

VERSIÓN RESUMEN

“Evaluación del riesgo de colisión y electrocución de especies de fauna silvestre en líneas de distribución eléctrica y medidas para su mitigación”



VERSIÓN RESUMEN

“Evaluación del riesgo de colisión y electrocución de especies de fauna silvestre en líneas de distribución eléctrica de la empresa DELSUR y medidas para su mitigación”

Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ)



Programa IR VERDE



Distribuidora de Electricidad DELSUR S.A. de C.V.



Presentado por:



Fecha de presentación: enero de 2024

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
GLOSARIO	7
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. CONTEXTO.....	11
2.1. Descripción del mercado eléctrico nacional	11
2.2. Estándares de construcción de redes de distribución de energía eléctrica vigentes en El Salvador 13	
2.3. Estándares de construcción para la distribución de energía eléctrica de DELSUR.....	14
Dispositivos profauna:	16
3. METODOLOGÍA DESARROLLADA.....	18
3.1. Sistematización de la información	18
Visitas a los territorios.....	18
Entrevistas con parejas de atención de fallas de DELSUR.....	19
3.2. Sistema de Información Geográfica.....	19
Usos y Coberturas del suelo	19
Análisis de eventos.....	20
3.3. Evaluación de la flora	20
3.4. Evaluación de la fauna.....	20
4. RESULTADOS.....	22
4.1. Mapas de uso y cobertura para los territorios prioritarios	22
Territorio A. San Salvador – La Libertad.....	22
Territorio B. La Paz – San Vicente	23
Territorio C. San Vicente – Cuscatlán	24
4.2. Identificación de los principales corredores de fauna	26
Corredores o conectores naturales	27

4.3. Registro de árboles y arbustos presentes en los territorios	35
Descripción del entorno paisajístico.....	35
Especies arbóreas y arbustivas	36
Especies de flora más frecuentes	42
Poda arbórea y electrificación	43
4.4. Registro de fauna.....	48
Registros de colisiones, datos de DELSUR	48
Registros de fauna durante las visitas y entrevistas.....	49
Aves en el entorno de los sitios de choque y electrocución.....	51
Avistamiento de mamíferos	56
4.5. Descripción de la biología y etología de especies causantes de las afectaciones.....	57
4.6. Otros resultados	58
Visitas a Subestaciones de DELSUR.....	58
5. SITIOS DE ALTA INCIDENCIA O <i>HOTSPOTS</i>	59
6. CONCLUSIONES.....	63
7. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los niveles de tensión que se presentan en las líneas de transmisión y distribución eléctrica.....	11
Tabla 2. Descripción de dispositivos profauna utilizados actualmente por DELSUR.....	17
Tabla 3. Especies de árboles y arbustos encontradas en los sitios de verificación de eventos de electrocución.....	37
Tabla 4. Tipos de poda descritos en el manual de DELSUR.....	44
Tabla 5. Clasificación de la avifauna encontrada en los sitios de electrocución de acuerdo con su estado para el país.....	51
Tabla 6. Listado de avifauna registrada en los sitios de choque y electrocución	53
Tabla 7. Breve descripción de las especies de fauna causantes de las afectaciones con el tendido eléctrico.....	57

Tabla 8. Comparación de ventajas y desventajas de los dispositivos profauna existentes en el mercado internacional, aún no incluidos en el equipo de DELSUR y aquellos que ya se incluyen dentro de sus equipos instalados.....69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del funcionamiento del mercado eléctrico de El Salvador. Fuente: Página web oficial de DELSUR https://www.delsur.com.sv/	12
Figura 2. Ejemplos de situaciones en las que la fauna interactúa con las infraestructuras de distribución eléctrica, provocando una falla.	12
Figura 3. Ejemplo de falla provocada por la fauna que se desplaza a través de estructuras como transformadores.....	13
Figura 4. Equipo de campo durante el levantamiento de información en los sitios de fallas en Territorio A.	19
Figura 5. Uso de suelos y cobertura del territorio A.	22
Figura 6. Uso de suelos y cobertura del territorio B.....	23
Figura 7. Uso de suelos y cobertura del territorio C.....	24
Figura 8. Gráficas del porcentaje de presencia de cada clase de uso de suelo en cada uno de los territorios.	25
Figura 9. Imagen de dron mostrando un sitio de eventos continuos por electrocución, a la derecha el cauce de un río, a la izquierda proceso de urbanización/arbolados, en la parte superior de la imagen, masas continuas de bosque secundario, frutales y viviendas.....	28
Figura 10. Asentamiento cantón El Matazano, en la ladera norponiente del volcán de San Salvador, junto a un cafetal bajo sombra, áreas abiertas y cultivo de caña de azúcar. Las flechas amarillas indican la conexión entre parches y como la zona urbana continua conecta los fragmentos. Territorio A, La Libertad-Quezaltepeque.	29
Figura 11. Norponiente de la ciudad de Santa Tecla, banderines amarillos (2019), rojos (2020) y negros (2021), las líneas amarillas indican el flujo de la fauna desde el Ecoparque hacia fragmentos pequeños. Obsérvese la línea de colisiones sobre Av. Manuel Gallardo, desde las instalaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería y PROCAFE, hasta el Ecoparque El Espino, pasando por residencial Monte Sión, Bosques de Santa Elena, Hacienda San José y Buena Vista. La línea de distribución eléctrica funciona como conector entre un fragmento de gran tamaño (Ecoparque) y dos pequeños (MAG, parcela de café de PROCAFE). Territorio A.....	29
Figura 12. Eventos de colisiones en la ciudad de Zaragoza y usos del suelo.	31
Figura 13. Cordones arbolados y líneas eléctricas secundarias como conectores de fauna silvestre. A la derecha Territorio B, en la carretera a San Juan Nonualco. A la izquierda, Territorio B, cerca de Ichanmichen.....	32
Figura 14. Eventos reportados en la ciudad de Zacatecoluca y usos de suelo.	33
Figura 15. Colisiones reportadas en el municipio de San Cristóbal, y usos de suelo. Territorio C.....	34

Figura 16. Cordones de vegetación arbórea en las ciudades de Santa Tecla y San Vicente, Territorio C.	36
Figura 17. Número de especies encontradas por familias	42
Figura 18. Zona de paso paralela a la calle.	46
Figura 19. Zona de paso transversal a la calle.....	47
Figura 20. Especies de fauna registradas como responsables en eventos de interrupción de energía eléctrica causada por electrocución durante el año 2022.	48
Figura 21. Nidos de Chío (<i>Myiozetetes similis</i>) en líneas primarias y secundarias. Territorios A y B.....	49
Figura 22. Palomas de castilla (<i>Columba livia</i>) en líneas primarias y secundarias. Territorio A.	50
Figura 23. Pareja de Chiltotas de espalda rayada (<i>Icterus pustulatus</i>) usando un transformador como dormitorio y protegerse de la lluvia.	51
Figura 24. Migración de aves rapaces en Territorio A muy cerca de las oficinas de DELSUR.	56
Figura 25. Posible punto de ingreso de reptiles y anfibios hacia el interior de la subestación. Un garrobo adulto que se encontró dentro es probable que ingresara por este sitio.	58
Figura 26. Identificación de zonas de ingreso de fauna.....	59
Figura 27. Panorama de la vegetación en uno de los hotspot ubicado en el municipio de Apastepeque. Al fondo, indicado con un recuadro, se encuentra una plantación de mangos.....	60
Figura 28. Vista aérea de la vegetación en uno de los hotspots ubicado en los alrededores del parque urbano Las Araucarias, Santa Tecla, donde puede observarse como se conecta con un parche boscoso facilitando el desplazamiento de fauna.....	61
Figura 29. Fotografías que muestran la poda que evita el contacto directo con las redes primarias, pero deja el contacto con las redes secundarias.....	62
Figura 30. Ejemplo de dispositivos antiescalada (izquierda) y su correcta instalación colocándolos al mismo nivel sobre dos líneas tensoras, evitando que los animales hagan zigzag sobre estas (derecha). Fuente: Wildlife and power lines Guidelines for preventing and mitigating wildlife mortality associated with electricity distribution networks (Martín et al., 2022).....	66
Figura 31. Derecha: dispositivo anti-percha tipo “pico de paloma”. Izquierda: dispositivo anti-percha tipo triángulo. Fuente: Guía para la prevención y mitigación de la electrocución de la fauna silvestre por tendidos eléctricos en Costa Rica. (Ministerio de Ambiente y Energía, 2020).	67
Figura 32. Dispositivos Line Guard instalados en líneas de distribución eléctrica. Fuente: Critter Guard https://www.critterguard.org/collections/line-guard	68
Figura 33. Cañón de butano espantapájaros, modelo guardián 2. Fuente: GEPAVAL, https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Canon-Espantapajaros-a-gas-butano-propano-Guardian-2-Standard-9603.html	68

GLOSARIO

Antropizado: dicese de un elemento natural que ha sido modificado por las acciones del ser humano sobre el medio. También un animal que interactúa permanentemente con un ser humano puede ser antropizado conductualmente.

Antropogénico: perteneciente o relativo a lo que procede de los seres humanos que, en particular, tiene efectos sobre la naturaleza.

Área Natural Protegida: zona que, por singularidad de sus valores naturales, es designada como tal con la finalidad de protegerla, el valor de estas zonas se extiende con frecuencia a los servicios ecosistémicos que prestan y a su diversidad cultural asociada.

Avifauna: conjunto de especies de aves que habitan una determinada región.

Características biofísicas: son aquellas cualidades exteriores de los elementos naturales, áreas, paisajes, ecosistemas, plantas, animales (incluyendo humanos), que sirven para diferenciarlos.

Capas SIG: es una porción o estrato de una realidad geográfica en una zona determinada, y es más o menos equivalente a un elemento de leyenda en un mapa de papel.

Conectividad entre paisajes: se refiere al grado con el cual los elementos del paisaje facilitan o restringen el desplazamiento de las especies entre parches de hábitat.

Corredor biológico: porción definida del territorio continental, marino o costero, cuyo fin primordial es proporcionar conectividad a nivel de paisaje, para asegurar el mantenimiento de la biodiversidad y los procesos ecológicos y evolutivos.

Conglomerado: agrupación de individuos de diferentes especies en un espacio determinado.

Dispositivos profauna: conjunto de piezas elaboradas con materiales aislantes como goma, silicón o polímeros, que se colocan como protección a la red eléctrica, para evitar accidentes con fauna silvestre.

Ecosistema: conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como: la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis y con su ambiente al desintegrarse y volver a hacer parte del ciclo de energía y de nutrientes.

Especie arborícola: adjetivo utilizado en biología para calificar a un animal que vive en los árboles, algunas especies son residentes permanentes o casi permanentes, mientras que otras sólo usan los árboles de forma temporal.

Etología: rama de la biología y de la psicología experimental que estudia el comportamiento de los animales en su medio natural, en situación de libertad o en condiciones de laboratorio.

Fauna silvestre: conjunto de animales vertebrados e invertebrados que se encuentran en su estado natural de libertad e independencia del ser humano, es decir, cuyo genotipo no se ha visto modificado por la selección humana.

Georreferenciado: técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica definida dentro de un sistema de coordenadas y datum específicos.

SIG: Sistema de Información Geográfica.

Gregario: término que se aplica a un individuo que tiende a vivir agrupado con otros congéneres, formando manadas, cardúmenes, colonias, parvadas, y en el caso del ser humanos grupos sociales.

Hábitat: lugar donde vive una comunidad de plantas, animales u otros organismos.

Herpetofauna: conjunto de especies de anfibios y reptiles de una región determinada.

Mastofauna: conjunto de especies de mamíferos de una región determinada.

Shapefile: es un formato sencillo y topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas. Las entidades geográficas de un *shapefile* se pueden representar por medio de puntos, líneas, o polígonos (Áreas)

Zona de amortiguamiento: porción de territorio asociada a un Área Natural Protegida (ANP) que tiene por función principal mitigar los impactos de la actividad humana sobre los atributos naturales del ANP, proveyendo una variedad de bienes y servicios.

Zona núcleo: porción de territorio que posee las mejores condiciones y características para asegurar la conservación de los ecosistemas, hábitats, especies y poblaciones genéticamente determinadas.

Zona periurbana: territorio inmediato a zonas urbanas, sometido a procesos relacionados con la valorización económica del espacio, como consecuencia de la incorporación real o potencial de nuevas tierras a la ciudad.

Zona de usos múltiples: porción del paisaje o un Área Natural Protegida en la que, de forma regulada, se permite el desarrollo de actividades humanas compatibles con los objetivos de manejo para la conservación de un territorio determinado.

I. INTRODUCCIÓN

La continua y recurrente expansión de los asentamientos humanos demandan el establecimiento de infraestructuras para la prestación del servicio eléctrico, que impactan a la biodiversidad local y regional, afectando las dinámicas ecológicas esenciales como la dispersión de las poblaciones silvestres y el acceso a recursos naturales esenciales.

En los asentamientos humanos modernos, parte de la fauna se ha adaptado a los ambientes antropogenizados. Se trata de especies generalistas, oportunistas y de alto grado de resiliencia, que se alimentan, viven y se reproducen en los entornos urbanos y periurbanos. Muchas de estas especies utilizan las líneas del tendido eléctrico para su desplazamiento o como sitios de descanso (percheo). Esta interacción con las infraestructuras eléctricas conlleva el riesgo que la fauna entre en contacto con las líneas eléctricas energizadas, lo que puede resultar en la ocurrencia de fallas eléctricas o cortocircuitos. Si bien, en ocasiones no todos los eventos de electrocución resultan mortales para los animales involucrados, éstos igual pueden morir por el golpe de la caída o por el ataque de depredadores mientras se repone.

La mayoría de los animales afectados corresponden a aves en general y, particularmente, aquellas en tránsito migratorio o juveniles, mamíferos, especialmente ardillas y zarigüeyas (tacuacines) y algunos murciélagos y, en menor medida, reptiles arborícolas, como boas y chichicúas.

A diferencia de otros problemas ambientales, existen técnicas sencillas y eficaces para eliminar los riesgos de electrocución y colisión de la fauna, utilizando balizamiento, aislamiento de conductores o la poda preventiva de árboles y hasta el diseño de conexiones subterráneas. Con esta perspectiva, resulta importante que las empresas de distribución eléctrica tomen acciones que permitan garantizar la seguridad de la fauna y al mismo tiempo, mantener el suministro eléctrico de manera continua y eficiente.

En este contexto, en El Salvador, la empresa DELSUR suministra electricidad a 440,942 usuarios en la zona centro-sur del país, en 79 municipios de los departamentos de La Libertad, San Salvador, La Paz, San Vicente y Cuscatlán. Su principal compromiso es contribuir al desarrollo económico del país como empresa de servicios esenciales, brindando a sus clientes un alto grado de calidad técnica y comercial, cumpliendo con estándares internacionales de seguridad y ética, así como respetando el marco normativo salvadoreño.

Desde el año 2011, DELSUR es parte del Grupo EPM, con sede en Medellín, Colombia, reforzando con ello su visión de construir y fomentar territorios sostenibles con la prestación de sus servicios. Por consiguiente, la gestión ambiental de DELSUR se basa en el cumplimiento de la política ambiental del Grupo EPM y está enfocada en las obligaciones legales ambientales e igualmente con aquellas actuaciones que contribuyan a potenciar los impactos ambientales positivos y disminuir los negativos de sus operaciones, estableciendo relaciones de mutuo beneficio con el medio ambiente en los territorios donde tiene presencia.

Siguiendo esta premisa, y de acuerdo con la Estrategia Climática del Grupo EPM 2018–2030, actualmente se abordan acciones relacionadas a la gestión de gases de efecto invernadero, la vulnerabilidad ante el cambio climático, la gestión de residuos, del recurso hídrico y la biodiversidad.

Con respecto a la biodiversidad, durante los años 2019, 2020 y 2021 la empresa reportó y georreferenció interrupciones al servicio debido a fallas provocadas por fauna silvestre. Este tipo de accidentes resultaron en lesiones graves e incluso la muerte de los animales involucrados, así como afectaciones al servicio de distribución eléctrica, lo cual implica repercusiones significativas. Por un lado, se deben realizar inversiones para el restablecimiento del servicio y reparación de los elementos y equipos de la red dañados y, por el otro, se debe responder por el servicio no brindado durante un periodo determinado.

La empresa ha implementado medidas de mitigación frente a esta problemática, como la colocación de dispositivos llamados “profauna”, los cuales aíslan los componentes de la red con los cuales la fauna puede entrar en contacto y como resultado electrocutarse. Algunos de estos dispositivos profauna son: **a) protectores para aislador y línea**, fabricados de goma de silicón con características retardantes de flama; **b) protectores tubulares** los cuales se instalan sobre los conductores; **c) protectores para ardillas**, los que contienen secciones giratorias que impiden que estas especies suban a los conductores aéreos, líneas de distribución y subestaciones.

Otros dispositivos comprenden **cobertores protectores para terminales de conexión, cubiertas para empalme contráctil en frío, cubiertas para corto circuito, cable semi-asilado y barreras profauna**. Si bien, estos elementos contribuyen a reducir el impacto negativo hacia la fauna, surge la necesidad de entender los factores que están favoreciendo los eventos de electrocución de fauna, para luego evaluar y proponer las medidas de mitigación más adecuadas con el recurso disponible, que permitan no sólo reducir los eventos de fallas y daños generados a las líneas de distribución, sino también salvaguardar las especies de fauna silvestre presentes en los territorios.

Sobre todos estos, se amplía más información en la sección 2.3. de este documento.

El objetivo de este estudio es desarrollar una iniciativa piloto que ayude a identificar de manera más precisa los riesgos asociados con la presencia de fauna silvestre en rutas principales para la distribución eléctrica, con base en las características biofísicas del entorno, la biología y etología de las especies presentes, y proponer posibles medidas para su mitigación.

El análisis partió de la revisión de la información secundaria recabada en campo por personal de DELSUR, así como un levantamiento *in situ* por parte del equipo consultor en tres territorios delimitados: a) San Salvador- La Libertad (equivalente al 25.16% del territorio total); b) La Paz- San Vicente-Cuscatlán (41.34% del territorio total) y c) San Vicente-Cuscatlán (33.50% del territorio total).

Adicionalmente se elaboraron de mapas de uso y cobertura del suelo haciendo uso de herramientas de SIG, la identificación de corredores de fauna, inventarios de las principales especies de árboles, avifauna (aves) y mastofauna (mamíferos) que caracterizan cada una de las principales coberturas/ usos del suelo identificadas, la identificación de especies que con mayor frecuencia se ven afectadas por accidentes, y por último la identificación de posibles medidas para la reducción del riesgo de colisiones y electrocuciones.

Aunque se obtuvieron datos para los periodos de 2019 a 2023 (junio), para realizar el muestreo en campo se utilizó la información de 2019 hasta 2021.

2. CONTEXTO

Las fallas en el tendido eléctrico por electrocución de fauna son una problemática ampliamente estudiada y evaluada en varias regiones del mundo, sin embargo, en El Salvador no se han desarrollado a la fecha investigaciones relevantes sobre esta temática. El fenómeno supone un factor de mortalidad importante de miles de especies por año, lo que a su vez representa una oportunidad para mitigar amenazas para la conservación de poblaciones, y al mismo tiempo mejorar la calidad del servicio de energía.

Sólo entre el periodo de 2019 a 2023, DELSUR registró un alto número de fallas relacionadas por electrocución por fauna, lo que se puede traducir en igual cantidad de individuos pertenecientes a diferentes especies que perecieron o resultaron gravemente heridas a causa de esta afectación.

2.1. Descripción del mercado eléctrico nacional

En el mercado eléctrico de El Salvador la energía es obtenida en centros de generación, transportada en líneas de transmisión aérea, y suministrada a las empresas distribuidoras de energía eléctrica como DELSUR para que esta pueda ser entregada a los usuarios finales (consumidores) a través de, predominantemente, líneas aéreas desnudas (Figura 1).

La energía eléctrica en el país es manejada en distintos niveles de tensión de acuerdo con la tarea que desempeñan cada operador/comercializador del sistema. Estos niveles se describen en la Tabla 1:

Tabla 1. Descripción de los niveles de tensión que se presentan en las líneas de transmisión y distribución eléctrica

Niveles de tensión en líneas de transmisión y distribución eléctrica	
Clasificación	Nivel de tensión
Alta Tensión (AT)	115KV*
Media Tensión (MT)	4.16KV, 13.2 KV, 23KV
Baja Tensión (BT)	< 600 V**

* KV= kilovoltios, **V = voltios

Estos dos últimos tipos de líneas son fácilmente identificables por su diseño, tamaño de estructura de soporte y conductores: mientras las líneas de transmisión se apoyan en grandes torres que pueden llevar más de un circuito, las líneas de distribución tienen una altura menor llevando un único circuito de tres conductores o fases, y sus estructuras de soporte suelen ser comúnmente de concreto.

Para el presente estudio, se ha tomado en consideración únicamente la realidad de la infraestructura del sistema de distribución de energía eléctrica de DELSUR, el cual consiste en la distribución de energía en Baja Tensión (120 voltios y 240 voltios) y Media Tensión (4 Kv, 13.2 Kv, 23 Kv y 46 Kv).

