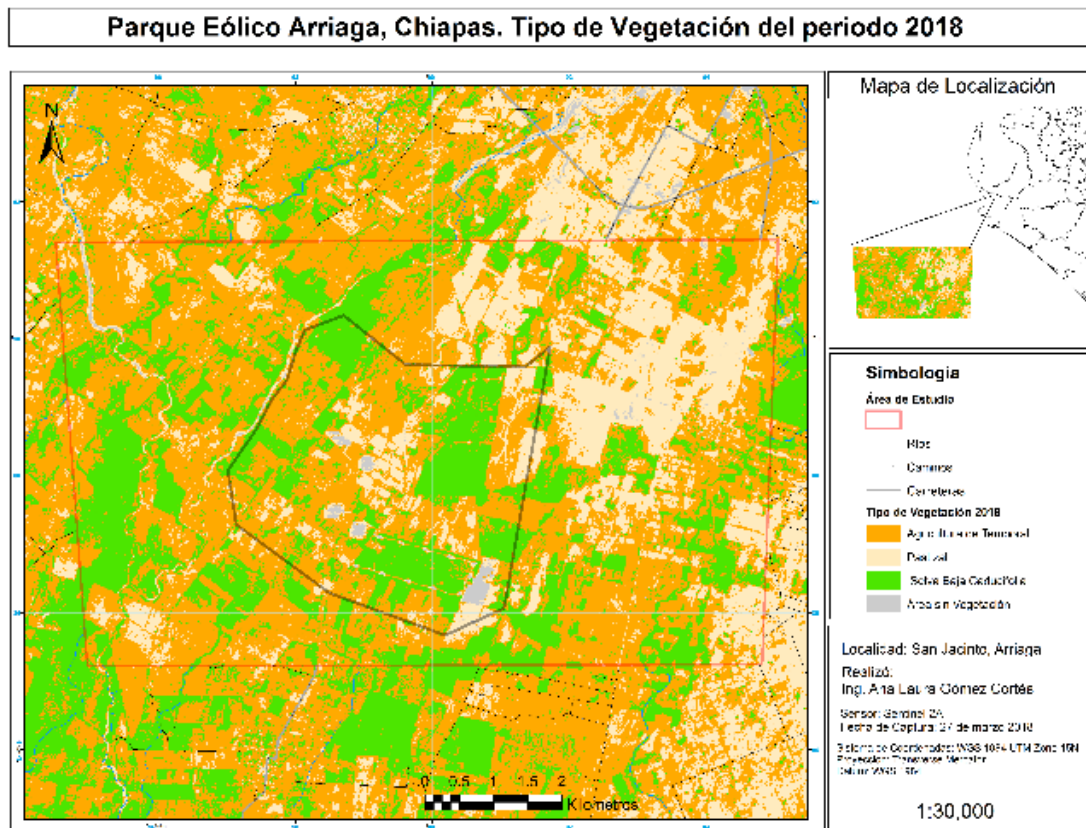


Nota. Superficies de cada tipo de vegetación identificado para San Jacinto, Arriaga, Chiapas, durante el año 2016 (fecha de captura 07 de marzo de 2016, sensor Sentinel 2A).

Fuente: Ana Laura Gómez Cortés.

