Universidad Nacional de Costa Rica

Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

Escuela de Ciencias Ambientales

Guía metodológica para el manejo de vegetación arbórea bajo las redes de distribución eléctrica en el circuito eléctrico Chacarita-Rincón, Osa, Puntarenas

Sustentante:

Luis Fernando Ortiz López

Práctica dirigida para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Ciencias Forestales, con énfasis en Manejo Forestal.

Heredia

Junio 2024

Guía metodológica para el manejo de vegetación arbórea bajo las redes de distribución eléctrica en el circuito eléctrico Chacarita-Rincón, Osa, Puntarenas

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional de Costa Rica, para optar al grado de Licenciatura **Ingeniería en Ciencias Forestales con Énfasis en Manejo Forestal**

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

EXAMINADOR

WILLIAM HERNANDEZ CASTRO (FIRMA)

Firmado digitalmente por WILLIAM HERNANDEZ CASTRO (FIRMA)
Fecha: 2024.08.05 13:47:13 -06'00'

Ph.D. William Hernández Castro
Representante Decano de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

MELISSA BLANDON NARANJO (FIRMA)

Firmado digitalmente por MELISSA BLANDON NARANJO (FIRMA)
Fecha: 2024.07.29 22:19:09 -06'00'

M.Sc. Melissa Blandón Naranjo
Directora de EDECA

IGOR FERNANDO ZUÑIGA GARITA (FIRMA)
PERSONA FISICA, CPF-01-0962-0481.
Fecha declarada: 29/07/2024 01:37:55 PM
Esta es una representación gráfica únicamente, verifique la validez de la firma.

MAP. Igor Zúñiga Garita
Tutor

VICTOR MANUEL CASTRO RIVAS (FIRMA)

Firmado digitalmente por VICTOR MANUEL CASTRO RIVAS (FIRMA)
Fecha: 2024.07.29 13:52:58 -06'00'

Lic. Víctor Castro Rivas
Lector

N.S.P

Lic. Marvin Castillo Ugalde
Lector

LUIS FERNANDO ORTIZ LOPEZ

Firmado digitalmente por LUIS FERNANDO ORTIZ LOPEZ
Fecha: 2024.07.29 16:34:25 -06'00'