Mercado eléctrico

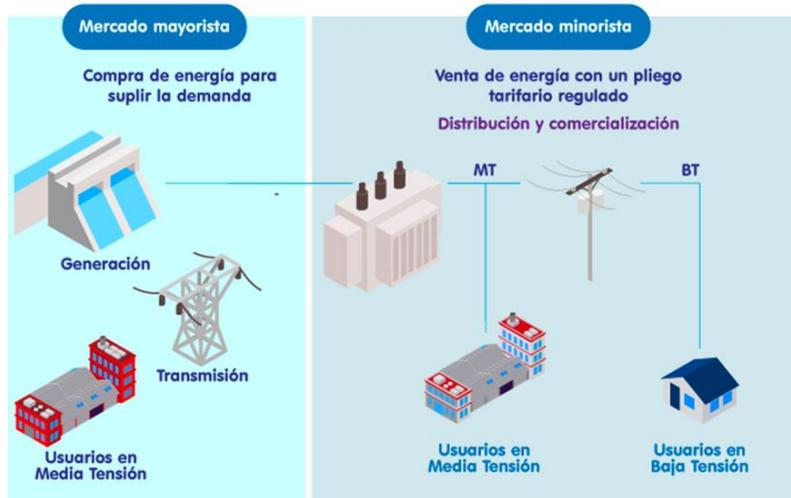


Figura 1. Esquema del funcionamiento del mercado eléctrico de El Salvador. Fuente: Página web oficial de DELSUR <https://www.delsur.com.sv/>

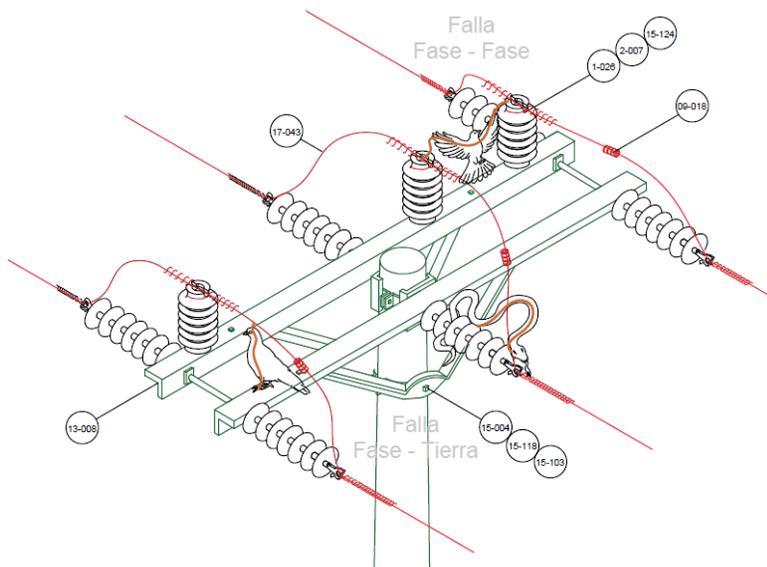


Figura 2. Ejemplos de situaciones en las que la fauna interactúa con las infraestructuras de distribución eléctrica, provocando una falla.

La fauna que habita en diversos entornos, ya sean naturales, urbanos o periurbanos, a menudo se desplaza a través de las infraestructuras eléctricas de distribución. Esta interacción con las infraestructuras eléctricas conlleva el riesgo que la fauna entre en contacto con las líneas eléctricas energizadas, lo que puede resultar en la ocurrencia de fallas eléctricas, producto de la electrocución de los animales en la red o la generación de arco eléctrico. Estas fallas eléctricas suelen producirse cuando un animal hace contacto simultáneamente con una

línea energizada y un elemento que carece de aislación en las estructuras de soporte, lo que se conoce como "falla línea-tierra". En la Figura 2 se pueden observar: a) una paloma que se posa sobre el cruce en un punto donde sobrepasa el conductor de una fase, al hacer contacto su cabeza con el cable crea, sin intención, un camino de más baja resistencia, y b) una serpiente que decide trasladarse a lo largo de uno de los cables, y mientras se sujeta del aislador de suspensión toca las partes vivas de la preformada que sostiene el cable, reduciendo la distancia de fuga del aislador.

También son frecuentes las situaciones en las que un animal entra en contacto con dos líneas energizadas al mismo tiempo, lo que se denomina "falla línea-línea". En ambas circunstancias, se genera una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que a su vez provoca el flujo de corriente eléctrica a través del cuerpo del animal, causándole lesiones mortales. Este flujo de corriente se incrementa gradualmente hasta que supera la capacidad de protección más cercana a la línea, que suele estar equipada con fusibles de diversos amperajes.

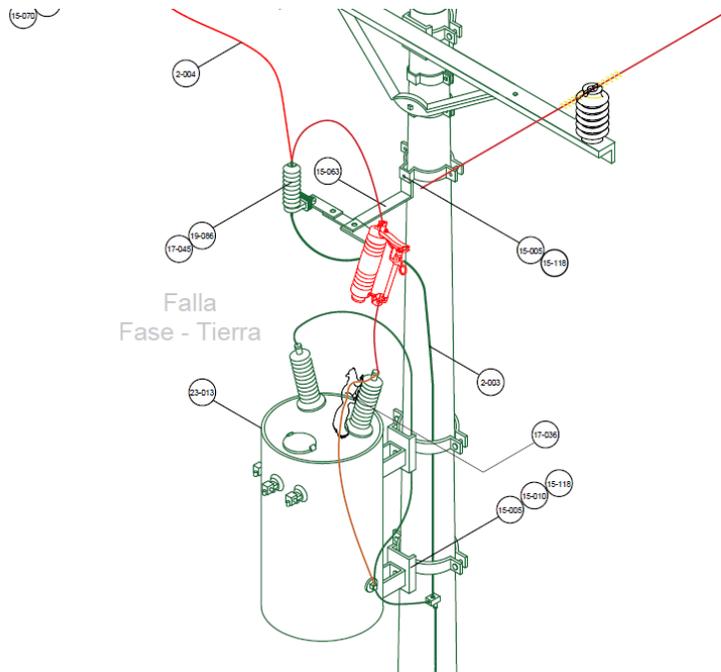


Figura 3. Ejemplo de falla provocada por la fauna que se desplaza a través de estructuras como transformadores.

Otros escenarios se sitúan en las estructuras que sostienen equipos como transformadores, recerradores, reguladores de voltaje, seccionadores, y sus cuchillas de entrada y salida. Estos equipos contienen espacios que las aves pueden identificar como lugares idóneos para anidar, o bien lugares para descansar o de paso para otras especies. En la Figura 3, se encuentra una ardilla que intenta trepar mediante el buje de fase de un transformador monofásico, ésta ofrece un camino de baja resistencia entre la carcasa del equipo que se encuentra aterrizada y el conductor de alimentación.

2.2. Estándares de construcción de redes de distribución de energía eléctrica vigentes en El Salvador

De acuerdo con los Decretos Legislativos de El Salvador, la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, en adelante “La Superintendencia”, o “la SIGET”, es el ente regulador responsable de hacer cumplir el Reglamento de la Ley General de Electricidad.

A nivel nacional, SIGET ha emitido estándares de construcción de redes de distribución de energía eléctrica, los cuales se encuentran orientados para empresas distribuidoras, contratistas e instituciones en general. Con el objetivo de regular la calidad en las construcciones de estas infraestructuras, asegurando el cumplimiento de Normas técnicas de diseño, seguridad y operación.

Existen los siguientes estándares de construcción vigentes, los cuales se adaptan a los requerimientos de cada condición de operación:

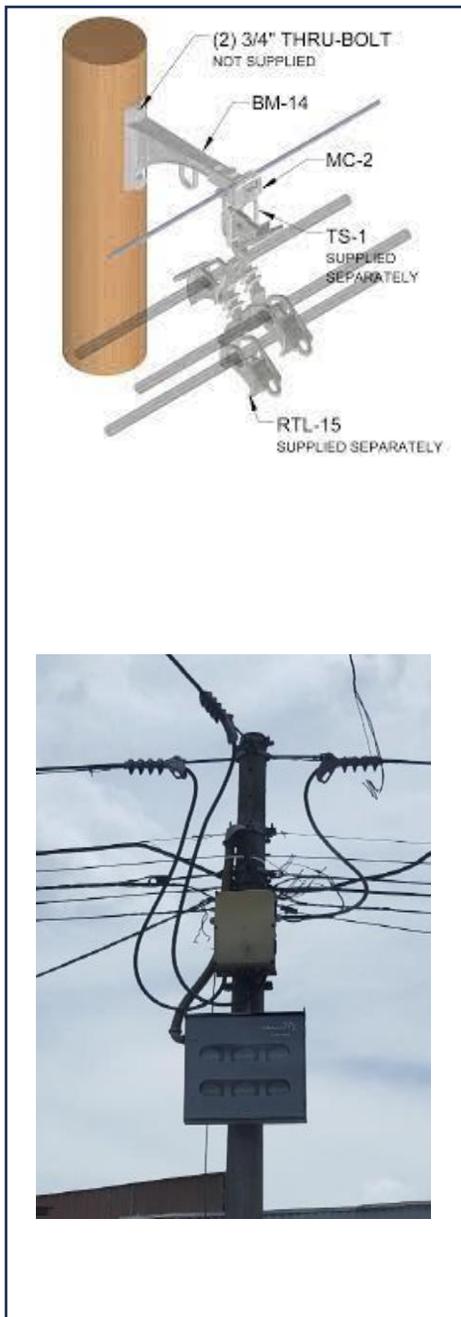
Estándar	En qué consiste
Estándar de Construcción de Líneas Aéreas de Distribución de Energía Eléctrica, acuerdo 66-E-2001.	El documento contiene las estructuras estándar para la construcción de líneas aéreas de distribución de energía eléctrica en media tensión a 46 KV, 23 KV, 13.2 KV, 4.16 KV y baja tensión a 120/240 V, instalación del hilo neutro, anclajes, acometidas y mediciones de baja tensión y alumbrado público, a ser utilizados en los sistemas de distribución de energía eléctrica en el ámbito nacional
Estándar para el Diseño y Construcción de Redes Subterráneas para la Distribución de Energía Eléctrica, acuerdo 445-E-2021.	El documento contiene los lineamientos, criterios y características que deben cumplir las instalaciones de distribución subterránea de energía en baja (120/240 V) y en media tensión (13.2/23 KV), los tipos de pozos y canalizaciones, conductores, materiales, equipos y accesorios a ser utilizados en estas.

Dado que las redes de distribución subterránea sitúan su infraestructura oculta, esta debe estar en contacto con el suelo. Por lo tanto, su nivel de aislación es de 100% o 133%. Y no representan un peligro potencial para las especies silvestres de fauna, por lo que serán excluidas de este documento.

2.3. Estándares de construcción para la distribución de energía eléctrica de DELSUR.

Como operador regulado por la SIGET, DELSUR debe realizar los diseños y construcciones de la infraestructura de su red de distribución cumpliendo con los requerimientos mínimos de los estándares definidos (aéreo y subterráneo). Sin embargo, para ofrecer un servicio de mayor estabilidad, confiabilidad y seguridad DELSUR ha adoptado estándares de construcción aérea superiores a los emitidos por la SIGET.

Estándar	En qué consiste
Estándar DELSUR de Construcción de Líneas Aéreas de Distribución de Energía Eléctrica: acuerdo 66-E-2001	<p>El documento contiene las estructuras estándar para la construcción de líneas aéreas de distribución de energía eléctrica en media tensión a 46 KV, 23 KV, 13.2 KV, 4.16 KV y baja tensión a 120/240 V, instalación del hilo neutro, anclajes, acometidas y mediciones de baja tensión y alumbrado público, a ser utilizados en los sistemas de distribución de energía eléctrica en el ámbito nacional. La diferencia con el estándar de SIGET radica en el uso de aisladores sobredimensionados, lo que permite aumentar las distancias de fugas por estructura, aumentando la seguridad y reduciéndose significativamente el número de fallas o interrupciones de la red. Otra diferencia, es el uso estratégico de accesorios que evitan que cuerpos extraños a la red puedan ofrecer caminos de menor impedancia y así generar fallas por factores externos.</p>
Estándar DELSUR de Construcción de Líneas Aéreas Semi-aisladas o Protegidas de Distribución de Energía Eléctrica:	<p>Toma como base los diseños constructivos del sistema Hendrix, pero tropicalizado a nivel centroamericano. El documento contiene las estructuras estándar para la construcción de líneas semi-aisladas de distribución de energía eléctrica en media tensión a 46 KV, 23 KV, y 13.2 KV. Estas redes se diseñan con conductores cubiertos de polietileno de alta densidad (HDPE), lo que permite reducir las separaciones entre las fases. Este sistema tiene la suficiente capacidad de impedir que tanto usuarios, como flora o fauna que tengan contacto con sus cables se vean negativamente afectados, reduciendo las corrientes de fuga de manera drástica en comparación con las redes que se construyen con cables desnudos. Un cuerpo externo a la red que llegase a entrar en contacto con ella en dos puntos de diferente potencial, recibiría una descarga. Esta pequeña descarga funciona como una advertencia, logrando evitar que estos contactos (ya sea de personas o animales) no sean prolongados. Debido a ello, estas no presentan un riesgo para las especies silvestres de fauna</p>
Estándar DELSUR de Construcción de Líneas Aéreas Blindadas de Distribución de Energía Eléctrica:	<p>Establece las disposiciones, criterios y requerimientos mínimos que deben tomarse en cuenta para el diseño y construcción de las redes blindadas. Estas redes son aplicables para distribución de energía en baja tensión (120/240 V), cuya energía se suministra desde los centros de transformación a clientes residenciales que se ubican en zonas de alto riesgo de hurto de energía. Por medio de cables concéntricos aislados y cajas de empalme especiales se otorgan los productos finales a los usuarios. Dado que no se observan conductores desnudos en estas instalaciones, estas no presentan un riesgo para las especies silvestres de fauna.</p>



DELSUR realiza importantes inversiones en redes semi-aisladas y blindadas en zonas con alta densidad de flora y fauna, en las que se tienen grandes cantidades de interrupciones del servicio por fallas provocadas por contacto de árboles o animales y que resultan en altas tasas de mortalidad animal. Al implementar este tipo de proyectos, no solamente se tiene mejoras en la confiabilidad del servicio, sino que también la cantidad de muertes de animales disminuye considerablemente.

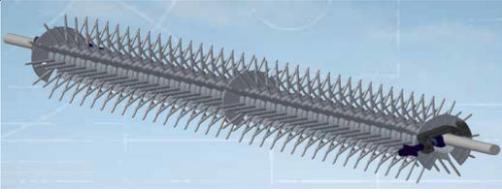
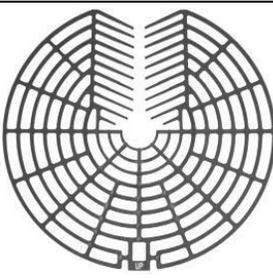
Siendo los estándares de la SIGET los reconocidos en la tarifa, todos los materiales y equipos que se incorporen al diseño de la red, con el fin de reducir las interrupciones del servicio por contacto con fauna, y que no se encuentren en el estándar reconocido por la SIGET en la tarifa (Acuerdo 66 E-2001), son inversiones absorbidas en su totalidad por la empresa distribuidora.

Dispositivos profauna:

Los accesorios profauna son elementos diseñados específicamente para reducir los riesgos de electrocución de la fauna en redes de distribución eléctrica de media tensión, particularmente en líneas aéreas con cables desnudos. Estos accesorios se instalan con el propósito de proteger a la fauna y prevenir accidentes, al tiempo que se mantienen los niveles de seguridad y eficiencia en la infraestructura eléctrica. En las Recomendaciones se detallan este tipo de accesorios con más elementos descriptivos y comparativos.

A continuación, en la Tabla 2, se muestran los dispositivos que DELSUR utiliza para proteger las redes y prevenir lesiones en la fauna, a partir de evitar el contacto de cuerpos extraños entre diferentes puntos con diferente potencial eléctrico:

Tabla 2. Descripción de dispositivos profauna utilizados actualmente por DELSUR.

Nombre del dispositivo	Descripción	Ejemplo
<p>Protectores profauna para aislador y línea</p>	<p>Este tipo de protectores se instala directamente sobre los aisladores tipo espiga o columna y su conductor.</p>	
<p>Protectores de fauna tubulares</p>	<p>Este tipo de protectores se instala directamente sobre conductores y tienen suficiente material de traslape para fijarse a los conductores sobre los que se instala.</p>	
<p>Protectores de fauna para ardillas</p>	<p>Los protectores profauna para ardillas impiden que los roedores o reptiles suban a los conductores aéreos de líneas de distribución y subestaciones.</p>	
<p>Cobertores para bujes</p>	<p>Se instalan en las grapas de sujeción de los conductores que tienen los bujes o terminales de diversos equipos. Su función es incrementar la distancia de fuga y así disminuir significativamente el riesgo en cuestión.</p>	
<p>Cobertores para cortacircuitos</p>	<p>Se instalan en la parte superior de los cortacircuitos, evitando contactos indeseados entre las partes vivas y los herrajes con potencial de tierra.</p>	
<p>Barreras profauna</p>	<p>La barrera de protección profauna es un elemento en forma de disco, el cual protege aisladores en los circuitos y aisladores de los terminales de conexión de equipos, con el fin de evitar fallas causadas por contactos fase a tierra o fase a fase de cualquier tipo de animal silvestre.</p>	

3. METODOLOGÍA DESARROLLADA

3.1. Sistematización de la información

Visitas a los territorios

A partir de georreferencias proporcionadas por DELSUR, de los puntos de la red de distribución eléctrica en donde se reportaron interrupciones al servicio por accidentes con fauna en los años 2019, 2020 y 2021, se delimitaron tres territorios de interés que concentran los casos registrados.

Territorio	Departamentos	Municipios
A	San Salvador – La Libertad	San Juan Opico; Quezaltepeque; Santa Tecla; Nuevo Cuscatlán; Zaragoza; San José Villanueva; La Libertad; Tamanique y Chiltiupán
B	La Paz – San Vicente	El Rosario; Santiago Nonualco, San Rafael Obrajuelo, San Juan Nonualco, Zacatecoluca y Tecoluca, del Territorio
C	San Vicente - Cuscatlán	Cojutepeque; San Cristóbal; Santa Clara; Apastepeque; San Vicente; San Lorenzo y San Esteban Catarina

TOTAL: 85,842 ha (aproximadamente 4.3% del país)

El esfuerzo se distribuyó de manera equitativa a fin de poder visitar la mayoría de los sitios donde han ocurrido los eventos, procediendo *in situ* a levantar una ficha de datos de campo que incluía información sobre el uso del suelo, especies arbóreas y fauna observada.

En cada visita se realizaron entrevistas no estructuradas a los habitantes de viviendas cercanas al sitio del accidente, con el objetivo de recopilar información sobre los eventos reportados. Se siguió un patrón de preguntas cuyo fin era obtener información de los eventos, sin sugerir si la fauna era la responsable, permitiendo que las personas comunicaran las posibles causas e información complementaria de la ocurrencia de los cortes de energía y sus razones.

Las visitas incluyeron observaciones generales, toma de fotografías, registro de coordenadas para comparar con la base de datos existente, comprobando las coordenadas, hora, fecha y ubicación.

Entrevistas con parejas de atención de fallas de DELSUR



Figura 4. Equipo de campo durante el levantamiento de información en los sitios de fallas en Territorio A.

Se realizaron entrevistas y algunas visitas conjuntas con personal técnico, supervisores de atención de fallas e inspectores de líneas de DELSUR, para contar con datos de especies que han chocado con las líneas de distribución eléctrica, especies frecuentes o raras y los periodos en que son más frecuentes estos eventos, así como otros elementos que han podido ser observados al momento de atender estos incidentes.

De las entrevistas, se identificaron especies de fauna que con mayor frecuencia se ven involucradas en accidentes con las líneas de distribución eléctrica, y se contrastó con la información en campo, incluyendo entrevistas y avistamientos.

Adicionalmente, se visitaron dos subestaciones eléctricas con el objetivo de conocer las especies, especialmente de reptiles, que potencialmente podrían causar fallas a las mismas.

3.2. Sistema de Información Geográfica

Usos y Coberturas del suelo

Se identificaron los principales usos y coberturas del suelo presentes en los tres territorios seleccionados, por medio del uso de imágenes satelitales y su posterior digitalización. Algunas clases del uso de suelo que son propias de cada territorio también fueron digitalizadas, como por ejemplo las zonas de vegetación sobre lava, playas rocosas y arenosas presentes en el territorio A.

Se definieron un total de ocho clases o categorías de uso de suelo: 1) Bosque, 2) Caña de azúcar, 3) Plantaciones frutales, 4) Humedales, 5) Sistemas agropecuarios, 6) Tejido urbano, 7) Cafetal y 8) Playas rocosas, arenosas o acantilados. Cabe destacar que no se trata de todos los usos existentes en los territorios, más bien de una selección de aquellos que se consideró más representativos y relevantes, con el objetivo de simplificar el análisis de datos.

Análisis de eventos

Se usaron los datos de los eventos de electrocución de fauna silvestre registrados por DELSUR durante un periodo de tres años, 2019, 2020 y 2021.

Se sobrepusieron las capas del archivo de uso de suelo y los puntos georreferenciados de los eventos de electrocución. De esta manera, cada evento de electrocución fue asociado con el uso de suelo correspondiente. Para cada caso se anotó el uso de suelo donde sucedió el evento y si éste se encontraba a menos de 60 m de otro tipo de uso de suelo se consideraron ambos usos. Así, por ejemplo, si un evento se presenta como “área urbana y bosque”, es un evento que sucedió en área urbana, pero a menos de 60 m de una zona de bosque.

3.3. Evaluación de la flora

- Las especies de flora presentes en los sitios de registro de electrocuciones fueron identificadas taxonómicamente y listadas en una ficha de campo diseñada para este proyecto. Como se muestra en los resultados, se identificaron 123 especies de árboles y arbustos, incluidos en 44 familias botánicas.
- En estas fichas se anotaron también las observaciones particulares de cada sitio, a fin de detallar sus características y compararlas con los demás sitios visitados.
- Se observó a las especies en un tramo de 30 m a cada lado del poste donde se presentó un evento entre los años 2019-2021, separando las especies forestales, ornamentales y frutales. Simultáneamente se tomaron fotografías, la primera al poste, la segunda vista a la derecha y la tercera vista hacia la izquierda.