Figura 7

Cobertura vegetal año 2018

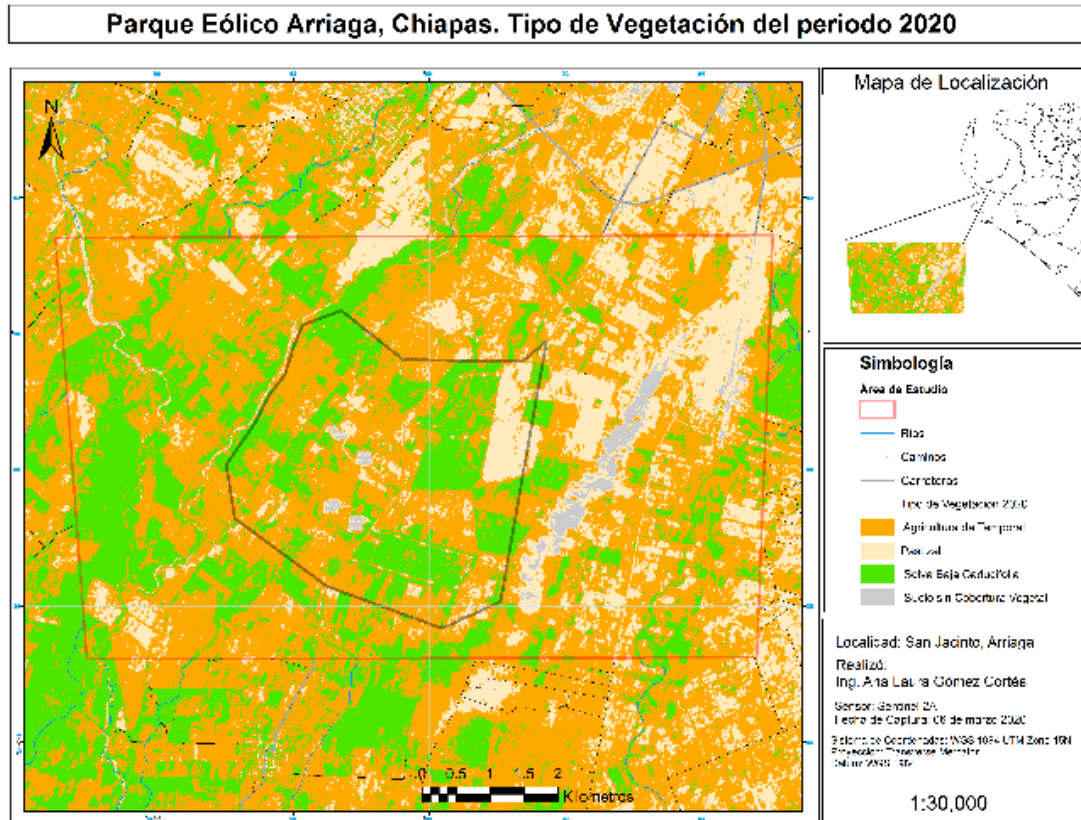


Nota. Superficies de cada tipo de vegetación identificado para San Jacinto, Arriaga, Chiapas, durante el año 2018 (fecha de captura 27 de marzo de 2018, sensor Sentinel 2A).

Fuente: Ana Laura Gómez Cortés.