Luis Fernando Ortiz López
Postulante del trabajo

TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE FIGURAS ..... **v**

LISTA DE CUADROS ..... **v**

LISTA DE APÉNDICES ..... **v**

LISTA DE ABREVIATURAS ..... **vi**

DEDICATORIAS ..... **vii**

AGRADECIMIENTOS ..... **viii**

RESUMEN ..... **ix**

INTRODUCCIÓN **1**

OBJETIVOS **3**

Objetivo general 3

Objetivos específicos 3

MARCO CONCEPTUAL **4**

Topología de las redes eléctricas 4

Clasificación de las redes de distribución 4

A. Factores ambientales que inciden en las redes eléctricas 5

B. Riesgo accidente por presencia de árboles cerca de la red eléctrica 5

Características ambientales de Rincón de Osa 5

Tipos de cobertura vegetal 6

Gremios ecológicos 7

Tasa teórica de crecimiento para algunas especies estudiadas 7

Inventarios forestales 8

Métodos de muestreo 9

Aspectos legales por considerar 10

MARCO METODOLÓGICO 12

Sitio de estudio 12

Definición del área de muestreo 12

Unidades de muestreo 13

Inventario de la vegetación bajo la línea de distribución 14

Establecimiento de parcelas permanentes 14

Procesamiento y análisis de la información 15

Propuesta de la guía 15

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 16

Ubicación de parcelas 16

Caracterización de la flora existente 17

Cobertura del suelo aledaño a las parcelas 18

Establecimiento de parcelas permanentes 19

Cercanía de la vegetación a la red 19

Elaboración de la guía metodológica 22

Distancias mínimas de la vegetación a la red 23

Manejo de árboles de rápido crecimiento dentro de la franja de servidumbre 23

Arboles establecidos fuera del área de servidumbre de la red 24

Marco jurídico 25

Directrices metodológicas 26

RECOMENDACIONES 30

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 31

APÉNDICES 35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema básico de un sistema de distribución eléctrica.....4
Figura 2. Ubicación geográfica del sitio de estudio 12
Figura 3. Zonas de muestreo de vegetación bajo la red eléctrica de vegetación bajo la red eléctrica.....13
Figura 4. Relación de la altura de la vegetación con respecto a la altura de la red eléctrica 21
Figura 5. Pasos para realizar una correcta poda de ramas 25

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.Ubicación geográfica de las unidades de muestreo y número de árboles por parcela 16
Cuadro 2. Estadísticos para el número de árboles en el área inventariada.....17
Cuadro 3. Datos estadísticos para el número de árboles en el área inventariada 18
Cuadro 4. Tiempos máximos estimados para manejar vegetación bajo la red.....23

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Hoja de registro de campo al momento de las mediciones de los datos dasométricos de las parcelas.....35
Apéndice 2. Datos de campo primera medición dasométrica del muestreo realizado. 36
Apéndice 3. Referencia de leyes y normas aplicables al manejo de vegetación bajo la red 38

LISTA DE ABREVIATURAS

CLOR: Centro Local de Operación de la Red

Coordenadas CRTM05: Referencia de coordenadas en el sistema nacional de Costa Rica

DAP: Diámetro a la altura del pecho (DAP)

GPS (Global Positioning System): en español, “sistema de posicionamiento global”

QGIS: Sistema de Información Geográfica (SIG)

DEDICATORIAS

A Dios, primeramente, porque sin Él no estaría escribiendo estas palabras y no hubiese alcanzado este logro que, para mí, es todo un sueño hecho realidad.

A mis pilares de vida: mi madre Mireya López Gamboa, mi hijo Luis Fernando Ortiz Mata y, por supuesto, mi compañera de vida Yorleny Mata Avendaño, por apoyarme siempre y motivarme a creer en mí para que esto se pueda ver reflejado. ¡Los amo con todo mi corazón!

Por último y no menos importante, a todas aquellas personas que, de alguna u otra manera, estuvieron en el proceso indirectamente, me apoyaron y me brindaron sus palabras y deseos positivos.

A Dios y a la vida, por este logro que hoy se puede ver cristalizado en todos aquellos años y momentos que se veía como un imposible, pero que ahora es toda una realidad.

Por ello, toda persona, que esté leyendo estas palabras, escuche siempre su corazón, no se rinda y omita los comentarios negativos, pues todo en esta vida se puede lograr. ¡Lo logramos!

AGRADECIMIENTOS

A Dios, infinitamente, por siempre escuchar mi corazón, oraciones y deseos, demostrando con ello su amor incondicional, pues, en ningún momento, me ha dejado de escuchar, cumpliendo mi sueño más deseado.

A mi familia, compañeras y compañeros de trabajo, por todo su apoyo.

A la Universidad Nacional de Costa Rica, por brindarme la oportunidad de estudiar y ser el puente para lograr este sueño.

A mis guías Igor Zúñiga Garita, Marvin Castillo Ugalde y Víctor Castro Rivas, por siempre apoyarme y atender mis consultas con esmero.

A todas aquellas personas que, bellamente, Dios ha puesto en mi camino. Siempre los llevaré en mi corazón, porque, de alguna forma, sus buenos deseos me ayudaron a alcanzar esta hermosa bendición. ¡En definitiva, los tiempos de Dios son perfectos!

RESUMEN

La División de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) tiene la responsabilidad de mantener la red de distribución eléctrica a nivel nacional.