Para el procesamiento de la información, se elaboraron matrices con los datos obtenidos en el trabajo de campo. En el caso del análisis de abundancia de las especies de flora encontradas, se utilizó el Índice de Frecuencia Relativa, este se calcula dividiendo la frecuencia absoluta (es decir el número de individuos de cada especie) entre el total de los datos (número total de individuos de todas las especies).

3.4. Evaluación de la fauna

En todos los sitios visitados se procedió a efectuar un registro de las especies de fauna presentes o indicios de éstas (huellas, excretas, pelos, huesos, etc.), incluyendo la observación de aves en las cercanías del sitio del incidente. Se observó si existían nidos en las estructuras o en los árboles cercanos, así como madrigueras de ardillas y se registraron las especies que en el momento de la visita se encontraban sobre las líneas de distribución, los postes o sobrevolando.

Esta base de datos también permitió analizar la abundancia de las especies en los sitios visitados, así como conocer el estado de estas según la literatura, si eran especies residentes o migratorias, utilizando la

clasificación propuesta por Fagan & Komar (2016), en donde se caracteriza a las especies de acuerdo con su presencia estacional.

Para la identificación de mamíferos, debido a que la mayoría de las especies presentan hábitos crepusculares o nocturnos (a excepción de la ardilla, la cual es de hábitos diurnos) se procedió a realizar entrevistas tanto a los habitantes locales en las cercanías de los registros de fallas, como a técnicos de DELSUR quienes atienden dichas fallas en campo, con el objetivo de recopilar información sobre las especies que más se han visto involucradas en estos eventos. Así también se revisaron las bases de datos de especies registradas en los territorios de interés, que se encuentran alojadas en el portal de GBIF (*Global Biodiversity Information Facility*), con el fin de complementar el listado de las especies más susceptibles de sufrir una electrocución.

Por otro lado, para las especies de reptiles, al igual que con los mamíferos se realizaron entrevistas a habitantes locales y técnicos de atención a fallas. Además, como se mencionó anteriormente, se realizaron visitas a dos subestaciones, en las cuales se indagó sobre las especies de reptiles ingresan a las infraestructuras, poniendo en riesgo su integridad y el buen funcionamiento de las subestaciones.

De entre las especies de fauna presentes con mayor frecuencia e involucradas en accidentes con las líneas de distribución eléctrica, se prepararon fichas descriptivas de la biología (historia natural) y comportamiento (etología), incluyendo información sobre sus hábitos y patrones migratorios, preferencias de anidación, percheo y otras que puedan ayudar a comprender y por tanto prevenir los accidentes.

Finalmente, se hizo una revisión de una base de datos complementaria, proporcionada por DELSUR, sobre registros de electrocución en los periodos de enero a diciembre del año 2022 y de enero a junio del año 2023, con el fin de incluirla en la discusión de los datos, particularmente por la afectación de ciertas especies.

4. RESULTADOS

4.1. Mapas de uso y cobertura para los territorios prioritarios

Territorio A. San Salvador – La Libertad

El tipo de ecosistema predominante en el territorio son las zonas de bosque y vegetación arbustiva, si bien en muchos casos con alto grado de perturbación, que ocupan el 32.4% del territorio. En segundo lugar, se encuentran los cafetales (bajo sombra y sol) equivalentes al 23.3%. Esto indica que hasta el 55.7% de esta área de estudio está ocupada por cobertura arbórea.

El tejido urbano, tanto continuo como discontinuo, y la mezcla de sistemas agropecuarios (principalmente granos básicos y pastos) también ocupan extensiones significativas: 21.1% y 19.9% del territorio, respectivamente.

El conjunto de los campos de caña de azúcar, cultivos frutales, playas rocosas, arenosas, acantilados y humedales, apenas corresponden al 3.3% del área.

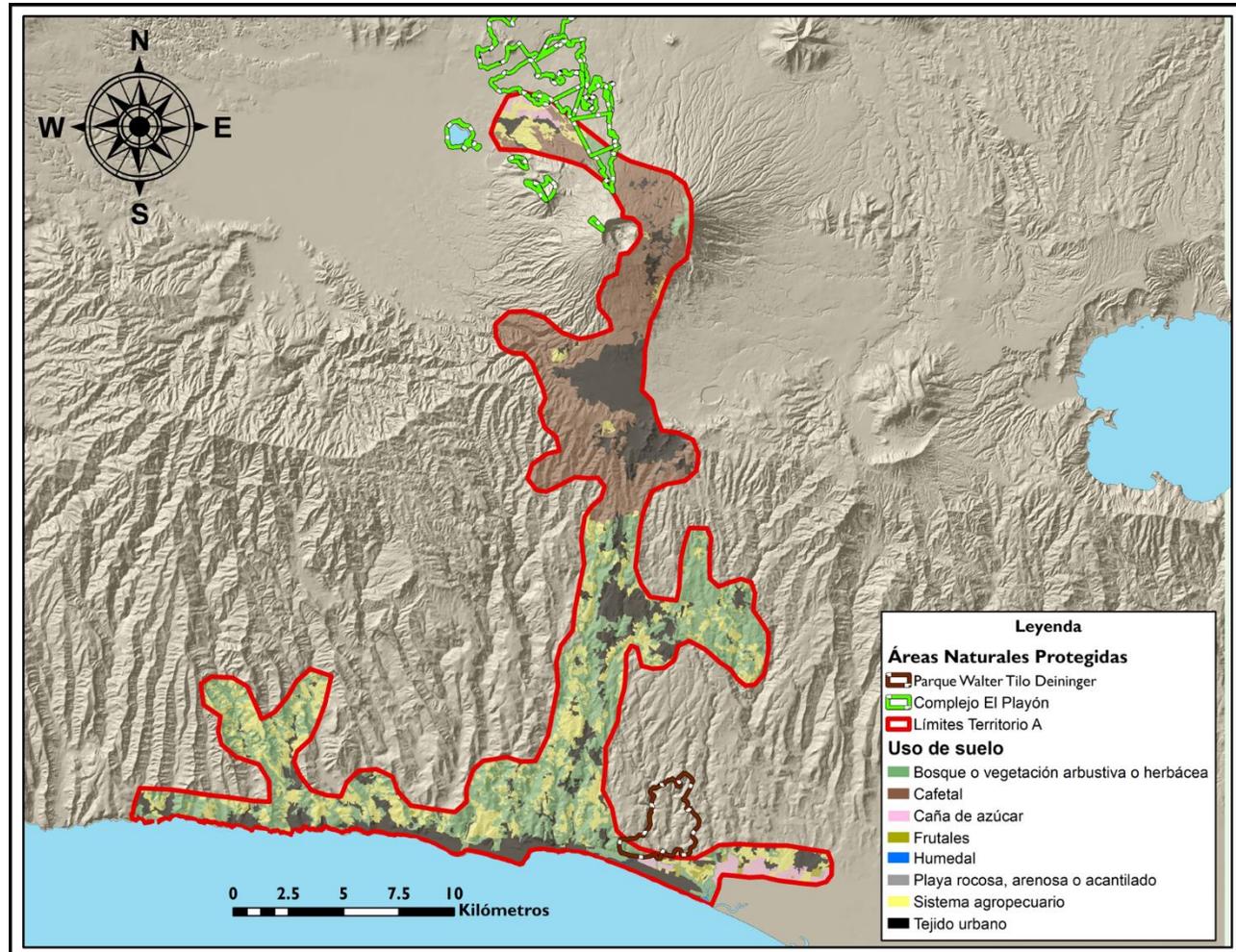


Figura 5. Uso de suelos y cobertura del territorio A.

Territorio B. La Paz – San Vicente

A diferencia del Territorio A, aquí los usos predominantes son los agropecuarios, que comprenden el 49.7% del espacio. En mucha menor medida aparecen los bosques, igualmente perturbados, representando sólo un 18.9% del área, en tanto que no se reportan cafetales; aunque sí (4.4%) de cultivos frutales, que también aportan a la cobertura arbórea. Los campos de caña de azúcar son casi tan predominantes como los bosques, con un 15.7% y el tejido urbano alcanza el 10.4%. El restante 0.9% corresponde a humedales; en este territorio no se reportan playas rocosas, arenosas ni acantilados.

En este territorio, que tiene parte en la zona costera del país, caracterizada por no contar con masas boscosas continuas, se presenta una alta fragmentación en el paisaje por lo que la fauna silvestre usa el tendido eléctrico como medio de paso. Al mismo tiempo, es una zona donde es frecuente la migración de aves, a lo largo de la planicie, aunque no se han encontrado evidencias de electrocuciones.

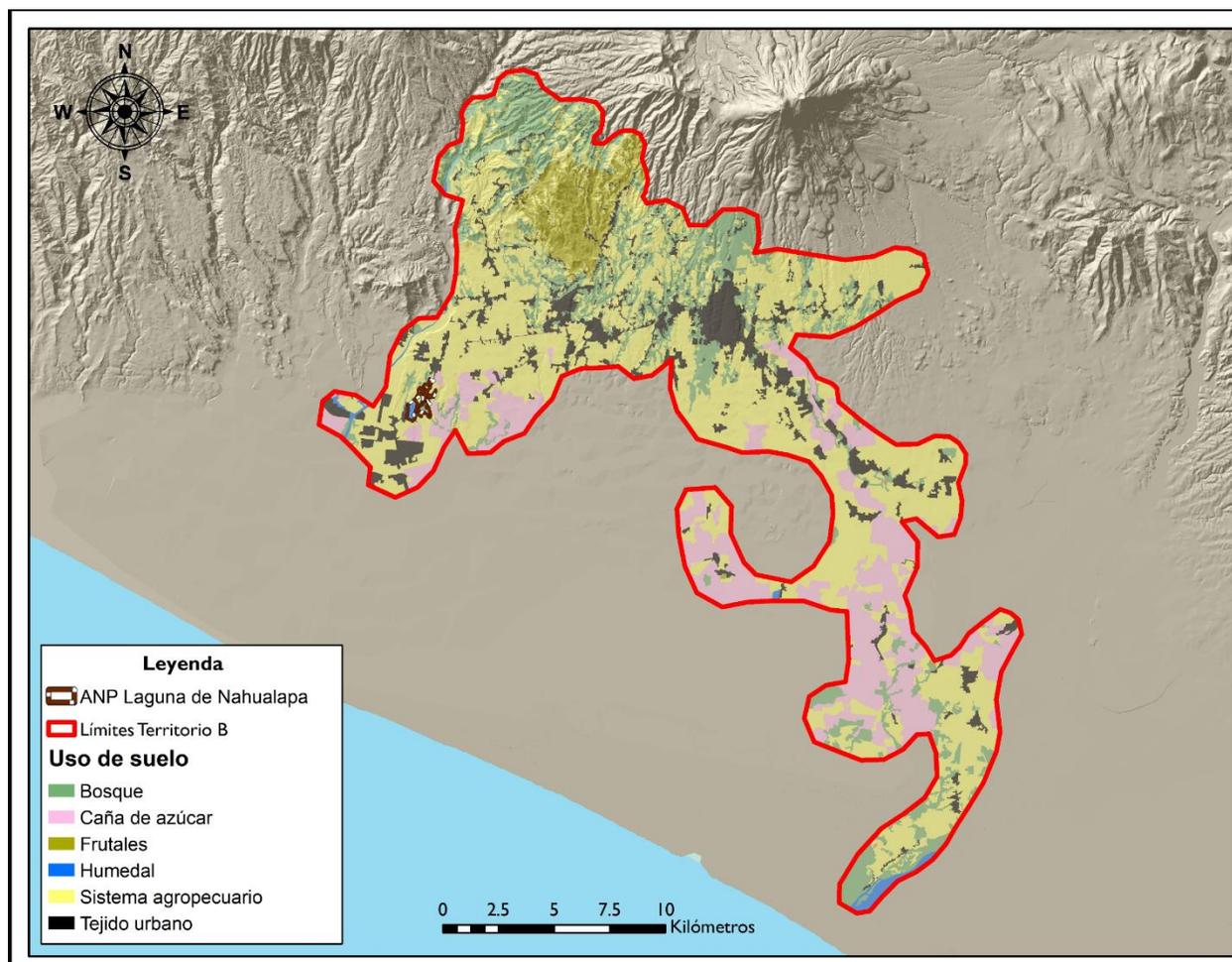


Figura 6. Uso de suelos y cobertura del territorio B.

Territorio C. San Vicente – Cuscatlán

Al igual que para el caso anterior, también en este territorio predominan los sistemas agropecuarios, representando un 54.8%. Pero, a diferencia del Territorio B, aquí la cobertura boscosa alcanza casi un 31.9%. Cultivos de árboles frutales no se identificaron, pero sí una pequeña porción de cafetales equivalentes al 0.5%. El tejido urbano ocupa el 7.2%, seguido de cerca por los cañales, que representan el 5.4%, mientras que los humedales representan el 0.3%.

En esta zona el principal componente del paisaje es el volcán de San Vicente y los conos adventicios que se encuentran con una cobertura forestal de cafetales y frutales, propiciando una alta densidad de fauna, en la cual las intervenciones que se han realizado para los asentamientos humanos han cortado el flujo natural de esta, concentrando una mayor cantidad de electrocuciones en los municipios de San Juan Nonualco, Santiago Nonualco, Apastepeque y Zacatecoluca.

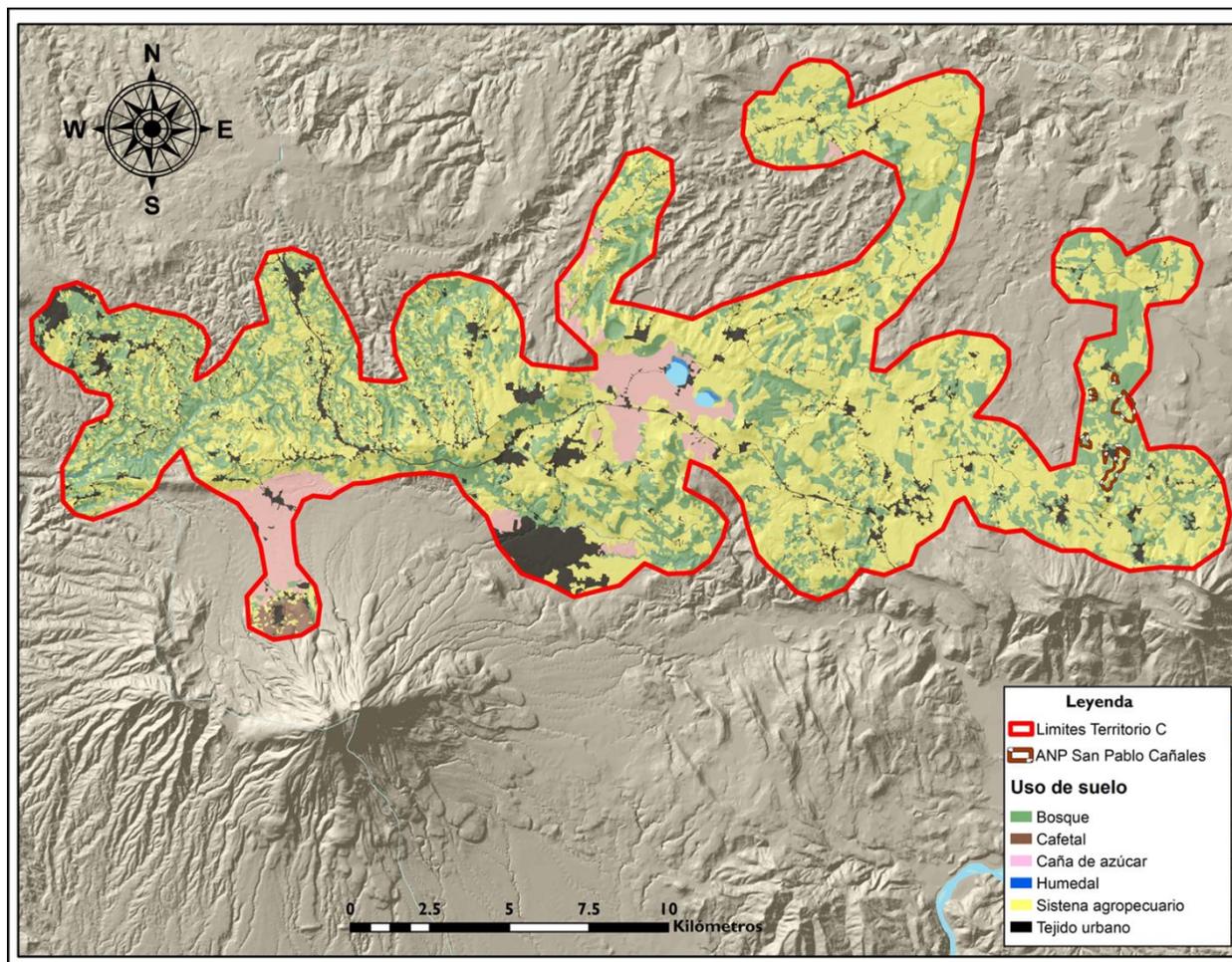


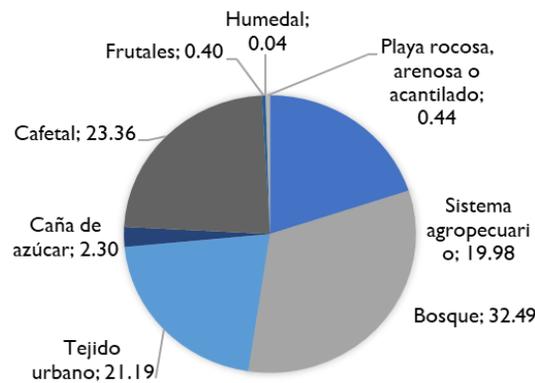
Figura 7. Uso de suelos y cobertura del territorio C.

En general, se observa una dominancia de los usos agropecuarios. Si bien en el Territorio A predomina la cobertura de tipo boscosa, ésta, como ya se detalló, incluye mucha vegetación perturbada y de tipo arbustiva (bosque secundario joven en regeneración) que corresponde a tierras en barbecho (tierras agropecuarias que se han dejado de cultivar) que intermitentemente vuelven a ser cultivadas.

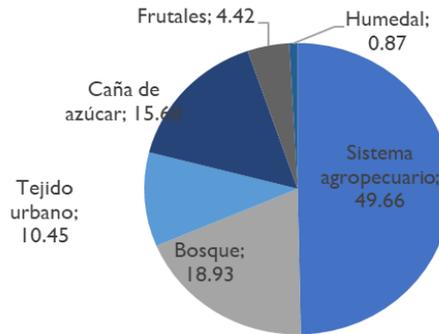
Pero los verdaderos bosques, en su mayoría secundarios, también tienen una presencia significativamente alta, que suma con cultivos como el café y los árboles frutales para una cobertura arbórea muy alta.

El tejido urbano (tanto continuo, como discontinuo) representa la tercera cobertura dominante y se encuentra en constante expansión; lo que representa un constante conflicto con los restantes usos, especialmente los bosques y la fauna que estos albergan; haciendo que las interacciones entre la fauna y las poblaciones humanas, y su infraestructura, sean cada vez más frecuentes.

PORCENTAJE TERRITORIO A (%)



PORCENTAJE TERRITORIO B (%)



PORCENTAJE TERRITORIO C (%)

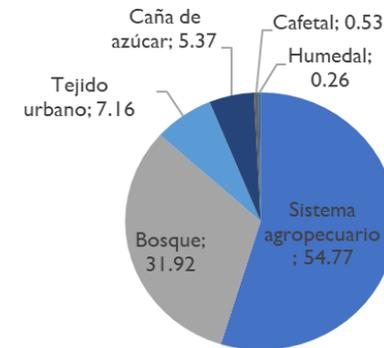


Figura 8. Gráficas del porcentaje de presencia de cada clase de uso de suelo en cada uno de los territorios.

4.2. Identificación de los principales corredores de fauna

La fragmentación forestal se define como *una separación no natural de grandes áreas en espacios segregados, generando la reducción de los hábitats y la división en unidades más pequeñas y aisladas* (Korman, 2003), comúnmente llamadas “islas”.

La teoría de la biogeografía de islas estudia la influencia del tamaño de los fragmentos en el hábitat y su aislamiento en las poblaciones. Según esta teoría, las islas pequeñas tienden a contener menos especies que las islas grandes, con tasas de extinción más altas y menor intercambio genético. Por tanto, un fragmento de gran extensión contiene más especies que aquellos pequeños. La fauna se moviliza del fragmento más grande hacia los pequeños enriqueciéndolos. **Los corredores o conectores optimizan la capacidad de las especies para moverse entre islas**, aumentando el número de especies (Bennett, 1999).

En este sentido, **los corredores biológicos son una estrategia para la conservación, el uso, manejo y valoración integral de los recursos naturales**, basadas en los principios rectores de la sostenibilidad ambiental. Uno de los mayores problemas ambientales en El Salvador es el deterioro y fragmentación de los ecosistemas naturales; asociado a factores antrópicos, cambiantes en su intensidad, efectos y grado de complejidad.

En El Salvador se ha previsto esta estrategia de corredores y se ha dispuesto en la Ley de Áreas Naturales Protegidas la siguiente definición: *conjunto de Áreas Naturales y zonas de interconexión del territorio nacional, de propiedad pública y privada, respetando en este caso los derechos del propietario a disponer sobre el uso de la tierra, en las cuales se promoverán actividades de manejo sostenible de los recursos naturales, a fin de generar bienes y servicios ambientales a la sociedad* (Asamblea Legislativa, 2005).