Figura 8

Cobertura vegetal año 2020

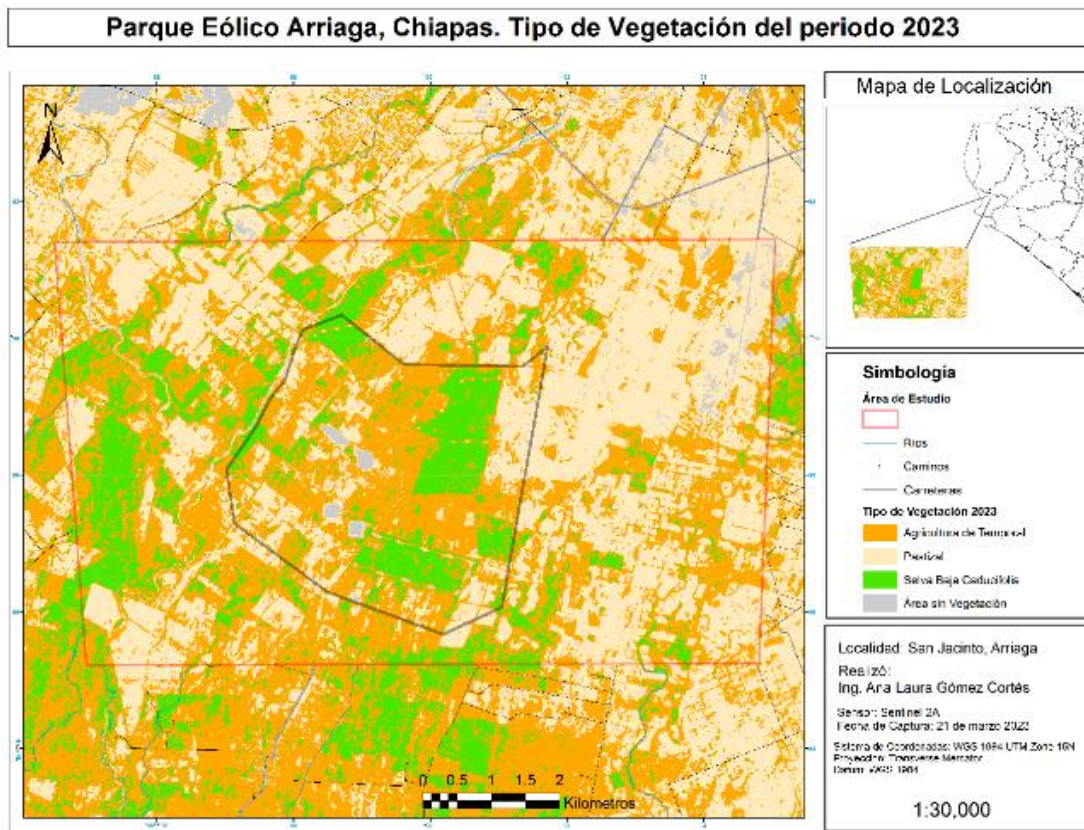


Nota. Superficies de cada tipo de vegetación identificado para San Jacinto, Arriaga, Chiapas, durante el año 2020 (fecha de captura 06 de marzo de 2020, sensor Sentinel 2A).

Fuente: Ana Laura Gómez Cortés.

Figura 9

Cobertura vegetal año 2023



Nota. Superficies de cada tipo de vegetación identificado para San Jacinto, Arriaga, Chiapas, durante el año 2023 (fecha de captura 21 de marzo de 2023, sensor Sentinel 2A).

Fuente: Ana Laura Gómez Cortés.

La pérdida de la cobertura vegetal se acelera a raíz de las actividades antropogénicas, sin dejar de reconocer que las pérdidas de áreas agrícolas de temporal fueron sustituidas por pastizales, considerando que la instalación del parque eólico de San Jacinto incidió en gran medida porque el área con menos obstáculos favorece ampliamente el aprovechamiento las masas de aires para los aerogeneradores.

Tal como se observa en la gráfica No. 1, los tipos de suelo con vegetación poco densa y densa se observa una tendencia negativa y un aumento de cobertura de suelo de pastizales además de área sin vegetación con respecto al año 2023.

Respecto al análisis de correlación, el análisis mostró los valores más altos entre periodos como los años 2018 vs. 2020, 2018 vs. 2023 y 2020 vs. 2023, mientras que la menor correlación se presentó entre 2019 vs. 2018 y 2010 y 2023 (Tabla 3). Estos valores parecen indicar similitud entre todos los tres últimos periodos analizados, posterior a la instalación del parque eólico.

Tabla 3

Resultado del análisis

	2016	2018	2020	2023
2010	0.7673861	-0.1998759	0.14467368	-0.3544776
2016		0.47486497	0.74546021	0.32752843
2018			0.94059616	0.98704758
2020				0.87394351

Nota. Correlación de Spearman entre todas las combinaciones posibles de los periodos analizados.

Al realizar el análisis comparativo mediante la prueba no paramétrica de U Mann Whitney, se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa al comparar los años analizados, independientemente de la extensión del periodo o de la instalación del parque eólico (Tabla 4).

Tabla 4

Resultado de la prueba de U Mann Whitney entre todas las combinaciones posibles de los periodos analizados.

	2016	2018	2020	2023
2010	1	1	1	0.88
2016		1	1	0.88
2018			1	1
2020				0.88

Ante las graves e inminentes amenazas mundiales de cambio climático y degradación ambiental, es cada vez más importante documentar el estado de los ecosistemas y entender cómo las actividades humanas los impactan. Es urgente instrumentar acciones para establecer salvaguardas que se puedan monitorear a largo plazo y así conocer en detalle el impacto real de las actividades humanas sobre la pérdida de biodiversidad (Medellín & Viquez-R, 2014, pág. 522).