Uno de los principales desencadenantes de interrupciones en el suministro eléctrico en la región Brunca es la vegetación, específicamente las ramas y árboles que crecen cerca de las líneas eléctricas. Esta causa representa hasta un 30 % de todas las fallas en el servicio con un costo promedio anual de 240 a 270 millones de colones. Aunque se comprende la razón de estas interrupciones, se desconoce la diversidad de especies vegetales y las características de la flora que rodea las líneas de distribución eléctrica en la zona.

En este contexto, se hace imperativo llevar a cabo un estudio que analice el comportamiento de la vegetación en la región, estableciendo un sitio de muestreo en Chacarita de Osa y desarrollando una guía metodológica que permita gestionar la vegetación bajo las líneas eléctricas mediante parámetros técnicos y consideraciones legales. Para ello, se seleccionaron seis parcelas de muestreo de 10 metros de ancho por 30 metros de largo entre las comunidades de Chacarita y Santa Cecilia de Osa en Puntarenas. En estas parcelas, se identificaron las especies de plantas leñosas con un diámetro mayor a cinco centímetros. El propósito es identificar las especies de árboles más frecuentes en la zona y recopilar datos iniciales sobre su tasa de crecimiento en altura y diámetro. De estas parcelas, cinco se mantendrán para realizar mediciones periódicas en el futuro.

Los resultados evidenciaron que las especies *Ochroma pyramidale* y *Gmelina arborea* son las predominantes bajo las líneas eléctricas, lo cual representa más del 29 % del total de individuos medidos. Con base en esta información, se propone una guía que orientará a los técnicos en los procedimientos necesarios para el manejo de la vegetación, teniendo en cuenta aspectos legales, administrativos y técnicos. Además, se recomienda continuar con estudios para determinar las tasas de crecimiento y así poder prever los momentos óptimos para realizar intervenciones en el mantenimiento de la red eléctrica a medida en que se sigan recopilando datos sobre el crecimiento de la vegetación.

INTRODUCCIÓN

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) fue establecido en 1949 mediante Ley N° 449 con el propósito inicial de operar como una empresa de electrificación. En 1963, su mandato se amplió para incluir el desarrollo de las telecomunicaciones. En 2008, se consolidó como el Grupo ICE mediante Ley N° 8660, integrando a las empresas ICE, CNFL (Compañía Nacional de Fuerza y Luz) y RACSA (Radiográfica Costarricense S.A.) (ICE, 2019).

El ICE ha desempeñado una función trascendental en la electrificación de todo el país a través del empleo de una matriz energética diversa compuesta por fuentes renovables como hidroeléctrica, geotérmica, eólica y solar. Cuenta con 40 plantas de generación y un extenso sistema de transmisión y distribución eléctrica que abarca el 99,4 % del territorio costarricense, que se extiende a lo largo de 20891 kilómetros de redes y 5141 paneles solares instalados. El ICE respalda la descarbonización a través de iniciativas como la electromovilidad y la promoción de ciudades inteligentes (ICE, 2019).

El área de estudio se encuentra en la región Brunca de Costa Rica. Hasta 2019, esta región contaba con 5680 kilómetros de red de distribución eléctrica. Es necesario enfatizar que una sección de esta red se seleccionó para llevar a cabo el presente proyecto. La red de distribución eléctrica que discurre entre Chacarita y Rincón es trifásica de mediana tensión. En su totalidad, se ubica sobre derecho de vía de carretera nacional. Esta línea está soportada en postes de madera y concreto de 11 a 15 metros de altura. Los cables se ubican en la cúspide del poste y transportan 34500 voltios. A seis metros de altura, se ubica una red de baja tensión (240 voltios) que alimenta o brinda servicio eléctrico a las casas de habitación y comercio en general. Esta red, que discurre en áreas públicas, colinda mayormente con propiedades privadas que presentan diversas coberturas de suelo, como bosques, plantaciones forestales, cultivos de palma africana, cultivos anuales y pastizales (A. Fernández, comunicación personal, 5 de mayo del 2021).