Otra definición amplía: *el territorio cuyo fin es proporcionar conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitats (naturales o modificados) para asegurar el mantenimiento de la biodiversidad, así como de los procesos ecológicos y evolutivos. Está integrado por áreas naturales bajo regímenes de administración especial; zonas núcleo, de amortiguamiento o de usos múltiples, proporcionando espacios de concertación social para promover la inversión en la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, en los territorios* (Feoli, 2013).

Ambos conceptos son técnico-jurídicos, pero en un sentido simple, un corredor biológico es *una franja continua de ancho variable, que permite la movilización de especies a través de una matriz de diferentes usos del suelo, garantizando la preservación de las especies que lo utilizan*.

En ese sentido, en los territorios de intervención del presente proyecto (A, B y C) se observa la existencia de un alto número de espacios que propician el paso de fauna; algunos de esos corredores son los márgenes de los ríos y quebradas que contienen vegetación o masas continuas a diferente altura y contiguas a zonas abiertas o urbanas; otras veces son las líneas de distribución de Baja Tensión (secundarias) de energía eléctrica. Esto debido a que las líneas de distribución se han establecido en zonas

periurbanas o en sitios donde se mantiene un alto nivel de cobertura arbórea y de ese modo, muchas especies pueden transitar por sitios de paso, los cordones de árboles, y llegar a las líneas eléctricas de Media Tensión (primarias).

Los datos proporcionados por DELSUR indican 9,936 eventos de electrocución entre los años 2019, 2020 y 2021. De éstos, 3,115 (el 31.35 %) cuentan con coordenadas geográficas en donde ha sido posible ubicarlos en el territorio y observar una tendencia de eventos en ciertos puntos que son recurrentes cada año, y cuya característica guarda relación con:

- Pasos de fauna (corredores)
- Línea de distribución secundaria
- Alta densidad de árboles fuente de alimento de fauna
- Cierta tipo de infraestructura (iglesias, bodegas), que atraen a algunas especies de fauna en particular
- Falta de poda o insuficiencia de ésta
- Tipo de ecosistema

Corredores o conectores naturales

Están definidos como *espacios que propician el paso de fauna silvestre se ubican principalmente en los márgenes de ríos y quebradas* (Figura 9). Esta característica guarda estrecha relación con el tipo de suelo y con las especies características que ocurren en las electrocuciones, de acuerdo con la información recopilada. Las condiciones de los corredores son ideales para las especies arborícolas, como el Puerco espín (*Coendou mexicanus*), Ardilla gris (*Sciurus variegatoides*), Micoleón (*Potus flavus*) y Muyo (*Bassariscus sumichasti*). Sin embargo, también se identificó que otras especies también podrán moverse por el entramado de árboles, especialmente ejemplares de Garrobo (*Ctenosaura similis*), Iguana (*Iguana iguana*), Masacuata (*Boa imperator*), Tacuazín negro (*Didelphis marsupialis*) y Tacuazín blanco (*Didelphis virginiana*).



Figura 9. Imagen de dron mostrando un sitio de eventos continuos por electrocución, a la derecha el cauce de un río, a la izquierda proceso de urbanización/arbolados, en la parte superior de la imagen, masas continuas de bosque secundario, frutales y viviendas.

En el caso de las aves, no parece ser que los corredores determinen la explicación de las colisiones, sino más bien, las especies que han sido frecuentemente referenciadas son aves que viven en asentamientos humanos y adaptadas a un ecosistema urbano y, por tanto, las colisiones responden a la naturaleza de las especies en utilizar las líneas de distribución eléctrica y los postes, como perchas permanentes, sitios para nidos y espacio territorial. Es particularmente claro que hay una relación entre los parques urbanos, bodegas e iglesias, con una alta densidad de Palomas de Castilla (*Columba livia*), la cual podría ser la principal especie responsable de altos niveles de daño a la infraestructura eléctrica.

La funcionabilidad de los corredores es diversa en el territorio A y es marcadamente aplicable al concepto de teoría de islas. Los fragmentos se conectan entre sí siguiendo patrones de vegetación y las especies de fauna usan estos para movilizarse entre los fragmentos, como en el caso del cantón El Matazano, en las estribaciones del volcán de San Salvador, la formación boscosa es interrumpida por cultivos de caña de azúcar, lo cual hace que las especies se movilicen desde la parte alta a la baja, usando el asentamiento humano que está en medio (Figura 10).

Observamos otro ejemplo la ciudad de Santa Tecla, en el sector norponiente; cómo a lo largo de la 3a Avenida o Avenida Manuel Gallardo, una serie de colisiones acaecidas en los tres años, se explica por la relación entre el Ecoparque El Espino (isla de mayor tamaño) y las instalaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería y PROCAFE que incluye una parcela de cultivo de café con fines demostrativos (isla de menor tamaño), (Figura 11)

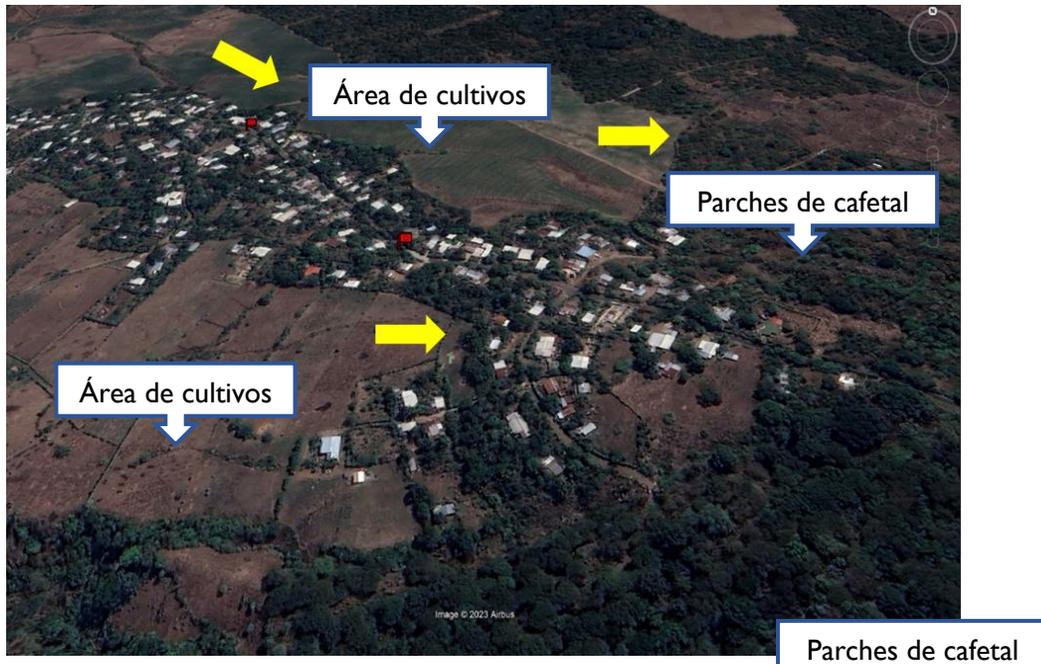


Figura 10. Asentamiento cantón El Matazano, en la ladera norponiente del volcán de San Salvador, junto a un café bajo sombra, áreas abiertas y cultivo de caña de azúcar. Las flechas amarillas indican la conexión entre parches y como la zona urbana continua conecta los fragmentos. Territorio A, La Libertad-Quezaltepeque.

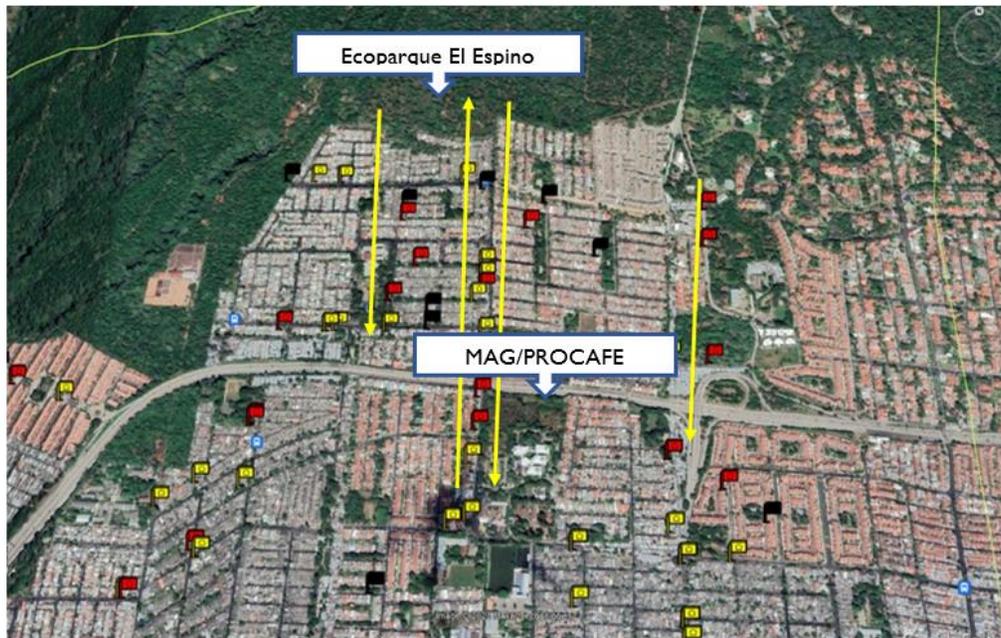
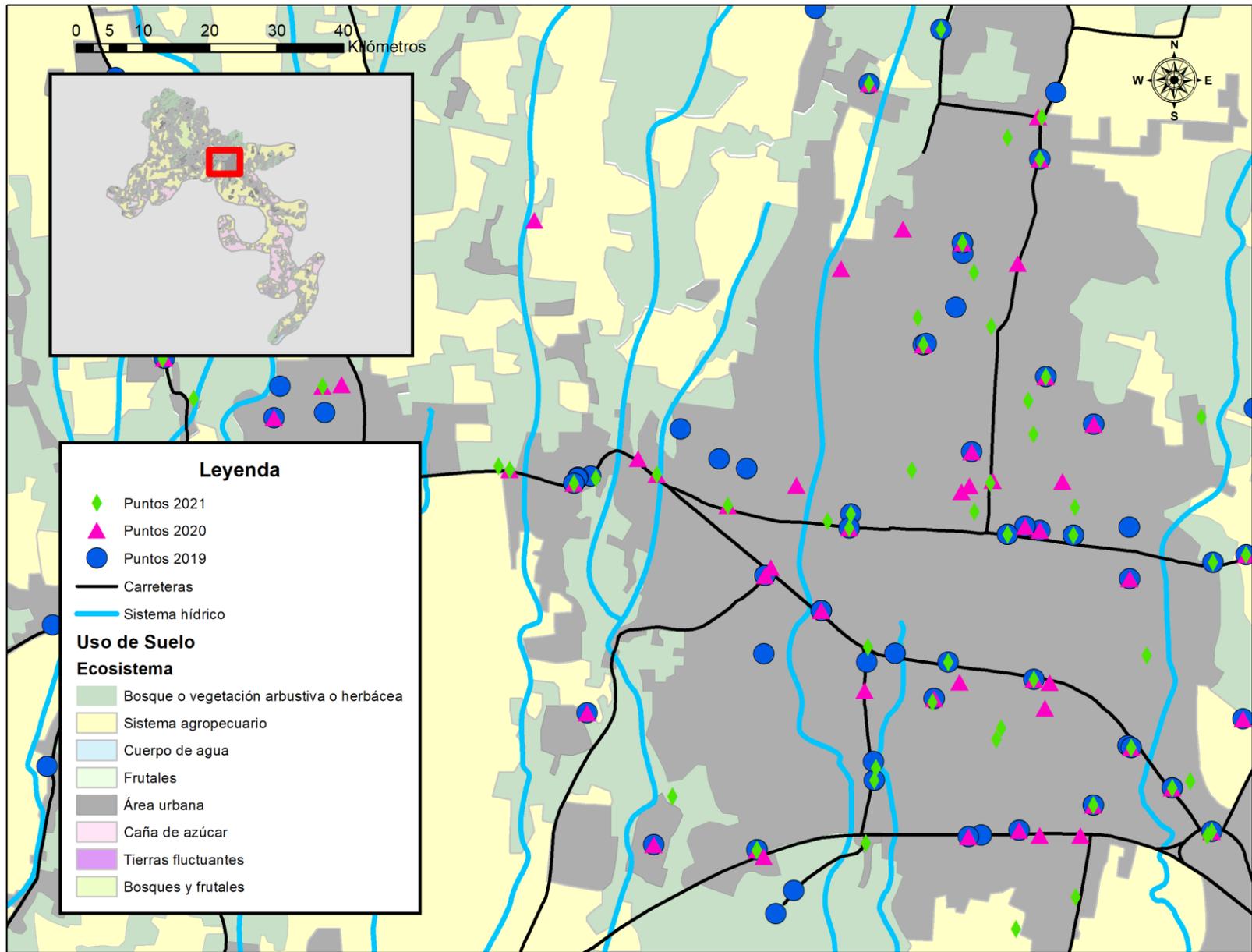


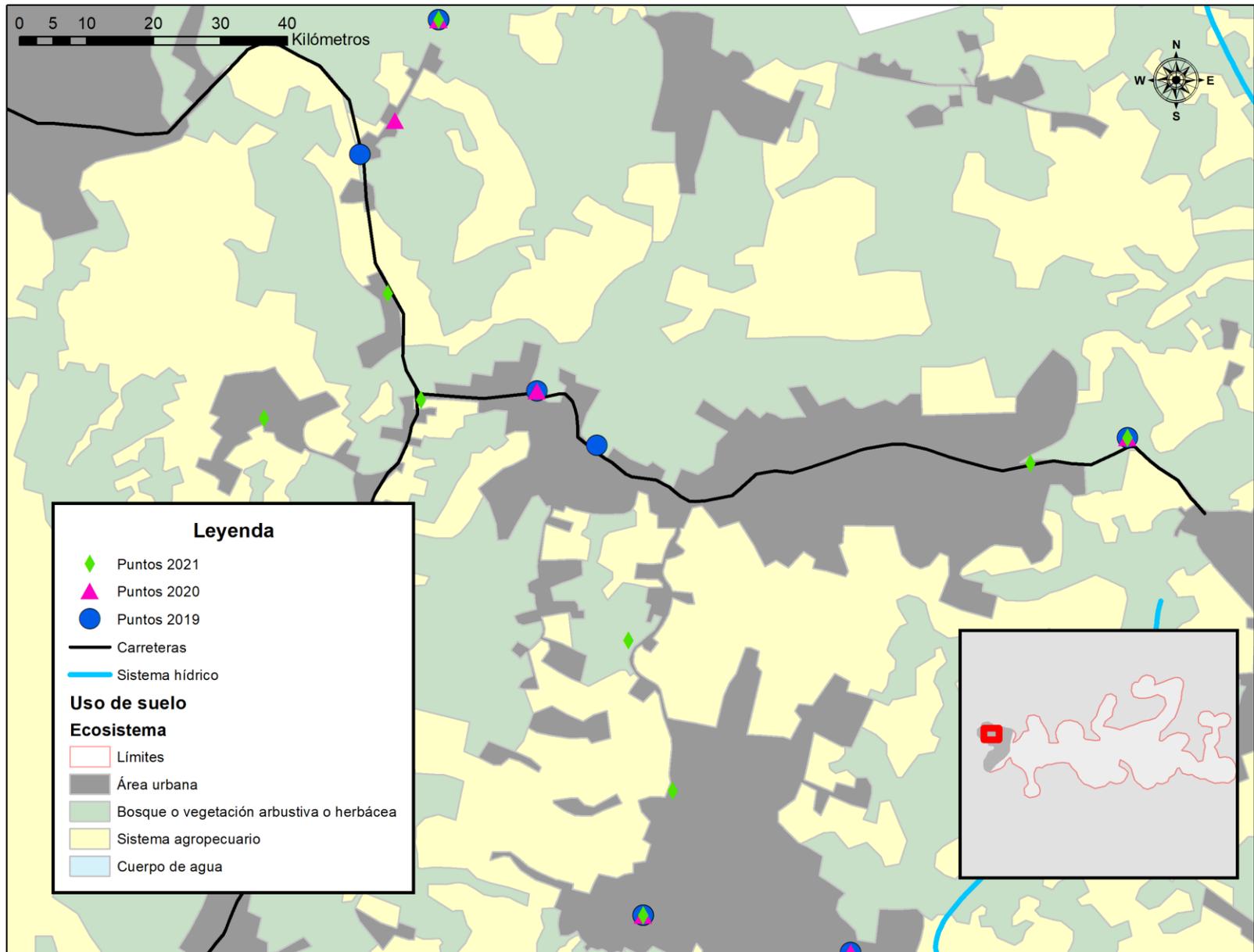
Figura 11. Norponiente de la ciudad de Santa Tecla, banderines amarillos (2019), rojos (2020) y negros (2021), las líneas amarillas indican el flujo de la fauna desde el Ecoparque hacia fragmentos pequeños. Obsérvese la línea de colisiones sobre Av. Manuel Gallardo, desde las instalaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería y PROCAFE, hasta el Ecoparque El Espino, pasando por residencial Monte Sión, Bosques de Santa Elena, Hacienda San José y Buena Vista. La línea de distribución eléctrica funciona como conector entre un fragmento de gran tamaño (Ecoparque) y dos pequeños (MAG, parcela de café de PROCAFE). Territorio A.

Es notable la abundancia de este tipo de fallas en áreas urbanas, existiendo, como se han mencionado antes, infraestructura que contribuye a la frecuente presencia de especies que eventualmente colisionan con los tendidos eléctricos. Pero también se observa que las calles en áreas urbanas desempeñan un papel como corredores internos, en donde las especies se movilizan a través de las líneas de distribución eléctrica secundarias. Lo cual resulta evidente en las figuras 12,14 y 15 donde la línea negra representa las carreteras y sobre ellas se ven una serie de puntos correspondientes a los años 2019, 2020 y 2021 con las figuras de círculos, triángulos y rombos respectivamente:



Figura 13. Cordones arbolados y líneas eléctricas secundarias como conectores de fauna silvestre. A la derecha Territorio B, en la carretera a San Juan Nonualco. A la izquierda, Territorio B, cerca de Ichanmichen.





4.3. Registro de árboles y arbustos presentes en los territorios

Descripción del entorno paisajístico

El Territorio A, que corresponde a San Salvador – La Libertad, comprende masas de vegetación arbórea que incluyen bosques naturales (primarios y secundarios), cafetales, plantaciones forestales como Teca y frutales, mezcladas con zonas agropecuarias de granos básicos, caña de azúcar y pastos, y grandes extensiones de tejido urbano continuo y discontinuo, incluyendo porciones de las ciudades más densamente pobladas, como Santa Tecla y San Salvador, que conforman un solo polígono. Dentro de este espacio se presenta una masa de vegetación arbórea que en muchos lugares es continua, formando largos cordones o cinturones de árboles entre frutales y ornamentales, misma que es propicia como fuente de alimento para la fauna.

Fuera de los espacios urbanos, se encuentran cinturones de vegetación intermitente y en algunos espacios un contacto de copa, formando alamedas. El paisaje en general es verde, ya que la vegetación es abundante en todo el territorio, el 32.5% es bosque, mientras que el 23.4% es cafetal.

Los territorios B y C tienden a estar más poblados de vegetación de tipo forestal y solamente en las ciudades como Zacatecoluca, San Vicente y otros centros urbanos más pequeños, la vegetación cambia y, al igual que en la capital, se caracteriza por cordones continuos e intermitentes con forestales-ornamentales y, principalmente, frutales.

También se identifica que las personas siembran árboles frutales frente a sus viviendas y los forestales como cercos o bien, estos se desarrollan de forma natural a orillas de las calles y carreteras. El aspecto paisajístico está orientado básicamente a la agricultura y sólo se observa vegetación natural tipo bosque caducifolio, subcaducifolio, y de galería en barrancas, quebradas y principalmente a orilla de los ríos (vegetación riparia).

En la parte alta de estos territorios también se desarrolla el cultivo del café, que constituye grandes masas de vegetación arbórea con mezcla de frutales. Estas masas están muy cercanas a pequeñas colonias, barrios y lotificaciones que se van desarrollando, al grado de tener contacto con estas masas de vegetación. Por consiguiente, los problemas de desconexión de electricidad por la afectación de la fauna local ocurren como resultado del traslado de los animales por rutas cortas sobre el tendido eléctrico, en la búsqueda de alimento.

Durante las verificaciones de campo se han identificado dos tipos de ambientes arbóreos en las tres zonas visitadas:

- Masa arbórea plantada para ornamentación que recibe algún tipo de mantenimiento
- Masa arbórea desarrollada de forma natural, sin mantenimiento

Ambas representan el mismo riesgo de daños a las redes eléctricas. Los eventos de electrocución se deben al contacto que tiene la fauna con el tendido eléctrico, por la cercanía extrema de la vegetación al formar rutas de paso, percheo y fuente de alimento para muchas especies (Figura 16).



Figura 16. Cordones de vegetación arbórea en las ciudades de Santa Tecla y San Vicente, Territorio C.

Especies arbóreas y arbustivas

Durante las visitas se encontró un total de 123 especies de árboles y arbustos, incluidos en 44 familias botánicas, los cuales se dividen en especies forestales, ornamentales y frutales, aunque para la fauna silvestre esa clasificación no es importante. En la Tabla 3 se presenta el listado de especies arbóreas cercanas a los tendidos eléctricos, que sirven de ruta de paso y alimento.

Tabla 3. Especies de árboles y arbustos encontradas en los sitios de verificación de eventos de electrocución.