4.2 Análisis acústico

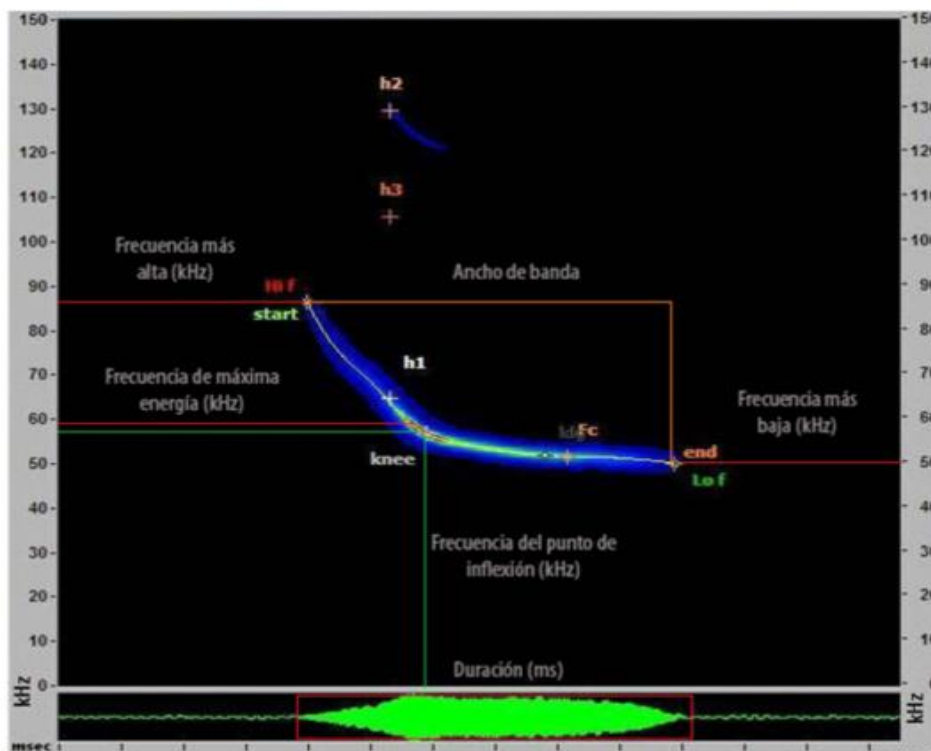
Los parámetros acústicos más importantes e informativos son los relacionados con frecuencia, medidas en kilohertzios (kHz) que son: frecuencia más alta, es la frecuencia en el punto de mayor amplitud. Frecuencia inicial, es la frecuencia al inicio de la llamada. Frecuencia más baja, es la frecuencia en el punto más bajo de la llamada. Frecuencia final, es la frecuencia al final de la llamada. Frecuencia del punto de inflexión, es la frecuencia del punto de transición que se da en un cambio de ángulo en la llamada. Frecuencia de mayor energía, es la frecuencia a la cual se coloca la mayor energía en la emisión de la llamada. Ancho de banda, es la medida de cuantos kilohertzios abarca una llamada. Los armónicos

son repeticiones de la frecuencia dominante en la cual se encuentra la mayor energía (Figura 10).

Los parámetros importantes relacionados con tiempo medidos en milisegundos (ms) son: duración, que es el tiempo entre el punto de inicio y el punto final de la llamada; e intervalo de pulso, es el tiempo entre en punto final de un pulso y el inicio del siguiente.