	Familia	Nombre científico	Nombre común	Frutal	Ornamental	Forestal	Ambiente Urbano (U) o Rural (R)
1	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	Jocote	X		X	R
2	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mango	X	X		U, R
3	Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Marañón	X	X		U, R
4	Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	Anona	X	X		R
5	Annonaceae	<i>Annona reticulata</i>	Anono rojo	X		X	R
6	Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Pacaya	X			R
7	Chrysoblanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i>	Icaco	X		X	U, R
8	Chrysoblanaceae	<i>Licania platypus</i>	Zunza	X			R
9	Clusiaceae	<i>Mammea americana</i>	Mamey	X	X		U, R
10	Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	X	X		U, R
11	Fabaceae	<i>Inga pavoniana</i>	Cujín	X		X	U, R
12	Fabaceae	<i>Inga oerstediana</i>	Pepeto	X		X	U, R
13	Fabaceae	<i>Inga pavoniana</i>	Pepeto cuadrado	X		X	R
14	Fabaceae	<i>Inga punctata</i>	Pepeto negro	X		X	R
15	Fabaceae	<i>Inga vera</i>	Pepeto peludo	X		X	R
16	Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo	X	X		R
17	Flacourtiaceae	<i>Dovyalis hebecarpa</i>	Acerola	X	X		U
18	Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Aguacate	X			U, R
19	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	X		X	U, R
20	Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i>	Árbol de pan	X	X		U
21	Musaceae	<i>Mussa spp.</i>	Guineo	X			R
22	Musaceae	<i>Mussa spp.</i>	Majoncho	X			R
23	Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i>	Arrayan	X	X		U, R
24	Myrtaceae	<i>Syzygium cumini</i>	Cerezo de Belize	X	X		U, R
25	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	X		X	U, R

	Familia	Nombre científico	Nombre común	Frutal	Ornamental	Forestal	Ambiente Urbano (U) o Rural (R)
26	Myrtaceae	<i>Syzygium malaccensis</i>	Maranón japoses	X	X		U
27	Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i>	Quinda	X	X		U
28	Palmae	<i>Cocos nucifera</i>	Coco	X	X		U, R
29	Fabaceae	<i>Inga paterno</i>	Paterno	X			U, R
30	Punicaceae	<i>Punica granatum</i>	Granado	X	X		U
31	Rhamnaceae	<i>Ziziphus guatemalensis</i>	Nance silvestre	X			R
32	Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	Durazno	X	X		R
33	Rosaceae	<i>Eriobothrya japonica</i>	Nispero japoses	X			U
34	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i>	Café	X	X		R
35	Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia</i>	Noni	X	X		U, R
36	Rutaceae	<i>Citrus aurantifolia</i>	Limón	X	X		U, R
37	Rutaceae	<i>Casimiroa edulis</i>	Matazano	X		X	R
38	Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i>	Naranja	X	X		U, R
39	Sapindaceae	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Mamón	X	X		U, R
40	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Caimito	X	X		U
41	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Nispero	X		X	R
42	Sapotaceae	<i>Pouteria viridis</i>	Zapote	X		X	R
43	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Zapotillo	X		X	R
44	Sterculiaceae	<i>Theobroma cacao</i>	Cacao	X	X		R
45	Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote	X		X	R
46	Tiliaceae	<i>Muntingia calabura</i>	Capulin dulce	X		X	U, R
47	Agavaceae	<i>Yucca guatemalensis</i>	Izote		X		R
48	Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Ron rón			X	R
49	Annonaceae	<i>Cananga odorata</i>	Ilan ilan		X		U
50	Annonaceae	<i>Polyalthia longfoliai</i>	Polialtia		X		U, R
51	Apocynaceae	<i>Plumeria rubra.f.acutifolia</i>	Flor de mayo			X	R

	Familia	Nombre científico	Nombre común	Frutal	Ornamental	Forestal	Ambiente Urbano (U) o Rural (R)
52	Bignoniaceae	<i>Godmania aesculifolia</i>	Cortes blanco			X	U, R
53	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda		X		U
54	Bignoniaceae	<i>Spathodea campanulata</i>	Llama del bosque		X		U, R
55	Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Maquilishuat			X	U, R
56	Bignoniaceae	<i>Crescentia alata</i>	Morro			X	U, R
57	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	San Andrés			X	U, R
58	Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba			X	U, R
59	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel			X	R
60	Boraginaceae	<i>Cordia dentata</i>	Tiguilote			X	R
61	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Jiote			X	R
62	Caricaceae	<i>Jacaratia mexicana</i>	Julupe			X	R
63	Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina		X		U
64	Cecropiaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	guarumo			X	R
65	Combretaceae	<i>Terminalia mantaly</i>	Almendro de madagascar		X		U
66	Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés			X	U
67	Cupressaceae	<i>Thuja occidentalis</i>	Tuja		X		U
68	Euphorbiaceae	<i>Croton guatemalensis</i>	Copalchí			X	R
69	Euphorbiaceae	<i>Codiaeum variegatum</i>	Croto		X		U
70	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Higuero		X		R
71	Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus elsiae</i>	Pimientillo			X	R
72	Euphorbiaceae	<i>Jatropha curcas</i>	Template			X	R
73	Fabaceae	<i>Andira inermis</i>	Almendro de río			X	U, R
74	Fabaceae	<i>Cassia fistula</i>	Arbol de oro		X		U
75	Fabaceae	<i>Caesalpinia exostemma</i>	Camaroncillo rojo			X	R
76	Fabaceae	<i>Cassia grandis</i>	Carao			X	U, R
77	Fabaceae	<i>Mimosa platycarpa</i>	Carbon blanco			X	R

	Familia	Nombre científico	Nombre común	Frutal	Ornamental	Forestal	Ambiente Urbano (U) o Rural (R)
78	Fabaceae	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Carbon colorado			X	R
79	Fabaceae	<i>Lonchocarpus atropurpureus</i>	Chaperon			X	R
80	Fabaceae	<i>Albizia adinocephala</i>	Chipilte			X	R
81	Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Conacaste negro			X	U, R
82	Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i>	Copinol			X	R
83	Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Flor barbona		X		U
84	Fabaceae	<i>Delonix regia</i>	Flor de fuego		X		U, R
85	Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>	Izcanal			X	R
86	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Madrecacao			X	U, R
87	Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i>	Mangollano			X	U, R
88	Fabaceae	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	Mundani		X		R
89	Fabaceae	<i>Bauhinia cookii</i>	Pata de venado			X	R
90	Fabaceae	<i>Caesalpinia eriostachys</i>	Pintadillo			X	R
91	Fabaceae	<i>Erythrina berteroa</i>	Pito			X	U, R
92	Fabaceae	<i>Albizia niopoides</i>	Polvo de queso			X	R
93	Fabaceae	<i>Samanea saman</i>	Zorra			X	U, R
94	Lythraceae	<i>Lagerstroemia indica</i>	Jupiter de java		X		U
95	Malvaceae	<i>Ibiscus rosa sinensis</i>	Clavel		X		U
96	Meliaceae	<i>Cedrela monroensis</i>	Cedro			X	U, R
97	Meliaceae	<i>Trichilia glabra</i>	Cola de pava			X	R
98	Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	Nin		X		U, R
99	Moraceae	<i>Ficus americana</i>	Amate			X	U, R
100	Moraceae	<i>Ficus microcarpa</i>	Laurel de la India		X		U, R
101	Myrtaceae	<i>Syzygium spp.</i>	Marañón japones		X		U
102	Myrtaceae	<i>Eucalyptus deglupta</i>	Eucalipto		X		U, R
103	Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i>	Manzana rosa		X		R

	Familia	Nombre científico	Nombre común	Frutal	Ornamental	Forestal	Ambiente Urbano (U) o Rural (R)
104	Palmae	<i>Bactris major</i>	Coyol			X	R
105	Palmae	<i>Dypsis lutescens</i>	Palmera oriental		X	X	U
106	Palmae	<i>Adonidia merrilli</i>	Palmera ornamental		X		U
107	Palmae	<i>Roystonea regia</i>	Palmera			X	U
108	Pinaceae	<i>Pinus oocarpa</i>	Pino			X	U, R
109	Poaceae	<i>Bambusa bambos</i>	Bambú		X		R
110	Polygonaceae	<i>Triplaris melaenodendron</i>	Mulato		X		R
111	Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i>	Gravileo		X		U, R
112	Rubiaceae	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Salamo			X	R
113	Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i>	Pacún			X	U, R
114	Sapotaceae	<i>Sideroxylon capiri</i>	Tempisque			X	R
115	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	Aceituno		X	X	U, R
116	Sterculiaceae	<i>Sterculia apetala</i>	Castaño			X	R
117	Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote			X	R
118	Tiliaceae	<i>Luehea candida</i>	Cabo de hacha			X	R
119	Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	Capulin macho			X	U, R
120	Urticaceae	<i>Urera verrugosa</i>	Chichicaste			X	R
121	Urticaceae	<i>Myriocarpa cordifolia</i>	Chichicaste rojo			X	R
122	Verbenaceae	<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	Rosario			X	R
123	Verbenaceae	<i>Tectona grandis</i>	Teca		X		R

Entre las familias más numerosas sobresalen las Leguminosas o Poaceas, entre los más conocidos, los Pepetos y afines, Almendro de río, Conacaste, Flor de fuego, Pito, Madrecacao, Flor barbona, Mangollano, entre otros. Las Bignoniaceas son las que ocupan el segundo lugar, como el Maquilishuat, Cortez blanco, Morro, Jacaranda, Llama del bosque y San Andrés. Y, en tercer lugar, las Sapotaceas y Euphorbiaceas con 5 especies cada una: Caimito, Zapote y Níspero entre las más conocidas de las Sapotaceas, y Tempate, Croto, Copalchí, Higüero y Pimientillo para las Euphorbiaceas. El resto de las familias citadas en el cuadro presentan entre tres y cuatro especies y el resto de las familias solamente una o dos especies.

Otras especies de flora con presencia significativa son las enredaderas, lianas o bejucos, que algunas veces forman grandes conglomerados sobre el tendido eléctrico, creando lugares de resguardo para otras especies de fauna. Estas especies de plantas se desarrollan principalmente en la época de lluvias, por su rápido desarrollo.

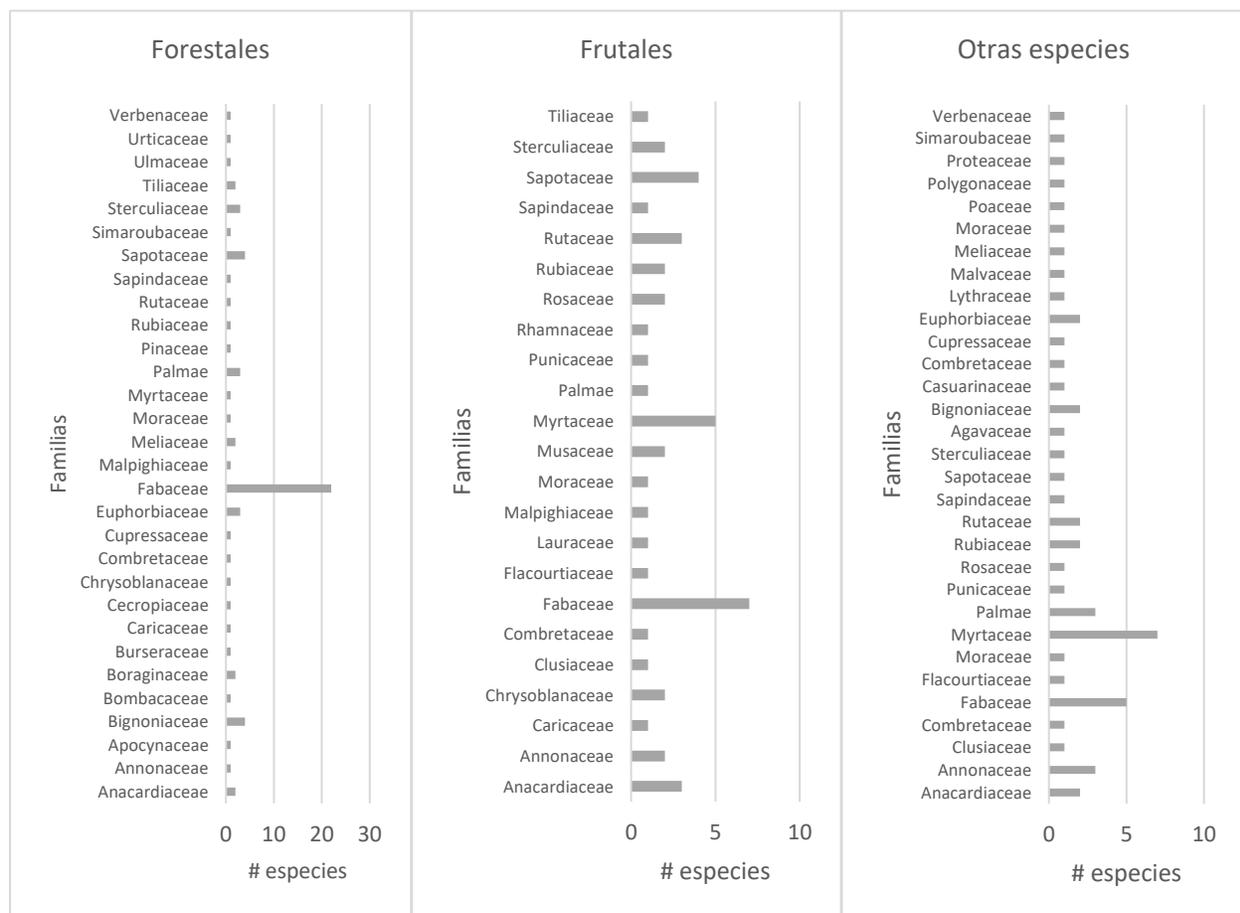


Figura 17. Número de especies encontradas por familias

Especies de flora más frecuentes

El registro de las especies arbóreas en los sitios de choque y electrocución, sugiere que es por causa de búsqueda de alimento y resguardo que la fauna utiliza la red eléctrica para su desplazamiento. Esto es más

evidente en las ciudades, donde mucha de la vegetación comparte espacio con la red de distribución eléctrica; a diferencia de las zonas rurales, donde las masas de vegetación están separadas y sólo son algunos árboles los que están en contacto con el tendido eléctrico. Entre las especies de árboles frutales más frecuentes, de acuerdo con el Índice de Frecuencia Relativa, se encuentran: mango, almendro de playa, jocote, coco y pepetos, entre otros; mientras que entre las especies más frecuentes de forestales y ornamentales se encuentran: tigüilote, maquilishuat, laurel de la india, palmeras ornamentales (como la palma oriental, palama de abanico, etc.) y ceiba (Figura 17).

Por otro lado, al enfocarse en las 10 especies de árboles más comunes en los sitios de fallas, es evidente la dominancia de especies frutales frente a las forestales-ornamentales (Figura 17), las cuales son un componente fundamental en la dieta de especies como la ardilla, sobre todo en ambientes antropizados.

De acuerdo con los registros obtenidos, los puntos de conflicto “sitios de electrocución” se dan por dos causas principalmente:

- Por el paso que la fauna hace en el área del transformador para llegar a los sitios que presentan alguna fuente de alimento o resguardo y;
- Por utilizar el tendido eléctrico como sitio de percheo (aves), que también muchas veces está relacionado a la oportunidad de alimento en el entorno.

De estas dos causas, la primera está correlacionada con la densidad y cercanía de las arboledas al tendido eléctrico, ofreciendo a la fauna (principalmente ardillas) la posibilidad de acceder a sus fuentes de alimento. Independientemente sean árboles ornamentales-forestales o frutales, éstos no son adecuadamente podados, principalmente a la altura de la red secundaria. Por otra parte, la forma de crecimiento de muchas de estas especies hace posible la situación de resguardo y acceso. Algunas especies, como el Almendro de playa (*Terminalia catappa*), Almendro de madagascar (*Terminalia otali*), Laurel de la India (*Ficus benjamina*), Amates (*Ficus spp.*), Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) y Zorra o Cenícero (*Samanea saman*), desarrollan copas en forma de sombrilla, facilitando el contacto.

En las ciudades, por ornato, las alcaldías y propietarios suelen sembrar árboles en la misma área del tendido eléctrico sin considerar la especie, su forma de crecimiento o incluso su longevidad. Suelen preferirse especies frutales, por ser también fuente de alimento.

Poda arbórea y electrificación

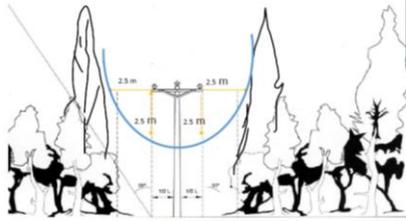
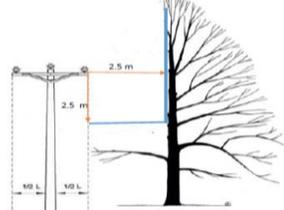
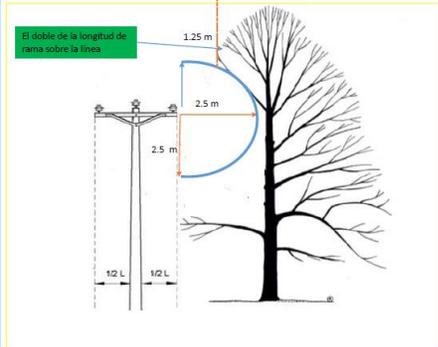
Poda para la vegetación arbórea según el manual de DELSUR

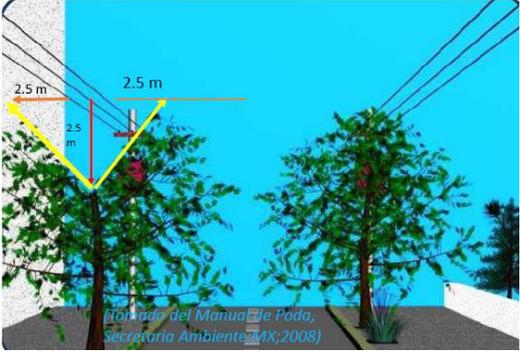
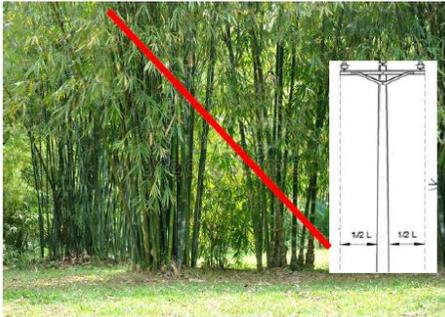
DELSUR, posee un manual de poda, no publicado, que toma en cuenta diferentes condiciones de crecimiento y criterios de poda en árboles que colindan con el tendido eléctrico, de acuerdo con la normativa de la SIGET. En las verificaciones de campo pudo observarse la ejecución de esta actividad. Sin embargo, la poda actual es insuficiente, ya que la vegetación es muy dinámica en su desarrollo;

considerándose también que la tasa de crecimiento varía según la especie y las condiciones ambientales de cada sitio.

En el manual, se describen seis tipos de poda que pueden (Tabla 4).

Tabla 4. Tipos de poda descritos en el manual de DELSUR.

Descripción de tipo de poda	Ejemplo ilustrativo
<p>Poda lateral: es básicamente podar las ramas que crecen e interrumpen con las líneas primarias o secundarias.</p>	<p>Paso de Servidumbre para líneas</p>  <p><small>Imagen Tomada, Normas Generales Para La Construcción de Líneas aéreas de Distribución De Energía Eléctrica: SIOET2001</small></p>
<p>Poda en L: este tipo de poda permite eliminar las ramas superiores de los árboles que puedan interferir con el conductor y permitiendo que las ramas bajas puedan desarrollarse por debajo del conductor.</p>	
<p>Poda en C:</p> <p>Esta poda elimina las ramas con proyección a la línea formando una "C" al lateral del conductor con dimensiones de hasta 2.5 m de radio a partir del cable de media tensión (MT). Tomando en cuenta que no deberán quedar ramas sobre la línea MT.</p>	 <p>El doble de la longitud de rama sobre la línea</p>

Descripción de tipo de poda	Ejemplo ilustrativo
<p>Poda en V:</p> <p>Se realiza por debajo del conductor, con proyección del crecimiento a los cables de líneas primarias, realizando un corte de la rama principal, hasta la rama secundaria, con un distanciamiento de 2 m por debajo de la línea MT y con un distanciamiento horizontal al primario de 2.5 en ambos lados, formando una “V”. Las ramas laterales no podrán sobrepasar la altura de cualquier línea MT.</p>	
<p>Reducción de Copa:</p> <p>Es la poda del fuste principal hasta una altura de 2.5 metros por debajo del conductor MT. Esto se aplica en árboles jóvenes que crecen por debajo o están contiguos a la línea.</p>	
<p>Poda de Bambú:</p> <p>Para esta actividad se realiza una poda escalonada dejando tocones a partir de un metro, pero con corte recto y con la inclinación adecuada.</p>	

Observaciones de campo

La vegetación arbórea en los ambientes rurales también contribuye al problema de tránsito de fauna, por su gran tamaño; con especies arbóreas que tienen ramas tan largas que un solo individuo puede ser puente o ruta de paso tanto lineal como transversalmente a la calle, conectando muchas veces con otros tipos de cables. Animales como el puerco espín, micoleón, y tacuazines han sido reportados usando este tipo de puentes naturales en el volcán de San Salvador, San Vicente y en la Cordillera del Bálsamo (ubicada en el territorio A).

El denominador común en los eventos de electrocución ha sido la búsqueda de alimento, por paso en sitios donde se forman los arcos eléctricos y por estancia semipermanente en estructuras eléctricas por parte de las aves (percheo).

En la verificación de campo se identifica donde se registró el problema y posteriormente se busca la fuente de este. Como común denominador son los árboles frutales los que atraen a la fauna, aún sin estar en contacto directo con el poste que sostiene el transformador (Figura 21 y 22).