Figura 10

Parámetros medidos de las diferentes llamadas

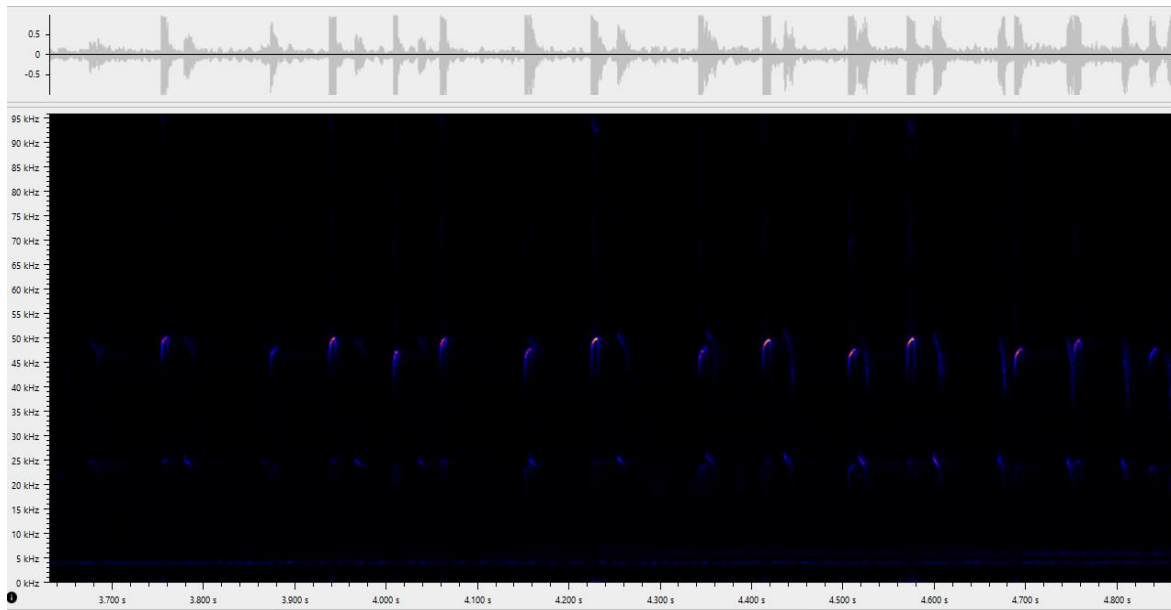


Nota. Frecuencia más alta (Hif), frecuencia más baja (Lof), frecuencia inicial (start), frecuencia final (end), frecuencia del punto de inflexión (knee), número de armónico (h1), frecuencia característica (Fc), parte de la llamada con la mayor intensidad (ldg), duración y ancho de banda.

Fuente: <https://www.scielo.org.mx/pdf/therya/v4n1/v4n1a8.pdf>

Figura 11

Pantalla principal de software BatExplorer



Nota. Llamados de quirópteros de la especie *Saccopteryx bilineata*.

En la figura 11 se muestra uno de los llamados acústicos analizados para su posterior identificación a partir de sus parámetros particulares.

En la tabla 4 se enlistan las especies de quirópteros insectívoros identificados mediante los llamados de ecolocalización en la zona del parque Eólico San Jacinto:

Tabla 4

Listado de especies y familias de quirópteros

Especie	Familia
<i>Molossus nigricans</i>	Molossidae
<i>Molossus coibensis</i>	Molossidae
<i>Promops centralis</i>	Molossidae
<i>Eumops ferox</i>	Molossidae
<i>Nyctinomops macrotis</i> o <i>Eumops nanus</i>	Molossidae
<i>Saccopteryx bilineata</i>	Emballonuridae
<i>Balantiopteryx plicata</i>	Emballonuridae
<i>Peropteryx macrotis</i>	Emballonuridae
<i>Mormoops megalophylla</i>	Mormoopidae
<i>Pteronotus fulvus</i>	Mormoopidae
<i>Eptesicus furinalis</i>	Vespertilionidae

Nota. Especies identificadas mediante los llamados y análisis de espectrogramas.

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

A lo largo de los últimos 13 años en la zona de estudio, se han venido presentando impactos significativos en la variación de la vegetación, al observar los resultados podemos determinar que en la actualidad ha aumentado en más de 72 hectáreas las áreas sin vegetación, que pueden ser producidos por actividades ganaderas o por procesos de erosión del suelo, sin embargo, podemos observar que la vegetación mixta en la que encontramos tipos de vegetación como son los pastizales, se ha ido reduciendo en más de 1,000 hectáreas.

Para los tipos de vegetación que corresponden a la Agricultura de temporal y selva baja caducifolia, se presentó un aumento de 319 Ha, y 647 Ha respectivamente. Con la obtención de estos resultados, ofrecen la posibilidad de conocer de forma precisa los tipos de vegetación que predominan en el área de estudio, con el propósito de que sea posible tomar decisiones para una gestión ambiental más eficiente.

Por otro lado, es importante mencionar que el área de aerogeneradores que se encuentra en esta zona de estudio implica una clara intervención antrópica, debido a causas como el retiro de la cubierta vegetal para la instalación y funcionamiento correcto del proyecto eólico, principalmente. En todos los casos, es evidente que la pérdida de la cobertura vegetal se acelera a raíz de las actividades antropogénicas, sin dejar de reconocer que las pérdidas en áreas cultivadas fueron sustituidas por pastizales, considerando que la instalación del parque eólico de San Jacinto, incidió en gran medida porque el área con menos obstáculos favorece ampliamente el aprovechamiento las masas de aires para los aerogeneradores. Tal como se observa en la Figura 2, la pérdida de la cobertura es muy alta, comparando con la cobertura vegetal del año 2010, es decir, existe una pérdida de cobertura para dicho tipo de vegetación de poco más de 690 Ha desde el 2010 y hasta el 2023.

Es particularmente significativa la disminución de cobertura vegetal del 2016 en adelante, con un claro aumento de la Vegetación poco densa, así como del Suelo sin cobertura vegetal (Tabla 2, Figura 4). Esto parece estar mostrando el impacto directo de la construcción y operación del parque eólico en San Jacinto.

Es relevante mencionar las claras afectaciones que las operaciones de dichas instalaciones pueden tener sobre la fauna silvestre, de manera significativa sobre los quirópteros que se distribuyen en la zona. Tan solo en el istmo de Tehuantepec se presentan 86 especies de murciélagos, convirtiéndolo en una de regiones del país con mayor diversidad en este grupo de mamíferos (Santos-Moreno, Orozco, & Cruz, 2010).

De manera paradójica, en el istmo de Tehuantepec, dadas sus óptimas condiciones orográficas y climáticas, es donde mayor cantidad de proyectos de generación de energía eólica se han instalado. Y se considera paradójico dado que existen evidencias del impacto que los aerogeneradores tienen sobre la mortandad de quirópteros e incluso de aves de la región y en otras partes del mundo.

La instalación y funcionamiento de los aerogeneradores impactan sobre la comunidad de murciélagos de una región no únicamente por la pérdida de cobertura vegetal necesaria para la operación de los proyectos de infraestructura (Atagana, Fils, & Kekeunou, 2021) (Cisneros, Fagan, & Willig, 2015), sino también por los impactos directos de estos mamíferos voladores con las aspas de tales estructuras (Salguero, De la Cruz, Muñoz, & G., 2023) (Tsfahunegny, Datiko, Wale, Hailay, & Hundama, 2020).

Estas muertes no sólo tienen consecuencias directas sobre las poblaciones de murciélagos, sino que también pueden tener implicaciones más amplias en la biodiversidad y los ecosistemas naturales. Los murciélagos desempeñan un papel importante como consumidores de insectos plagas en la agricultura, y su disminución puede interrumpir las

cadena alimentarias naturales y afectar otros aspectos de la biodiversidad. Se estima que decenas a cientos de miles de murciélagos mueren cada año en América del Norte a causa de las turbinas eólicas, lo que subraya la magnitud del problema (Atagana, Fils, & Kekeunou, 2021).

De manera particular, en el istmo de Tehuantepec se han registrado hasta 26 especies de murciélagos (Barragán, Lorenzo, Morón, Briones-Salas, & López, 2010). Aunque los estudios científicos sobre la mortalidad de murciélagos debido a las colisiones con las aspas de los aerogeneradores son escasos en México, se sabe que estos parques eólicos están ubicados en regiones con alta biodiversidad de murciélagos. Se ha evidenciado que los murciélagos insectívoros aéreos tienen las tasas más altas de mortalidad debido a estas colisiones.

Durante una reunión de la Asociación Mexicana de Mastozoología en 2016, se propuso actualizar la legislación ambiental mexicana sobre parques eólicos para hacer obligatorio el monitoreo y reporte de la dinámica poblacional de vertebrados voladores en áreas con parques eólicos en funcionamiento, con especial énfasis en los murciélagos. Además, un proyecto de investigación se propuso para contribuir con evidencia científica basada en datos genéticos sobre los efectos de los parques eólicos en el flujo génico y la diversidad genética en dos especies de murciélagos insectívoros (*Pteronotus davyi* y *Balanteopteryx plicata*).

Las razones para ello, son que *P. davyi* es una de las especies con más reportes de colisiones con turbinas, mientras que *B. plicata* probablemente se vea afectada por la pérdida de hábitat. Este proyecto será el primero en evaluar, basándose en datos genéticos, los efectos de los parques eólicos en las poblaciones de murciélagos, y contribuirá con información útil para actualizar la legislación mexicana sobre este tema (Vargas-Jiménez, 2023).

En conclusión, es evidente la necesidad de generar más información respecto del posible impacto, directo e indirecto, de la instalación y entrada en funciones de los proyectos de parques eólicos. La comprensión clara de tales efectos permitirá mitigar o, en casos ideales, eliminar los impactos negativos de los aerogeneradores en la fauna silvestre, particularmente los murciélagos insectívoros. Dado el papel fundamental en el control de insectos plaga, así como en el mantenimiento del equilibrio natural de los ecosistemas, resulta indispensable enfocar esfuerzos en este tipo de investigaciones.