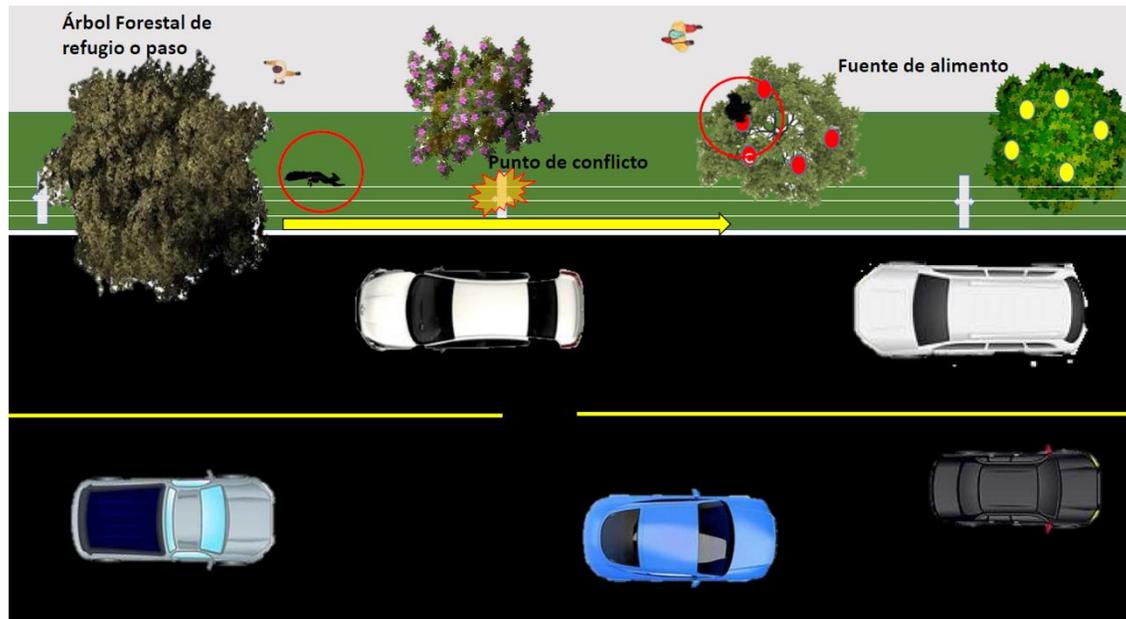


Figura 18. Zona de paso paralela a la calle.

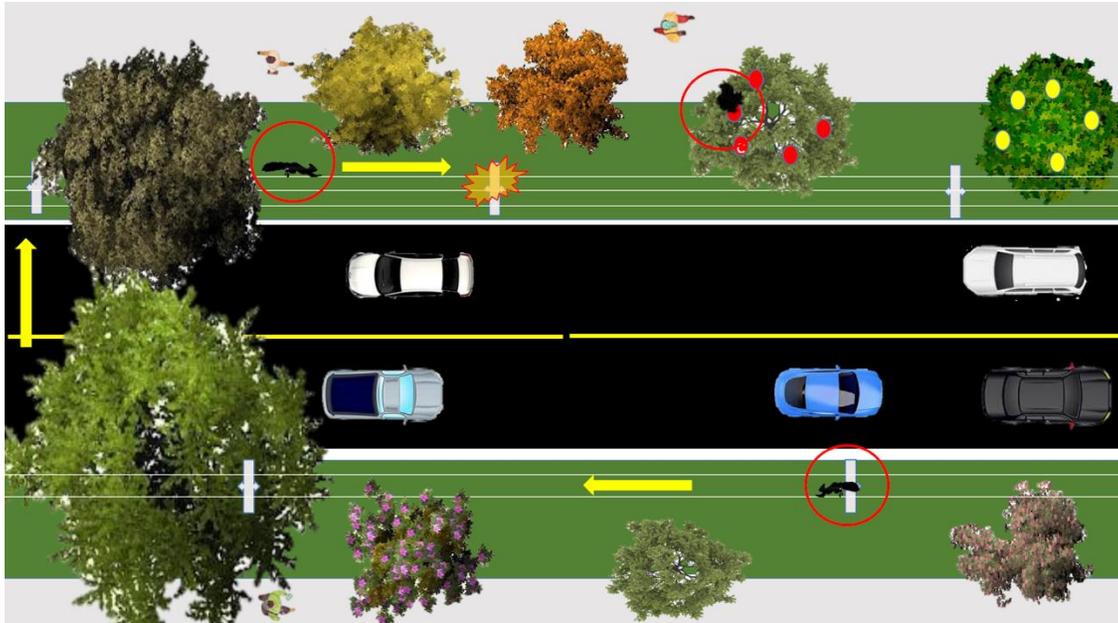


Figura 19. Zona de paso transversal a la calle.

El objetivo de la poda es reducir el contacto eléctrico con la flora, la cual puede llegar a interrumpir la continuidad del servicio eléctrico. Tomando en cuenta el riesgo de contacto de árboles/ramas y la interrupción del tránsito de fauna, se observa que la poda se hace de forma más frecuente a la altura de las redes secundarias. Otra característica es que las mismas no tienen un diseño orientado, sino más bien consiste en abrir brecha y físicamente cortar el peligro de contacto a corto plazo.

Es importante tomar en consideración que una adecuada ejecución de las podas y el respeto de los criterios técnicos de distancias mínimas, es vital para evitar el contacto de fauna con el tendido. Por ejemplo, una ardilla puede saltar entre 75 centímetros a un metro, lo que posibilita el tránsito en algunos puntos.

Durante las visitas de campo se ubicaron de forma consistente sitios en donde la vegetación está muy próxima al tendido eléctrico. En las ciudades, las copas de los árboles están muy cerca del tendido eléctrico; constituyendo verdaderos pasos de fauna y estancia permanente de aves y mamíferos. Por otra parte, es importante mencionar que debido a que las tareas de poda buscan cumplir criterios técnicos de seguridad, no necesariamente se traducen en mantener la estética del lugar intervenido. En general, la atención de la poda se centra en el poste que sostiene el transformador.

Análisis de la poda utilizada por DELSUR

Las formas de poda presentadas en el manual no consideran la integridad ni la expectativa de vida de las especies después de la poda. No se considera la física de la forma de las diferentes copas al estar sometidas a las inclemencias del tiempo, principalmente a las lluvias y vientos, ni el riesgo de infestaciones de los cortes. Esto crea condiciones de alto riesgo a futuro ya que cada especie tiene su propia longevidad, con

el subsecuente riesgo de contraer enfermedades, hongos o plagas por insectos se reduce la vida del árbol. Por otra parte, la dureza o fortaleza que la madera pueda tener es diferente entre especies. Existen leguminosas cuya vida útil es relativamente corta pero su desarrollo es muy acelerado, como en el caso de la Flor de fuego (*Delonix regia*), y otras como Llama del bosque (*Spathodea campanulata*), Mastil (*Polyalthia longiflora*), entre las más comunes.

Las podas aplicadas podrían desarmonizar la estética y el normal desarrollo de los árboles de cualquier especie. Es importante aprovechar el creciente interés por incluir en el diseño de las ciudades los aspectos sobre biodiversidad, valorando herramientas y alternativas que se pueden identificar y definir en conjunto entre actores del sector público y privado.

4.4. Registro de fauna

Registros de colisiones, datos de DELSUR

En el registro de datos provisto por DELSUR solamente se identificaba que el corte de energía se debía al choque o electrocución de fauna, pero no se llevaba un registro sistematizado de las especies responsables de las fallas; es a partir del año 2022 que se han hecho esfuerzos por determinar las especies causantes.

La mayor parte de estas interrupciones se observan al alza durante los meses de julio a noviembre, aunque también hay un alto número en los meses de marzo y abril, en ambos casos, se relaciona con la disponibilidad de alimento y el periodo reproductivo de las especies de fauna, mientras que en los meses de lluvia se debe al crecimiento de los árboles y el follaje, como lianas.

En la figura 20, se puede observar la distribución de los eventos registrados según tipo de fauna.

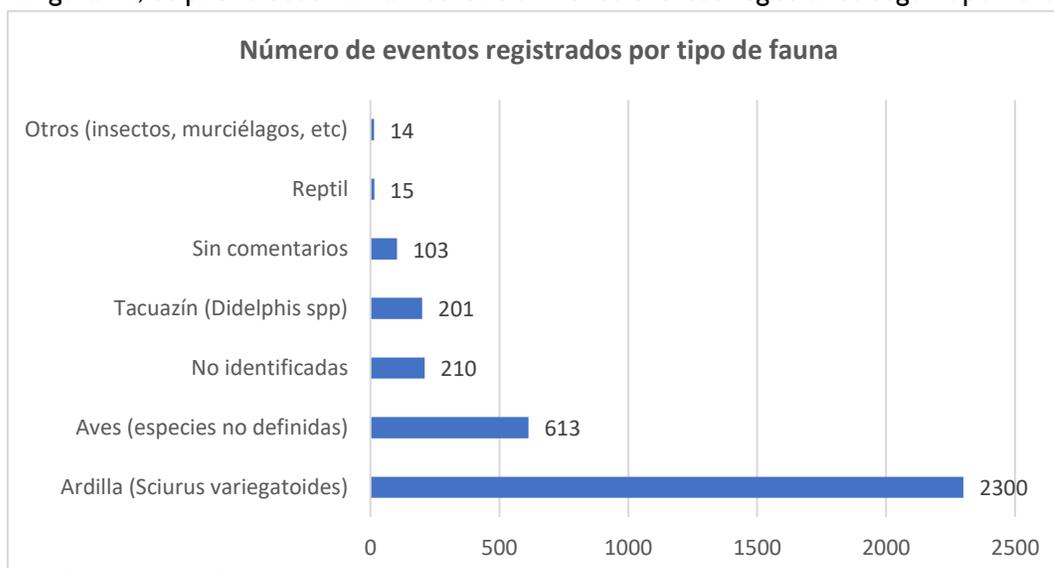


Figura 20. Especies de fauna registradas como responsables en eventos de interrupción de energía eléctrica causada por electrocución durante el año 2022.

Registros de fauna durante las visitas y entrevistas

El conjunto de las visitas de campo, las entrevistas con los lugareños y con el personal técnico que efectúa el mantenimiento de las líneas, permitió el registro de 15 especies de fauna vertebrada y dos grupos identificados el nivel de familia. Las especies de fauna registradas en las electrocuciones pueden dividirse en aquellas directamente asociadas a zonas urbanas y las que se registran en un ámbito rural. Las especies más comunes en las zonas urbanas de los tres territorios son:

- Ardilla gris (*Sciurus variegatoides*)
- Paloma de castilla (*Columba livia*), Paloma ala blanca (*Zenaida asiatica*)
- Chío (*Myiozetetes similis*), Guachalchía (*Campylorhynchus rufinucha*)
- Zanate / Clarinero (*Quiscalus mexicanus*)

El Chío utiliza las líneas primarias y/o se enlazan con estas a través de las líneas secundarias, como soporte para la construcción de sus nidos (Figura 21).



Figura 21. Nidos de Chío (*Myiozetetes similis*) en líneas primarias y secundarias. Territorios A y B.

En cambio, otras especies que tienen un carácter gregario fueron más notables en parques, avenidas y en las inmediaciones de iglesias y ventas de comida, por ejemplo, las Palomas de castilla (ver Figura 22). Como se amplía en la siguiente sección, es una especie que causa daños a la infraestructura pública.



Figura 22. Palomas de castilla (*Columba livia*) en líneas primarias y secundarias. Territorio A.

Mientras que las especies con registros excepcionales o circunscritas a un territorio o zona en particular son:

- Rana arborícola común mexicana (*Smilisca baudini*)
- Garrobo (*Ctenosaura similis*)
- Masacuata (*Boa constrictor*)
- Golondrina (Hirundinidae)
- Tacuazín (*Didelphis marsupialis*)
- Tacuazín blanco (*Didelphis virginiana*)
- Murciélago (Orden Chiroptera)
- Puerco espín (*Coendou mexicanus*)
- Mico león (*Potus flavus*)
- Muyo (*Bassariscus sumichrasti*)

Hay otras especies posiblemente involucradas en las fallas, principalmente aves, aunque no hay certeza de que hayan chocado y o hayan sido electrocutadas, pero pudieron ser observadas anidando o utilizando la infraestructura de las líneas, postes y torres; estas son:

- Paloma asiática de collar (*Streptopelia decaocto*)
- Tortolitas (*Columbina* spp)
- Zopilote negro (*Coragyps atratus*)
- Gavilán de los caminos (*Rupornis magnirostris*)
- Chiltota de espalda rayada (*Icterus pustulatus*)
- Chiltota de espalda negra (*Icterus gularis*)
- Urraca (*Calocitta formosa*)
- Tordo de ojos rojos (*Molothus aeneus*)

Se observó que Los cables son utilizados por las especies para transportarse de un lugar a otro, huir de depredadores, descansar, comer, hacer sus nidos e incluso como resguardo para dormir (Figura 23).



Figura 23. Pareja de Chiltotas de espalda rayada (*Icterus pustulatus*) usando un transformador como dormitorio y protegerse de la lluvia.

Aves en el entorno de los sitios de choque y electrocución

Se registró la presencia de 90 especies de aves en los sitios visitados, el énfasis fue hacia las especies que utilizaban las líneas eléctricas, los postes u otras estructuras. Además, se incluyó a otras aves de las inmediaciones a fin de entender la naturaleza del sitio, ya que las aves son muy buenas indicadores de las condiciones ambientales.

La búsqueda de especies incluyó tanto residentes como migratorias, con el fin de registrar todo el espectro de especies que pudieran estar involucradas, aunque eso dependió de las características de los sitios visitados, ya que, al ubicarse en ámbitos urbanos, prevalecen las especies generalistas y de amplia resiliencia a las perturbaciones ambientales.

Las especies registradas y su categorización se amplían en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de la avifauna encontrada en los sitios de electrocución de acuerdo con su estado para el país.

Especies	EB	EAA	GAA	GB	GH	H	Total
Residentes	2	1	28	14		4	49
Migratorios			5	6		2	13
Visitante reproductor				2			2
Residentes y migratorios	1		2	1	1	4	9
Residentes posibles reproductor	1						1
Transeúnte			1				1
Total	4	1	36	23	1	10	75

GAA: Generalistas de áreas abiertas; GB: Generalistas de bosques; GH: Generalistas de hábitats;
EAA: Especialistas de áreas abiertas, EB: Especialistas de bosque. H: Humedales

Preliminarmente, puede observarse que la avifauna registrada responde a un entorno urbano, ya que la mayoría de las especies encontradas son comunes en ambientes modificados, típicas de áreas abiertas, cultivos anuales, pastizales, matorrales y que en su conjunto conforman una diversidad adaptada a la

convivencia con los asentamientos humanos. Las pocas especies especialistas de bosques fueron registradas por encontrarse en los márgenes al momento de las visitas: Zafiro Gorjiazul (*Chlorestes eliciae*), Mosquerito Lampiño Norteño (*Camptostoma imberbe*), Copetón Tirano (*Myiarchus tyrannulus*) y Zorzal Gorjiblanco (*Turdus assimilis*).

Algunas diferencias en la diversidad se observan en las zonas altas: volcán de San Salvador-El Boquerón, la cumbre en Sierra del Bálsamo y algunas partes del volcán de San Vicente, pero dado que la evaluación se hace sobre el área inmediata a la línea de distribución eléctrica, la mayoría de las especies registradas son aquellas adaptadas a entornos antropizados. Esto se refleja en el registro de las especies más frecuentes: Paloma de Castilla (*Columba livia*), Paloma Aliblanca (*Zenaida asiatica*), Luis Gregario (*Myiozetetes similis*), Tirano tropical (*Tyrannus tropicalis*), Guacalchía (*Campylorhynchus rufinucha*), Shonte o Sensontle (*Turdus grayi*), Urraca (*Calocitta formosa*) y Zanate / Clarinero (*Quiscalus mexicanus*). La lista completa de especies registradas se presenta en la tabla 6.

Tabla 6. Listado de avifauna registrada en los sitios de choque y electrocución

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTADO	HÁBITAT	MARN 2023	UICN
Podicipedidae	<i>Tachybaptus dominicus</i>	Zambullidor Menor	R	H		LC
Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma de Castilla	R	GAA		LC
Columbidae	<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma Morada	R	GB		LC
Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tórtola Colilarga	R	GAA		LC
Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza	R	GAA		LC
Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma Arroyera, Rodadora	R	GB		LC
Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma Aliblanca	RM	GH		LC
Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Pijuyo, Chimuyo	R	GAA		LC
Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Chocolatero	R	GB		LC
Apodidae	<i>Chaetura vauxi</i>	Vencejo de Vaux	R	GAA		LC
Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí Canelo	R	GAA		LC
Trochilidae	<i>Chlorestes eliciae</i>	Zafiro Gorjiazul	R	EB		LC
Recurvirostridae	<i>Himantopus mexicanus</i>	Candelerero Americano	RM	H		LC
Jacaniidae	<i>Jacana spinosa</i>	Jacana	R	H		LC
Scolopacidae	<i>Tringa flavipes</i>	Patamarilla Menor	M	H		LC
Phalacrocoracidae	<i>Nannopterum brasilianum</i>	Cormorán Neotropical	R	H		LC
Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza Grande	RM	H		LC
Ardeidae	<i>Egretta thula</i>	Garza Nivea	RM	H		LC
Ardeidae	<i>Egretta caerulea</i>	Garza Azul	M	H		LC
Ardeidae	<i>Butorides virescens</i>	Garza Verde	RM	H		LC
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Negro	RM	GAA		LC
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Aura Cabecirroja	RM	GAA		LC
Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>	Aguililla Caminera	R	GAA		LC
Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla Colirroja	RM	GB		LC
Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	Momoto Cejiturquesa	R	GAA		LC
Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero Frentidorado	R	GAA		LC

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTADO	HÁBITAT	MARN 2023	UICN
Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	Caracará Común	R	GAA		LC
Psittacidae	<i>Brotogeris jugularis</i>	Catalnica	R	GB	A	LC
Psittacidae	<i>Eupsittula canicularis</i>	Perico Frentinaranja	R	GB	A	V
Psittacidae	<i>Psittacara strenuus</i>	Perico Verde Centroamericano	R	GB	A	LC
Tyrannidae	<i>Todirostrum cinereum</i>	Espatulilla Común	R	GB		LC
Tyrannidae	<i>Camplostoma imberbe</i>	Mosquerito Lampiño Norteño	RSR	EB		LC
Tyrannidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Copetón Triste	R	GB		LC
Tyrannidae	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Copetón Tirano	RM	EB		LC
Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis Grande	R	GAA		LC
Tyrannidae	<i>Megarynchus pitangua</i>	Luis Piquigrueso	R	GB		LC
Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis Gregario	R	GB		LC
Tyrannidae	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Papamoscas Vientreamarillo	VR	GB		LC
Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical	R	GAA		LC
Tyrannidae	<i>Tyrannus verticalis</i>	Tirano	M	GAA		LC
Tyrannidae	<i>Tyrannus forficatus</i>	Tijereta	M	GAA		LC
Tyrannidae	<i>Tyrannus tyrannus</i>	Tirano Viajero	T	GAA		LC
Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón Cejirrufo	R	GB		LC
Vireonidae	<i>Vireo flavoviridis</i>	Vireo amarillo verdoso	VR	GB		LC
Corvidae	<i>Calocitta formosa</i>	Urraca	R	GAA		LC
Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina-aliserrada Norteña	R	GAA		LC
Hirundinidae	<i>Progne chalybea</i>	Martín Pechigris	R	GAA		LC
Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina Ranchera	M	GAA		LC
Hirundinidae	<i>Petrochelidon fulva</i>	Golondrina Pueblera	M	GAA		LC
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Saltapared Continental Norteño	R	GB		LC
Troglodytidae	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Guacalchía	R	GAA		LC
Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle Sureño	R	GAA		LC
Turdidae	<i>Turdus assimilis</i>	Zorzal Gorjiblanco	R	EB		LC
Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	Shonte, Sensontle	R	GB		LC

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTADO	HÁBITAT	MARN 2023	UICN
Icteridae	<i>Sturnella magna</i>	Pradero Común	R	EAA		NT
Icteridae	<i>Icterus spurius</i>	Bolsero Castaño	M	GB		LC
Icteridae	<i>Icterus pustulatus</i>	Bolsero Dorsirrayado	R	GAA		LC
Icteridae	<i>Icterus pectoralis</i>	Bolsero Pechimanchado	R	GAA		LC
Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Bolsero de Altamira	R	GAA		LC
Icteridae	<i>Icterus galbula</i>	Bolsero de Baltimore	M	GAA		LC
Icteridae	<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo Sargento	R	H		LC
Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>	Vaquero Ojirrojo	R	GAA		LC
Icteridae	<i>Dives dives</i>	Tordo Cantor	R	GAA		LC
Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate♀, Clarinero♂	R	GAA		LC
Parulidae	<i>Leiothlypis peregrina</i>	Chipe Peregrino	M	GB		LC
Parulidae	<i>Setophaga petechia</i>	Chipe Amarillo	M	GB		LC
Parulidae	<i>Cardellina pusilla</i>	Chipe de Wilson	M	GB		LC
Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i>	Tangara roja	M	GB		LC
Cardinalidae	<i>Piranga ludoviciana</i>	Tangara occidental	M	GB		LC
Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Azulejo	R	GAA		LC
Thraupidae	<i>Thraupis abbas</i>	Tangara ala amarilla	R	GAA		LC
Thraupidae	<i>Volatinia jacarina</i>	Volatín	R	GAA		LC
Thraupidae	<i>Sporophila moreletii</i>	Corbatín	R	GAA		LC
Thraupidae	<i>Saltator atriceps</i>	Chepito, Chinchangara	R	GB		LC
Thraupidae	<i>Saltator grandis</i>	Dichoso-fui, Chonte chilero	R	GAA		LC

Estado: R: Residente, RM: Residente migratorio, M: Migratorio; T: Transeúnte; VR: Visitante reproductor; RSR: Residente supuesto reproductor; Hábitat: EAA: Especialista de áreas abiertas; EB: Especialista de bosques; GAA: Generalista de bosques; GB: Generalista de áreas abiertas; GH: Generalista de hábitat; H: Humedales
MARN 2015: A: Amenazado; UICN: LC: Menor Preocupación; V: Vulnerable; NT: Casi Amenazado



No existe suficiente evidencia que en las electrocuciones estén involucradas especies de aves migratorias; los muestreos realizados no encontraron que especies migratorias estuvieran directamente sobre el cableado o sus cercanías, aún y cuando algunas utilizan las torres de energía eléctrica como sitios de descanso o dormitorios temporales.