Referencias

- Altringham, J. D., & Fenton, M. B. (2003). *Sensory ecology and communication in the Chiroptera*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Álvarez-Castañeda, S. T. (1993). Zoogeografía de los Murciélagos en Chiapas, México. (C. d. Biológicas, Ed.) *ANALES DE LA ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLOGICAS*, 38, 139-159.
- Atagana, P. J., Fils, E. M., & Kekeunou, S. (2021). Responses of Bat Communities (Mammalia: Chiroptera) to Forest Loss and Habitat Conversion in Southern Cameroon. *Tropical Conservation Science*, 14. doi:19400829211010360
- Barragán, F., Lorenzo, C., Morón, A., Briones-Salas, M. A., & López, S. (2010). Bat and Rodent Diversity in a Fragmented Landscape on the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, México. *Tropical Conservation Science*, 3(1), 1-16. Obtenido de <https://doi.org/10.1177/194008291000300101>
- Biello, D. (n.d.). *On a Wing and Low Air: The Surprising Way Wind Turbines Kill Bats*. Recuperado el 28 de 11 de 2023, de Scientific American: <https://scientificamerican.com/article/wind-turbineskill-bats/>
- Canché, L. C. (2020). *Estudio de los fenomenos climáticos y su influencia sobre la producción de potencia de una granja eólica para la región de Arriaga, Chiapas*. Universidad Autónoma de Mexico. Morelos, México: Programa de Maestría y Doctorado en Energía. Obtenido de <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000802650/3/0802650.pdf>

- Cisneros, L. M., Fagan, M. E., & Willig, M. R. (2015). Effects of human-modified landscapes on taxonomic, functional and phylogenetic dimensions of bar biodiversity. *Diversity And Distributions*, 21(5), 523-533. Obtenido de <http://doi.org/10.1111/ddi.12277>
- García-Luis, M., & Briones-Salas, M. (2017). Composición y actividad de la comunidad de murciélagos antropódvoros en parques eólicos del trópico mexicano. 88(4). Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.018>
- GEOMEX. (2 de septiembre de 2018). *DOCUMENTO TECNICO UNIFICADO MOD. B (MIA P. ETJ)*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2022, de <https://docplayer.es/93878549-Documento-tecnico-unificado-mod-b-mia-p-etj.html>: <https://docplayer.es/93878549-Documento-tecnico-unificado-mod-b-mia-p-etj.html>
- Guest, E. E., Stamps, B. F., Durish, N. D., Hale, A. M., Hein, C. D., Morton, B. P., . . . Fritts, S. R. (2022). An Updated Review of Hypotheses Regarding Bat Attraction to Wind Turbines. *Animals: An Open Acces Jounal from MDPI*. 12(3), 343. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/ani12030343>
- Hernández, A., & Ventura, K. E. (2019). *PARQUE EÓLICO SAN JACINTO 19.965 MW*. Tuxtla Gutiérrez: Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Obtenido de <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2071>
- Hutson, A. M., Mickleburgh, S. P., & Racey, P. A. (2001). *Microchiropteran Bat, global status survey and conservation action plan*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Reino Unido: IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group. Obtenido de <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2001-008.pdf>

- INEGI. (2010). *Compendio de información geográfica municipal Arriaga*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07009.pdf
- Jennings, N. V., Parsons, S., Barlow, K. E., & Gannon, M. R. (2004). Echolocation calls and wing morphology of bats from de West Indies. *Acta Chiropterologica*, 6, 75-90.
- Juárez-Hernández, S., & León, G. (Julio-Septiembre de 2014). Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social. *Problemas del desarrollo*, 178(45), 139-162.
- Kendall, M. G. (1983). A new measure of rank correlation. *Biometrika*, 30, 81-93.
doi:10.1093/biomet/30.1-2.81
- Medellín, R. A., & Viquez-R, L. R. (2014). Los murciélagos como bioindicadores de la perturbación ambiental. *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*, 521-539. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Luis-Viquez-R/publication/324991721_Los_murcielagos_como_bioindicadores_de_la_perturbacion_ambiental/links/5af05f87458515c283713e76/Los-murcielagos-como-bioindicadores-de-la-perturbacion-ambiental.pdf
- Posit Team. (2022). RStudio: Integrated Development Environment for R. *Posit Software*. Obtenido de <http://www.posito.co/>
- R Core Team. (2022). R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing*. Obtenido de <http://www.R-project.org/>

- Retana, O. G., & Lorenzo, C. (2002). LISTA DE LOS MAMÍFEROS TERRESTRES DE CHIAPAS: Endemismo y estado de conservación. *Acta Zoologica Mexicana*, 85, 25-49. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/azm/n85/n85a3.pdf>
- Rivera-Parra, P., & Burneo, S. F. (2013). Primera biblioteca de llamadas de ecolocalización de murciélagos del Ecuador. *THERYA*, 4(1), 79-88.
- Salguero, M. d., De la Cruz, A., Muñoz, A. R., & G., M. A. (2023). Bat mortality in wind farms of southern Europa: temporal patterns and implicatios in the current context inf climate change. *Biodiversity and Conservation*, 32(12), 3953-3971. Obtenido de <http://doi.org/10.1007/s10531-02302674-z>
- Santos-Moreno, A., Orozco, S. G., & Cruz, E. E. (2010). Records of Bats from Oaxaca, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 55(3), 454-456.
- SEGOB. (2013). *LA ENERGIA EOLICA EN MEXICO. Una perspectiva social sobre el valor de la tierra*. México: Comisión de Diálogo con los Pueblos Indigenas de México.
- Sil-Berra, L. M., Aguilar-López, M., Márquez-Medero, M. A., & Cervantes-Cruz, J. M. (2022). DE MÉXICO PARA DE MÉXICO PARA MUNDO... LOS MURCIELAGOS ENDÉMICOS. (A. M. C, Ed.) *Therya ixmana*, 1(1), 29-31. doi: 10.12933/therya_ixmana-22-186
- Tesfahunegny, W., Datiko, D., Wale, M., Hailay, G. E., & Hundama, T. (2020). Impact of wind energy development on birds and bats: The case of Adama wind farm, Central Ethiopia. *The Journal of Basil An Applied Zoology*, 81(1), 41. Obtenido de <https://doi.org/10.1186/s41936-020-00171-1>

USAID. (2009). *Elementos de la Promoción de la Energía Eólica en México*. Washington, DC, U.S.: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Obtenido de <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00328.pdf>

Vargas-Jiménez, I. G. (2023). Effect of a Wind Farms on Functional Connectivity of Bats in Oaxaca, Mexico. *The Rufford Foundation*. Obtenido de <https://www.rufford.org/projects/izchel-gabriela-vargas-jim%C3%A9nez/effect-wind-farms-functional-connectivity-bats-oaxaca-mexico/>

Wilson, D. E., & Mittermeier, R. A. (2019). *Hand-book of the mammals of the worl: bats*. IUCN, Conservarion International. Barcelona: Lynx Edicions.

ANEXOS

Imagen A-1



Nota: Parque eólico San Jacinto, Arriaga; Chiapas.

Fuente: Elaboración propia.

Imagen A2



Nota: Zona de aerogeneradores en zona costera, Arriaga; Chiapas.

Fuente: Elaboración propia.

Imagen A3



Nota: Área dentro de P. E. San Jacinto.

Fuente: Elaboración propia.

Imagen A4



Nota: Área deforestada dentro de P. E. San Jacinto.

Fuente: Elaboración propia.

Imagen A5



Nota: Derrame de aceites en aerogenerador marca GAMESA, dentro de P. E. San Jacinto.

Fuente: Elaboración propia.

Imagen A6



Nota: Aves volando entre las aspas de los aerogeneradores del P.E. San Jacinto.

Fuente: Elaboración propia.

Imagen A7



Nota: Funcionamiento nocturno de los aerogeneradores, dentro de P. E. San Jacinto.

Fuente: Elaboración propia.

Imagen A8



Nota: Colocación de grabadora AudiMoth en las cercanías al P. E. San Jacinto

Fuente: Elaboración propia.

Imagen A9



Nota: Colocación de grabadora AudiMoth en las cercanías al P. E. San Jacinto

Fuente: Elaboración propia.

Imagen A10



Nota: Colocación de grabadora AudiMoth en las cercanías al P. E. San Jacinto

Fuente: Elaboración propia.

Imagen A11



Nota: Colocación de grabadora AudiMoth en las cercanías al P. E. San Jacinto

Fuente: Elaboración propia.

Imagen A12



Nota: Colocación de grabadora AudiMoth en las cercanías al P. E. San Jacinto

Fuente: Elaboración propia.

Imagen A13



Nota: Colocación de grabadora AudiMoth en las cercanías al P. E. San Jacinto

Fuente: Elaboración propia.