Figura 24. Migración de aves rapaces en Territorio A muy cerca de las oficinas de DELSUR.

Avistamiento de mamíferos

Durante las visitas de campo, la única especie de mamífero que pudo avistarse fue la Ardilla gris (*Sciurus variegatoides*), lo cual obedece a sus hábitos predominantemente diurnos. Esta especie también corresponde a la especie de mamífero que más se ve involucrada en las electrocuciones. En cambio, el resto de las especies mencionadas anteriormente: tacuacines, murciélagos, muyo y micoleón, poseen hábitos nocturnos o crepusculares (Reid, 2009).

En este sentido, las entrevistas realizadas, tanto a las parejas de atención de fallas como a los habitantes locales en las cercanías de los puntos de colisión registrados, constituyeron un recurso importante para elaborar el listado de especies de mamíferos más susceptibles a sufrir una electrocución.

Si bien ninguna de las especies reportadas se encuentra en el Listado Oficial de Especies de Vida Silvestre Amenazadas o en Peligro de Extinción (MARN, 2023), o en la lista roja de la UICN, especies como el muyo y el micoleón, ambos fuertemente arborícolas, ayudan a dispersar las semillas de las especies vegetales de las que se alimentan, por ello juegan un rol ecológico primordial en los ecosistemas y tienden a preferir una mayor cobertura boscosa (Helgen *et al.*, 2016; Reid, 2009).

En contraste, especies como el tacuazín y la ardilla toleran muy bien los ambientes perturbados, incluso se les puede observar en las colonias procurando alimento. Por ello, estos ambientes antropizados ofrecen muchas opciones de alimento y son sitios ideales para poder vivir y reproducirse. Por ende, al aumentar sus poblaciones, compiten por recursos con los seres humanos, llegando a causar daños o problemas y considerarse como “plaga”. Sin embargo, cabe mencionar que para reducir o mitigar el impacto negativo de las especies en las zonas urbanas, es necesario un abordaje integral, en el cual no se exponga a las especies como el elemento negativo que genera el problema, **sino como el resultado de las modificaciones realizadas a los ecosistemas naturales** (Monge, 2017; Reid, 2009).

4.5. Descripción de la biología y etología de especies causantes de las afectaciones

Para comprender mejor a cada especie que presenta una mayor frecuencia en cuanto a la afectación del tendido de distribución eléctrica se ha elaborado un resumen (Tabla 7).

Tabla 7. Breve descripción de las especies de fauna causantes de las afectaciones con el tendido eléctrico.

Nombre común	Nombre científico	Descripción	Fotografía
Paloma de castilla	<i>Columba livia</i>	Es un ave que posee una gran variación en cuanto a sus colores de plumaje, distinguiéndose por su cuerpo rechoncho. No es una especie nativa de la región y está fuertemente asociada a entornos urbanos. Utilizan el tendido eléctrico para percharse.	
Paloma ala blanca	<i>Zenaida asiatica</i>	Es un ave de tamaño mediano, con unas características manchas blancas y negras en sus alas. Pueden encontrarse tanto en entornos con mucha cobertura arbórea como en ambientes urbanos. Utilizan el tendido eléctrico para percharse.	
Guachalchía	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Es una de las aves más comunes en ambientes urbanos, aunque pueden encontrarse en el sotobosque de espacios con mucha vegetación. Anidan en casi cualquier sitio y varios individuos pueden ocupar un solo nido. Utilizan el tendido eléctrico para percharse.	
Chío o Luis gregario	<i>Myiozetetes similis</i>	Es un ave muy común en tierras desde los 0 a los 1,000 msnm, con un característico vientre amarillo y corona blanca en la cabeza. Suelen ubicar sus nidos cercanos a cuerpos de agua. Utilizan las estructuras del tendido eléctrico como soporte para la construcción de sus nidos	
Zanate/ Clarinero	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Es un ave mediana, cuyos individuos hembras y machos son fácilmente diferenciables (el macho es de color negro y la hembra de color café). Es muy bulliciosa y común en ambientes urbanos. Usan el tendido eléctrico para percharse y descansar.	 (izquierda macho, derecha hembra)
Ardilla Gris	<i>Sciurus variegatoides</i>	Es una especie de mamífero mediana, de hábitos diurnos y arborícolas. Son extremadamente ágiles y se han adaptado muy bien a entornos urbanos. Su dieta es muy amplia y es la especie que más se ve involucrada en los eventos de fallas. Utiliza el tendido eléctrico para desplazarse.	

4.6. Otros resultados

Visitas a Subestaciones de DELSUR

Se realizaron visitas a la subestación de Playa los Blancos, San Luis La Herradura, departamento de La Paz y a la subestación San Emilio, Talnique, La Libertad, con el objetivo de evaluar el ingreso de fauna a dichas estaciones especialmente de especies de reptiles, lo cual pudiese representar un peligro tanto para estas especies como para el adecuado funcionamiento de las subestaciones. Durante estas visitas, se verificó el estado de la fauna y flora en al interior y contorno de la subestación.

Con relación a las especies de reptiles que pudieron avistarse (en la subestación Playa Los Blancos) se encuentran: garrobos (*Ctenosaura similis*) y lagartijas corredoras rayadas (*Aspidoscelis deppii*). Así también, en ambas subestaciones se encontraron gran cantidad de aves posando en los cables eléctricos de media tensión, principalmente palomas ala blanca (*Zenaida asiatica*).

Entre las condiciones encontradas, que pueden favorecer el ingreso y permanencia de especies se pueden mencionar:

- Aunque dentro de las subestaciones no se encuentra ningún tipo de árbol o arbusto que pueda entrar en conflicto con el cableado eléctrico, en las zonas perimetrales a estas sí hay contacto de las ramas de árboles que son fuente de alimento (mango, aguacate, marañón, mamón, maquilishuat, tigüilote, etc.) con los muros. Esto da lugar al paso directo de la fauna local, como iguanas, garrobos, ardillas, tacuacines y serpientes.
- El engramado al interior, representa un medio favorable para la visitación de pequeños reptiles, como lagartijas y serpientes
- En los alrededores de las subestaciones, se encuentran posibles puntos de acceso de fauna al interior de las mismas, estos son pequeñas aberturas en los muros perimetrales y bajo portones, así como desagües (Figuras 25 y 26).



Figura 25. Posible punto de ingreso de reptiles y anfibios hacia el interior de la subestación. Un garrobo adulto que se encontró dentro es probable que ingresara por este sitio.



Figura 26. Identificación de zonas de ingreso de fauna.

5. SITIOS DE ALTA INCIDENCIA O *HOTSPOTS*

El concepto de “*hotspot*” o punto caliente se usa en los análisis de biodiversidad para referirse a sitios con un alto nivel de especies endémicas y que sufren altos grados de amenaza. Considerando esto, se utilizó en el presente contexto el término para referirse a sitios en donde se han registrado mayor número de fallas por fauna durante los años 2019 a 2021, y se planteó la posibilidad de que la información recopilada sobre tales eventos podría arrojar indicios sobre qué hace que la fauna se accidente recurrentemente en estos sitios. De ese modo, se filtraron los datos de esos años, seleccionando los sitios con mayor cantidad de eventos acumulados.

Se encontraron 19 *hotspots* dentro de las tres zonas bajo estudio, en 15 de estos sitios ocurrió al menos un evento por año, es decir tres eventos en el periodo y en algunos otros casos, hasta 16 eventos acumulados en los tres años.



Figura 27. Panorama de la vegetación en uno de los hotspot ubicado en el municipio de Apastepeque. Al fondo, indicado con un recuadro, se encuentra una plantación de mangos.

De esta manera se visitaron los 19 sitios en los tres territorios, buscando las razones que pudieran ayudar a inferir la causa o las variables en estos sitios responsables del alto número de fallas, tales como el uso/cobertura del suelo, las actividades humanas, la disponibilidad de alimento, la existencia o no de poda, la presencia de algunas especies o indicios de éstas. Para ello, se recorrió un transecto de 400 m de largo (200 m a cada lado del “hotspot”) a lo largo de la línea del tendido eléctrico. Adicionalmente se realizaron sobrevuelos con dron para estudiar los usos y coberturas del suelo en las cercanías.

La posible causa se determinó considerando el registro de las especies de fauna en el sitio y el uso/cobertura del suelo, así como la existencia de prácticas de alimentación de palomas, incluyendo la presencia de tortillerías y molinos de maíz, donde las aves encuentran alimento y suelen concentrarse.

Los *hotspots* identificados se concentraron de la siguiente manera: el equivalente al 42.1 %, se concentró en el territorio A (San Salvador – La Libertad); el 36.8% se concentró en el territorio B (La Paz – San Vicente) y finalmente el 21.1% se concentró en el territorio C (San Vicente – Cuscatlán).

Las verificaciones de campo arrojaron que los eventos de electrocución se tipifican por acción directa de la vegetación arbórea, al actuar como fuente alimenticia o como una ruta de paso hacia otras fuentes que puedan no estar en la dirección del tendido eléctrico. Por ejemplo, plantaciones de frutales en las cercanías del tendido eléctrico, propician las fallas causadas por las ardillas.

Estos árboles que ofrecen alimento a las ardillas generalmente están en contacto directo con el tendido eléctrico a la altura de la red secundaria.

Casi siempre han sido podados, pero atendiendo las recomendaciones de poda sólo a los cables de media tensión, no así a los cables de la red secundaria, dejando verdaderas fuentes de nicho, paso y alimento (Figura 29).

Para el caso especial de Palomas de castilla (especie no nativa) y Palomas ala blanca, es necesario recalcar que son las mismas actividades humanas las que han favorecido el crecimiento de sus poblaciones, con las consecuentes afectaciones que esto implica. Por una parte, de manera más marcada en zonas urbanas, es común la práctica de alimentar y dar resguardo a las palomas. En este tema, son las personas las que alimentan directa o indirectamente a las aves, lo cual se incentiva por la venta de maicillo para este fin específico en algunos lugares, como parques y afueras de iglesias, mientras en los molinos, tortillerías, se les ofrece masa, desperdicios de maíz procesado u otras formas de alimento.

Por otra parte, la expansión de la frontera urbana va reduciendo el hábitat de estas y otras especies, por lo que las construcciones viejas, diferentes tipos de vivienda y negocios reúnen las condiciones para que estas puedan hacer sus nidos. Además, se eliminan a sus depredadores naturales, como aves rapaces, serpientes y algunos mamíferos arborícolas. Todo esto hace que estas especies se reproduzcan, aumentando sus poblaciones y compitiendo con el ser humano por recursos, y, por consiguiente, categorizándolas como “plaga”.

Según el análisis de los videos aéreos y las fotografías de campo, las masas de vegetación continuas son las rutas preferidas de las ardillas y otros animales arborícolas; principalmente para su traslado. Aunque se hagan jornadas de poda, esta situación no varía ni disminuye el problema. Las grandes arboledas en la periferia de las ciudades (Figura 28), se conectan de diferentes formas con la vegetación ornamental y casera en las ciudades donde habitantes plantan árboles frutales aumentando la tendencia de paso y pernoctación de fauna. Como se presentó en gráficas de capítulos anteriores, las especies arbóreas siempre son las mismas y los frutales son la fuente de alimento, principalmente de ardillas.



Figura 28. Vista aérea de la vegetación en uno de los hotspots ubicado en los alrededores del parque urbano Las Araucarias, Santa Tecla, donde puede observarse como se conecta con un parche boscoso facilitando el desplazamiento de fauna.



Figura 29. Fotografías que muestran la poda que evita el contacto directo con las redes primarias, pero deja el contacto con las redes secundarias.

6. CONCLUSIONES

El análisis en los territorios de intervención, A, B y C, refleja que el mayor porcentaje del suelo está formado por sistemas agropecuarios, equivalente al 52.78% (esto incluye granos básicos, ganadería, hortalizas, etc.), mientras que las zonas boscosas de tipo natural ocupan el 26.69% de los territorios. Por otro lado, el cultivo de café ocupa el 6.05% y los frutales el 1.93%. Las áreas urbanas (ciudades, pueblos y lotificaciones) cubren el 12.04%.

DELSUR identificó un total de 9,936 colisiones y electrocuciones en los tres territorios entre los años 2019 al 2021. El análisis de esos datos, a través del presente estudio, evidencia que existen al menos seis factores que conducen a una tendencia de este tipo de fallas en ciertos puntos que son recurrentes cada año, mismos que guardan relación con ciertas características de los sitios, como: a) el uso de corredores de fauna (cordones de árboles a la orilla de ríos, masas boscosas interconectadas, b) líneas de distribución eléctrica secundaria que usan las especies en las ciudades, c) falta de poda o insuficiencia de ésta en sitios clave, d) infraestructura que aloja y mantiene especies (iglesias, bodegas, parques urbanos), e) plantaciones de frutales y alta densidad de árboles, que constituyen fuente de alimento, lo cual se agrava por la tendencia de los residentes de plantar árboles frutales frente a sus viviendas, y finalmente, f) relaciones afectivas hacia la fauna, como alimentar palomas (parques urbanos, tortillerías, molinos de maíz).

Los resultados de este estudio indican que al menos 15 especies de fauna vertebrada son las principales causantes de las electrocuciones, existiendo una dominancia de especies asociadas a zonas urbanas y otras muy pocas procedentes del ámbito rural, lo cual sigue una tendencia de acuerdo con la distribución en el territorio como especies en cafetales y bosques de las faldas de los volcanes de San Salvador, San Vicente y la sierra del Bálsamo. La especie más abundante y por ende con mayor responsabilidad en los cortes de energía es la Ardilla gris o Ardilla centroamericana (*Sciurus variegatoides*), seguida de la Paloma de Castilla (*Columba livia*). La ardilla tiene un efecto en todas las zonas, tanto en el ámbito urbano como rural, mientras que la paloma tiene una incidencia mayor en zonas urbanas y asociada con edificaciones religiosas, bodegas y tortillerías.

Por otra parte, el problema de las interacciones dañinas de fauna con la red de suministro eléctrico no es únicamente de DELSUR, ni de las distribuidoras de energía eléctrica, ni de El Salvador. Este problema se da en prácticamente todos los países y con muchos tipos de infraestructura, incluyendo cableados de comunicaciones, torres eólicas, paneles fotovoltaicos, torres de transmisión e incluso edificios y monumentos históricos. En este sentido, poder explorar opciones de dispositivos y métodos que minimicen estas afectaciones es importante.

7. RECOMENDACIONES

Referentes a las especies

El estudio comprobó que la Ardilla gris o Ardilla centroamericana (*Sciurus variegatoides*) y la Paloma de Castilla (*Columba livia*) son las dos especies causantes del mayor número de fallas por año, con una alta incidencia en los cortes de energía para los usuarios y un alto costo asociado al mantenimiento y a la pérdida del suministro. Por lo que se recomienda centrar los esfuerzos de control en estas dos especies.

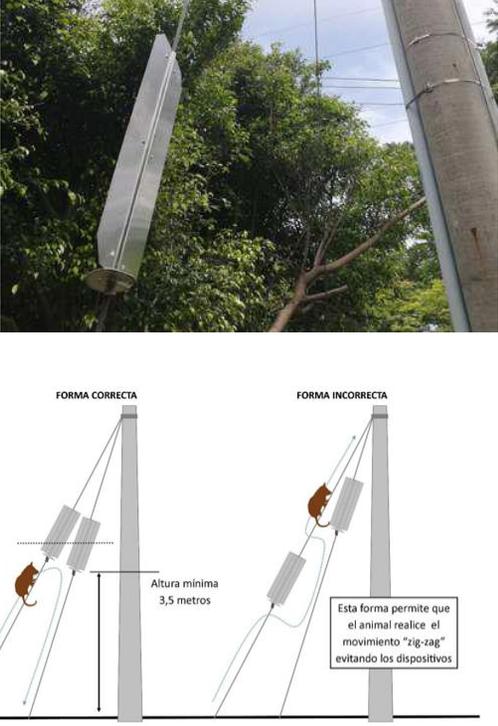
El diseño de un plan y la implementación de cualquier tipo de medidas que se proponga adoptar debe involucrar a las autoridades ambientales y de salud, ya que son conocidas las afectaciones a la salud que ocasionan las altas conglomeraciones de palomas en las zonas densamente pobladas. Sobre la Paloma de Castilla, el MARN la incluye como especie exótica y hay antecedentes de planes de control y manejo. Se recomienda en el caso de la Ardilla Gris la realización de un estudio puntual de densidad, tasas de reproducción y abundancia de individuos, datos que podrán ser más contundentes a fin de pedir un plan de control y manejo poblacional.

Se recomienda en este sentido, que DELSUR lidere un esfuerzo en coordinación con las demás distribuidoras de energía eléctrica, el MARN, Ministerio de Salud, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Gobiernos Locales, Protección Civil, Bomberos y la SIGET, entre otros, para formular e implementar un plan de control de la población de ambas especies y contribuir así a mitigar el problema, principalmente en zonas urbanas y periurbanas.

Referentes a la infraestructura y equipos

En cuanto al uso de las estructuras profauna, se recomienda dar prioridad a su colocación en los lugares de mayor relevancia, es decir, los 19 *hotspots* identificados en este informe. Además, se sugiere continuar con la implementación de los dispositivos previamente instalados por DELSUR en diversos puntos de la red de distribución, como las barreras profauna en forma de disco, el cable semiaislado y el protector profauna para ardillas. Esta acción debería realizarse enfocándose especialmente en los *hotspots* mencionados.

Otras opciones disponibles son las siguientes:

Tipo y Ejemplo	Descripción del elemento	Imagen ilustrativa
<p><u>Dispositivos olfativos</u> o <u>repelentes:</u></p> <p>Birdbloc</p>	<p>se basan en la característica de que las aves poseen un sentido del olfato altamente desarrollado. Por ende, la presencia de olores desagradables para ellas resulta en que las aves busquen alternativas tanto para percharse como para anidar.</p> <p>consta de pequeñas bolsas individuales que contienen gránulos con un olor repulsivo para las aves. La duración aproximada de este olor es de tres a cuatro meses, y cabe destacar que no representa ningún riesgo para la fauna ni para los seres humanos. La instalación es sencilla, simplemente colgándolo de las vigas o estructuras de distribución de mayo a junio cuando las aves están en temporada de anidación.</p>	
<p><u>Dispositivos antiescalada tipo paleta</u></p>	<p>consisten en dos piezas de láminas rectangulares de acero inoxidable, que abrazan el cable, proporcionando una ranura central que permite su giro. El soporte está garantizado por un anillo de metal que lo mantiene en posición. Se instalan en los tirantes de los postes que sostienen las líneas eléctricas aéreas.</p> <p>Su función principal es evitar que los animales, escalen los tirantes y lleguen a las líneas de energía.</p> <p>Con dimensiones mínimas de 20 cm x 50 cm, se ajustan a los estándares necesarios. Es importante destacar que, para adaptarse a la biología y comportamiento de ciertas especies, la longitud puede llegar a ser de al menos 1.5 m.</p> <p>Este dispositivo El proceso de ensamblaje implica la unión de las dos piezas a través de remaches, asegurando una estructura sólida y resistente. Esta solución no solo protege la infraestructura eléctrica, sino que también salvaguarda la fauna local al disuadir comportamientos potencialmente peligrosos para los animales.</p>	 <p>FORMA CORRECTA</p> <p>FORMA INCORRECTA</p> <p>Altura mínima 3,5 metros</p> <p>Esta forma permite que el animal realice el movimiento "zig-zag" evitando los dispositivos</p>

		<p>Figura 30. Ejemplo de dispositivos antiescalada (izquierda) y su correcta instalación colocándolos al mismo nivel sobre dos líneas tensoras, evitando que los animales hagan zigzag sobre estas (derecha). Fuente: Wildlife and power lines Guidelines for preventing and mitigating wildlife mortality associated with electricity distribution networks (Martin et al., 2022).</p>
<p>Disuasores de vuelo o salvapájaros</p>	<p>Los disuasores de vuelo, también conocidos como salvapájaros son dispositivos usados para evitar que las aves se posen o vuelen en áreas no deseadas. Principalmente, buscan disuadir a las aves de aterrizar o permanecer en áreas específicas, especialmente donde su presencia puede causar molestias, daños o representar un riesgo.</p> <p>El uso de salvapájaros en líneas eléctricas se enfoca en minimizar los impactos negativos en las aves y en la infraestructura eléctrica, promoviendo así una coexistencia más segura y sostenible entre la actividad humana y la vida silvestre. Estos varían mucho en diseño y tamaño dependiendo de las especies que se quieren alejar de las líneas de distribución.</p>	  <p>Distintos tipos de dispositivos marcadores usados con el objetivo de reducir las colisiones de aves con las líneas eléctricas. Fuente: Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos (González, 2014).</p>

Dispositivos anti-percha

anti-

Se trata de dispositivos fabricados con plástico rígido diseñados para prevenir que las aves se posen en cualquier tipo de estructura del tendido eléctrico. Están disponibles en dos variantes: el modelo "pico de paloma" (pigeonspike) y el triángulo plástico rígido. Estos dispositivos pueden instalarse tanto en aisladores como en cruceros, con el objetivo de evitar que las aves se perchen en las proximidades de los cables.

La utilización de estos dispositivos anti-percha tiene como finalidad garantizar la seguridad tanto de las aves como de la infraestructura eléctrica. La elección entre los dos modelos dependerá de diversos factores, incluyendo el tipo de aves presentes, las características ambientales y la eficacia específica de cada método en la situación particular.

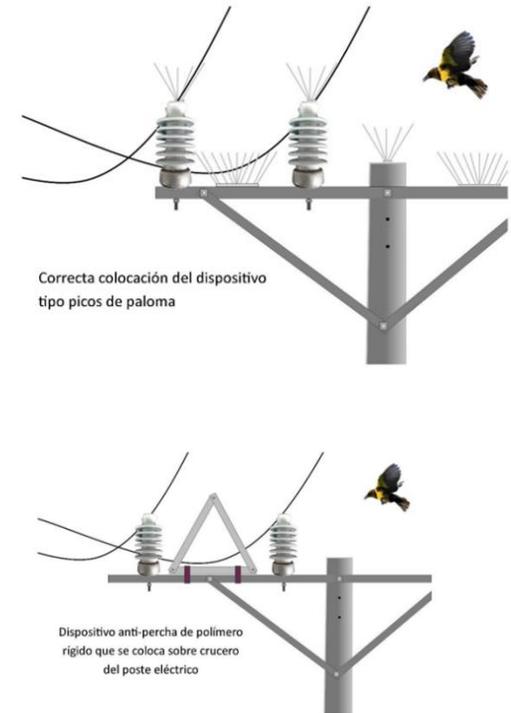
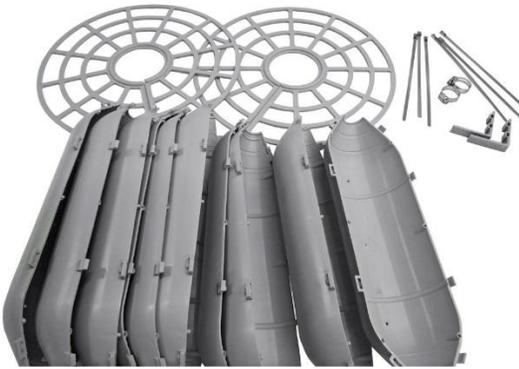


Figura 31. Derecha: dispositivo anti-percha tipo "pico de paloma". Izquierda: dispositivo anti-percha tipo triángulo. Fuente: Guía para la prevención y mitigación de la electrocución de la fauna silvestre por tendidos eléctricos en Costa Rica. (Ministerio de Ambiente y Energía, 2020).

<p>Dispositivo Guard</p> <p>Line</p>	<p>Este dispositivo en particular presenta similitudes con el protector profauna para ardillas utilizado por DELSUR, que se compone de picos y secciones giratorias. Comparte el mismo propósito al evitar que los animales transiten por las líneas de distribución eléctrica hacia otros puntos de la red, como cruceros, transformadores o subestaciones cercanas. No obstante, se distingue por su diseño el cual es ligeramente diferente, incorporando dos ruedas o barreras de salto de aproximadamente 30 cm, giratorias en ambos extremos del dispositivo. Cuando un animal se acerca, estas ruedas generan un desequilibrio impidiendo su paso. Además, entre estas estructuras se disponen cinco rodillos que giran de manera independiente alrededor de la línea, asegurando que los animales no puedan saltar o arrastrarse sobre ellos. Es importante destacar que su efectividad no se limita a las ardillas, sino que también se extiende a otras especies de fauna, como mapaches, serpientes e incluso primates.</p>	 <p>Figura 32. Dispositivos Line Guard instalados en líneas de distribución eléctrica. Fuente: Critter Guard https://www.critterguard.org/collections/line-guard</p>
<p>Dispositivos ahuyentadores por sonido</p>	<p>Estos dispositivos emiten detonaciones sonoras con un rango de efectividad de 3 a 4 hectáreas dependiendo del modelo y variando en volumen de sonido entre 80 a 120 decibeles. Se trata de un mecanismo con encendido electrónico que se programa para un periodo de tiempo determinado a fin de efectuar las detonaciones de ahuyenten a la fauna de interés. El cañón espantapájaros a gas butano o propano es muy popular para la protección de cultivos y plantaciones de árboles frutales.</p>	 <p>Figura 33. Cañón de butano espantapájaros, modelo guardián 2. Fuente: GEPAVAL, https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Canon-Espantapajaros-a-gas-butano-propano-Guardian-2-Standard-9603.html</p>

Los dispositivos antipájaros pueden usarse perfectamente en las subestaciones de transmisión de energía eléctrica. Estos dispositivos contribuyen a evitar el paso de fauna o a que se ubiquen en los lugares cercanos donde pueden provocar una falla. Cada uno de ellos poseen ventajas y desventajas de acuerdo con las especificaciones dadas por los fabricantes y a la funcionalidad de estos. Pueden diferenciarse en olfativos o repelentes, físicos, visuales y auditivos.

Tabla 8. Comparación de ventajas y desventajas de los dispositivos profauna existentes en el mercado internacional, aún no incluidos en el equipo de DELSUR y aquellos que ya se incluyen dentro de sus equipos instalados.

Dispositivo	Ventajas	Desventajas
Dispositivos existentes en el mercado no incluidos en el equipo de DELSUR		
Olfativos o repelentes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No resultan dañinos para la fauna o los seres humanos ✓ Efectivo para alejar la mayoría de las especies de aves ✓ Su instalación es sencilla ✓ Menor costo por unidad 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Su duración solamente es de cuatro meses como máximo ✓ Se necesitará su reemplazo pasado el tiempo de duración del olor ✓ No se ha documentado su efectividad para otros grupos de fauna diferentes de las aves
Dispositivos antiescalada	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estos dispositivos ayudan a preservar la biodiversidad al evitar que animales, como ardillas, accedan a las líneas eléctricas. ✓ Fabricados con acero inoxidable, estos dispositivos son resistentes a la corrosión, lo que garantiza una larga vida útil y una protección continua. ✓ El diseño de dos piezas y el ensamblaje mediante remaches facilitan la instalación y el mantenimiento de estos dispositivos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La fabricación de estos dispositivos con acero inoxidable puede resultar más costosa en comparación con otras opciones. ✓ Para garantizar la eficacia, es necesario ajustar las dimensiones del dispositivo según la fauna local, lo que podría requerir un enfoque más personalizado en diferentes ubicaciones. ✓ Aunque estos dispositivos son efectivos para animales trepadores, podrían no ser tan eficaces para prevenir el acceso de aves u otros animales que no escalan.
Salvapájaros	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La ventaja principal es la protección de aves al reducir el riesgo de colisiones y electrocuciones, lo que contribuye a la conservación de la fauna. ✓ Al prevenir que las aves aniden en las estructuras o causen daños, los salvapájaros pueden reducir la necesidad de mantenimiento y reparación frecuente de las líneas eléctricas. ✓ Reducen el riesgo de interrupciones en el suministro eléctrico debido a colisiones de aves, mejorando la confiabilidad del servicio. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La instalación de salvapájaros puede representar un costo inicial, especialmente si se implementan en una amplia extensión de líneas eléctricas. ✓ Algunos dispositivos pueden no ser efectivos para todas las especies de aves o en todas las situaciones, lo que podría requerir soluciones adicionales. ✓ Dependiendo del diseño, los salvapájaros podrían tener efectos secundarios no deseados en otras especies animales o insectos, alterando el equilibrio ecológico local.
Dispositivos anti-percha	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Evitan que las aves se posen o aniden en las estructuras de soporte de líneas eléctricas, previniendo posibles daños a la infraestructura y reduciendo la necesidad de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Algunos dispositivos anti-percha pueden tener costos iniciales significativos, especialmente si se requiere la instalación extensiva en una red extensa de líneas eléctricas.

Dispositivo	Ventajas	Desventajas
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Contribuyen a la mejora de la fiabilidad del suministro eléctrico al reducir el riesgo de interrupciones causadas por la presencia de aves en las líneas. ✓ Existe una amplia gama de dispositivos anti-percha, lo que permite adaptar la solución a las características específicas del entorno y a las especies de aves presentes. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Algunas personas pueden considerar que los dispositivos anti-percha afectan la estética del paisaje, especialmente si no se integran de manera armoniosa con el entorno. ✓ Algunas aves pueden adaptarse con el tiempo a ciertos dispositivos anti-percha, disminuyendo su eficacia a largo plazo.
Dispositivo Line Guard	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Su diseño se especializa en impedir el paso de fauna desde las líneas eléctricas hacia otros puntos de la red como transformadores o subestaciones cercanas ✓ Su eficacia no se limita a las ardillas sino a otras especies como mapaches, tatuacines, serpientes. ✓ Está fabricado con polipropileno de alta resistencia por lo que resiste tanto a las interacciones con la fauna como a las condiciones de la intemperie 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alto costo de inversión inicial, para la adquisición de los dispositivos y su logística de instalación ✓ Su instalación requiere personal capacitado con equipos de protección adecuados ✓ Puede afectar la estética del paisaje y generar contaminación visual
Dispositivos ahuyentadores por sonido	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se pueden automatizar y no necesitan personal altamente calificado para su funcionamiento ✓ Las detonaciones se escuchan varios metros alrededor del sitio donde han sido instalados ✓ Son de fácil acceso y transporte 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Su cobertura de uso es limitada ✓ Particularmente algunas especies de aves se acostumbran al sonido y deja de ser efectivo

Dispositivos adquiridos e instalados por DELSUR en distintos puntos de la red de distribución eléctrica		
Protectores para aislador y línea	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ofrecen una alternativa eficaz para que la fauna que se pose sobre estas estructuras no se electrocute ✓ Hay diferentes opciones en el mercado de acuerdo con sus materiales de fabricación como porcelana, vidrio o polímeros de alto impacto, unos más económicos que otros 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Su instalación requiere personal capacitado por ubicarse en estructuras energizadas de la red ✓ Requiere mantenimiento según el material del que están elaborados
Protectores tubulares	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ayudan a disminuir ampliamente las electrocuciones de fauna ✓ Son de fácil instalación ✓ Tienen amplia aceptación en el sector eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Puede suponer un alto costo de inversión inicial ✓ Requieren de inspecciones regulares para asegurar su eficacia ✓ Dependiendo de su material de elaboración puede afectar la capacidad de disipación del calor, lo cual habría que considerar en zonas de alta demanda energética

Protectores de fauna para ardillas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Proporcionan una buena protección para la interferencia de la fauna en subestaciones y en techo de líneas, el diseño del eje protector de líneas disuade a la fauna silvestre de entrar a la subestación ✓ Las secciones se pueden instalar rápida y fácilmente sin interrupción a la red gracias a sus dispositivos de sujeción 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Su efectividad se reduce sin el adecuado mantenimiento ✓ El sobrecrecimiento de especies de lianas o enredaderas sobre las líneas de distribución puede dificultar el libre funcionamiento del dispositivo
Cobertores para bujes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Protege de descargas eléctricas a la fauna y es de fácil instalación 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La efectividad de estos dependerá de los materiales con los que fueron elaborados y su vida útil
Cobertores para cortacircuitos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Protege de descargas eléctricas a la fauna y es de fácil instalación ✓ La vida útil es de 10 años 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La efectividad de estos dependerá de los materiales con los que fueron elaborados y su vida útil
Barreras profauna	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Por su diseño evita el salto o la escalada de la fauna ✓ Instalados en forma vertical evitan el paso y el uso de estos como plataformas de anidación de aves 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Instalados de forma horizontal funcionan como plataforma para anidación de aves ✓ Errores en la adecuada instalación puede provocar choques ✓ Discos de menor tamaño son fácilmente cruzados por la fauna

Referentes a las labores de poda

Dentro de la planificación de la infraestructura de la red eléctrica se deben considerar estrategias como poda de ramas cerca de las líneas eléctricas, puentes y pasos de fauna naturales, así como una metodología que no debilite la estructura del árbol, para evitar que sus ramas puedan ceder en época lluviosa o de fuertes vientos. De esta manera se evita la interacción con mamíferos arbóreos e incidentes por electrocución.

Las podas adicionalmente deben ser cabildeadas con los gobiernos locales a fin de darle una solución inmediata al problema de electrocución de fauna, tomando en cuenta que se atenderá la poda correctiva cercana al tendido eléctrico secundario. En este sentido, DELSUR podría liderar la elaboración de un catálogo de la vegetación adecuada para ámbitos urbanos, tomando en cuenta la posición del tendido y sus zonas verdes.

Referentes a la educación y sensibilización

Se recomienda promover y ejecutar labores de educación ambiental con los usuarios donde hay concentración de Paloma de Castilla, para evitar que las personas les alimenten, así mismo se sugiere sensibilizar a quienes comercializan alimento para ellas, y de esta manera evitar favorecer su permanencia y reproducción.

Otro aspecto que demanda una mayor incidencia en la educación ambiental es promover la siembra de especies de poca altura debajo de las líneas de distribución eléctrica o de aquellas especies de desarrollo

lento que sean nativas o bien adoptando especies exóticas o extranjeras que no generen los problemas de corto circuito.

Referentes a la fauna presente en las subestaciones

Mantener poda de vegetación por lo menos a 2 m cerca del muro perimetral de la subestación.

Identificar posibles sitios de ingreso de reptiles hacia el interior de la subestación como tuberías de salida de agua.

Colocar rejillas en las salidas de agua de las canaletas, con un mecanismo que permita el movimiento de esta hacia afuera pero que no permita el movimiento de esta hacia dentro.

Colocar grava en el suelo para evitar la formación de charcas de agua para que ranas y sapos no ingresen al lugar y utilizarlas como sitios de reproducción.

Otras

Se requiere evaluar la ejecución de reformas a la Ley Forestal, a fin de facultar a las compañías de distribución eléctrica, para realizar las actividades de poda en los sitios donde se necesita, y que los permisos sean otorgados directamente a estas. Es decir, una modificación al Artículo 15 relativo a que la ejecución de la poda en el tendido eléctrico primario y secundario dentro de las zonas urbanas, no sea exclusivo de las municipalidades y que esta sea desarrollada directamente por las compañías, eximiéndolas de autorizaciones o planes de manejo forestal. De forma análoga, a los caficultores se les exime de cualquier tipo de autorización de poda, según lo expresa el artículo 17 literal (a) de dicha ley, en el cual la regulación se limita a la poda de árboles amenazados y en peligro de extinción y a los árboles históricos.

Estas sugerencias no son únicamente dirigidas a DELSUR, pueden ser fácilmente escaladas al resto de distribuidoras eléctricas que sirven en el resto del país, dado que la infraestructura y redes son similares, y que las especies identificadas podrían ser fácilmente encontradas a nivel nacional. En este sentido, se recomienda compartir los hallazgos y resultados del presente estudio con actores clave del sector eléctrico e instituciones públicas como el MARN, MAG, SIGET, Ministerio de Salud y municipalidades.

El análisis de sitios calientes o *hotspots* se debe realizar de manera periódica, preferiblemente cada tres años, con el propósito de identificar otros sitios donde la recurrencia de electrocuciones sea constante.

En el territorio A, correspondiente a la Cordillera del Bálsamo, es recomendable instalar puentes de fauna (puentes de hamaca) para facilitar el paso de fauna arborícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asamblea Legislativa. 2005. Ley de áreas naturales protegidas. Decreto legislativo No. 579, Diario Oficial No. 32, Tomo 366
- Bennett, A. F. 1999. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. UICN
- Berendson, W. G., A. K. Gruber & J. Monterrosa Salomón. 2009. Nova Silva Cuscatlanica. Árboles nativos e introducidos de El Salvador. Parte 1: Angiospermas – Familias A a L. Englera 29 (1):1–438
- Berendson, W. G., A. K. Gruber & J. Monterrosa Salomón. 2012. Nova Silva Cuscatlanica. Árboles nativos e introducidos de El Salvador. Parte 2: Angiospermas – Familias M a P y Pteridophyta. Englera 29 (2):1–300
- Berendson, W. G., Gruber, A. K., Rodríguez, D. & Olmedo Galán, P. 2016. Nova Silva Cuscatlanica. Árboles nativos e introducidos de El Salvador. Parte 3: Angiospermas – Familias R a Z y Gymnospermae. Englera 29 (3):1–356
- Brito, J. L. 2022. Zanate mexicano - AVES DE CHILE. <https://www.avesdechile.cl/593.htm>
- Camacho-Valadez, A., & Camacho-Valadez, D. 2020. Observación del comportamiento alimentario del *Quiscalus mexicanus* en parques urbanos al norte de México. Universidad Autónoma de Juárez (En Revisión). https://www.researchgate.net/profile/David-Camacho-Valadez/publication/342491754_Observacion_del_comportamiento_alimentario_del_Quiscalus_Mexicanus_en_parques_urbanos_al_norte_de_Mexico/links/5ef6dd88299bf18816ea7606/Observacion-del-comportamiento-alimentario-del-Quiscalus-Mexicanus-en-parques-urbanos-al-norte-de-Mexico.pdf
- CATIE. 2003, Árboles de Centroamérica; un manual para extensionistas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica
- CONABIO. 2023. Zanate mexicano (*Quiscalus mexicanus*). Enciclovida. <https://enciclovida.mx/especies/36150-quiscalus-mexicanus>
- DELSUR. s.a. Criterios para ejecución de las labores de podes en la red eléctrica.
- Fagan, J. & O. Komar. 2016. Field guide to Birds of Northern Central America. Belize, El Salvador, Guatemala y Honduras. Peterson Field Guide. New York. 438 p
- Fioli, S. 2013. Corredor Biológico Interurbano del Río Torres y corredores biológicos en general. Ambientico No. 232-233: Pp. 51–55
- Funes, G., C. Mata-Delgado, D. Jaikel-Viquez & Z. V. Guerrero-Mendoza. 2022. Aislamiento de *Cryptococcus neoformans* en excrementos de paloma de Castilla (*Columba livia*) provenientes de lugares públicos de El Salvador. Acta Médica Costarricense 64 (1): 52-57 doi: 10.51481/amc.v64i1.1227

- Gibbs, D., E. Barnes & J. Cox. 2010. Pigeons and Doves. A guide to the Pigeons and Doves of the World. Christopher Helm Publishers. Londres. 615 p
- González Rivera, G. 2014. Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos. Servicio Agrícola y Ganadero de Chile. 83 p.
- Harris, W. P. Jr. 1937. Revision of *Sciurus variegatoides*, a species of Central American Squirrel. Miscellaneous publications no. 38. Museum of Zoology, University of Michigan
- Helgen, K., Kays, R. & Schipper, J. 2016. Potos flavus. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T41679A45215631. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T41679A45215631.en>. Accessed on 29 June 2023.
- Kaufman, K. 2023. Zanate Mayor. Audubon Field Guide. <https://www.audubon.org/es/guia-de-aves/ave/zanate-mayor>
- Komar, O. 2001. Contribuciones a la avifauna de El Salvador. Cotinga 16: 40–45
- Korman, V. 2003. Proposta de integração das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP). Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba
- Linares, J.L. 2003 [2005]. Listado comentado de los árboles nativos y cultivados en la república de El Salvador. Ceiba 44(2):105–268
- MARN. 2023. Acuerdo 257, listado oficial de vida silvestre amenazada o en peligro de extinción. Diario Oficial Tomo No. 441 18 de octubre de 2023, 36–58.
- Martín Martín, J., Garrido López, J.R., Clavero Sousa, H. Barrios, V. (eds.). 2022. Wildlife and power lines. Guidelines for preventing and mitigating wildlife mortality associated with electricity distribution networks. Gland, Switzerland: IUCN.
- Ministerio de Ambiente y Energía, Sistema Nacional de Áreas de Conservación. 2020. Guía para la prevención y mitigación de la electrocución de la fauna silvestre por tendidos eléctricos en Costa Rica
- Ministerio de Obras Públicas, Instituto Geográfico Nacional “Ing. Pablo Arnoldo Guzmán”. 1985. Diccionario Geográfico de El Salvador Tomo I A-K. 668 p
- Ministerio de Obras Públicas, Instituto Geográfico Nacional “Ing. Pablo Arnoldo Guzmán”. 1986. Diccionario Geográfico de El Salvador, Tomo II L-Z 1458 p
- Mobley, J. A. 2020. Social Flycatcher (*Myiozetetes similis*), version 1.0. In Birds of the World (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, and E. de Juana, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.socfly1.01>
- Monge, J. 2017. Pasado, presente y futuro del manejo de vertebrados plaga en Costa Rica. Revista de Ciencias Ambientales, 52(1), 221. <https://doi.org/10.15359/RCA.52-1.13>

- Reid, F. A. 2009. A Field Guide to the Mammals of Central America and Southeast Mexico (second edition). Oxford University Press.
- Vallely, A. C. & Dyer, D. 2018. Birds of Central America: Belize, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica and Panama. Princeton University Press. New Jersey. 584 p
- Ventura N., & R. Villacorta. 2000. Vegetación natural de ecosistemas terrestres y acuáticos, capítulo El Salvador. Banco Mundial/Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
- Vreugdenhil, D. J. Linares, O. Komar, V. Henríquez, J. Meerman, E. Barraza & M. Machado. 2011. Mapa de los Ecosistemas de El Salvador. Actualización 2011 con Detección de Cambios 1999–2011. World Institute for Conservation and Environment, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Witsberger, D.; D. Current & E.Archer 1982. Arboles del Parque Deininger. Dirección de Publicaciones. Ministerio de Educación, El Salvador



Distribuidora de Electricidad DELSUR
Final 17 Av. Norte y Calle al Boquerón, Santa Tecla, La Libertad.

Tel: 2132-5700

-  Distribuidora de Electricidad DELSUR - El Salvador
-  @delsur_energia
-  @delsur sv
-  delsur_energia
-  Distribuidora de Electricidad DELSUR

www.delsur.com.sv