La vegetación, en particular las ramas y árboles que se extienden sobre las líneas eléctricas, constituye una de las principales causas de interrupciones en el suministro eléctrico (Méndez, 2005). Según datos del Centro Local de Operación de la Red (CLOR) del ICE, las interrupciones causadas por el roce de ramas con las líneas eléctricas aumentaron un 26,8 % en el período de 2016 a 2020, mientras las interrupciones causadas por la caída de árboles sobre las líneas aumentaron un 4,5 % en el mismo período. Estas dos causas de averías representan hasta el 30 % del total de interrupciones

causadas por diversas razones con un costo promedio anual de 240 a 270 millones de colones (G. Valverde, comunicación personal, 8 de mayo de 2021).

Es importante aclarar que se conoce la causa que provoca la interrupción, pero se desconoce sobre las especies forestales y características de la flora existente alrededor de las líneas de distribución eléctrica (G. Valverde, comunicación personal, 8 de mayo del 2021). En cuanto a investigaciones previas, Montoya (2012) realizó un estudio sobre la gestión de la flora bajo líneas de transmisión eléctrica como parte de su proyecto de graduación en Licenciatura en Ingeniería Forestal en el TEC, Cartago, Costa Rica. Este estudio se concentra en describir el uso y la cobertura del suelo dedicado a la servidumbre de paso bajo las torres, sin embargo, no describe indicadores crecimiento para la vegetación arbórea de estos sitios.

A principios de 2019, se llevó a cabo una investigación interna en el ICE para caracterizar la flora existente en la región Brunca. La metodología se basó en tres aspectos fundamentales: 1) agrupar las zonas geográficas según similitudes en precipitación y altitud, 2) identificar las áreas con mayor concentración de bosques y plantaciones, y 3) realizar un muestreo aleatorio para inventariar la vegetación, incluyendo especies, altura y distancia respecto a las líneas eléctricas. Estos pasos permitieron clasificar las regiones en función de la densidad de vegetación. Para ello, se establecieron cuatro zonas geográficas según la cantidad de lluvia anual y la altitud con umbrales de 4000 milímetros de lluvia anual y 800 metros de altura. El estudio concluyó que existen especies de rápido crecimiento, las cuales se desarrollan bajo las líneas de distribución eléctrica y varían en función de la precipitación y la altitud. Las especies heliófilas más comunes incluyen guarumo (*Cecropia spp*.), balso (*Ochroma pyramidale*), melina (*Gmelina arborea*) y palma africana (*Elaeis guinensis*).

El objetivo de la presente investigación es determinar la frecuencia de aparición de estas especies de rápido crecimiento al considerar las condiciones del entorno. Además, se establecerán parcelas permanentes para monitorear su tasa de crecimiento en el sector Chacarita-Rincón en Osa con el fin de desarrollar propuestas de manejo de la vegetación que contribuyan a la calidad y continuidad del suministro eléctrico. La práctica dirigida se desarrolló con la colaboración con la División de Distribución y Comercialización del ICE con el Plantel Santiago en Río Claro de Golfito como centro de operaciones para las actividades de campo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar una guía para el manejo de la vegetación bajo la red eléctrica en administración del ICE en un tramo de red que va de Chacarita a Santa Cecilia de Osa, lo cual contribuya a la disminución de averías del servicio eléctrico por contacto con árboles y ramas.

Objetivos específicos

1. Caracterizar la flora existente bajo la línea de distribución eléctrica en el tramo de red entre Chacharita y Santa Cecilia de Osa.

2. Diseñar el sistema para el monitoreo de crecimiento de la vegetación para predecir el momento de intervención al manejo de vegetación arbórea.

3. Determinar las acciones de manejo para la vegetación arbórea existente bajo la red eléctrica, de forma tal que pueda incidir en la disminución de las averías en el servicio eléctrico.

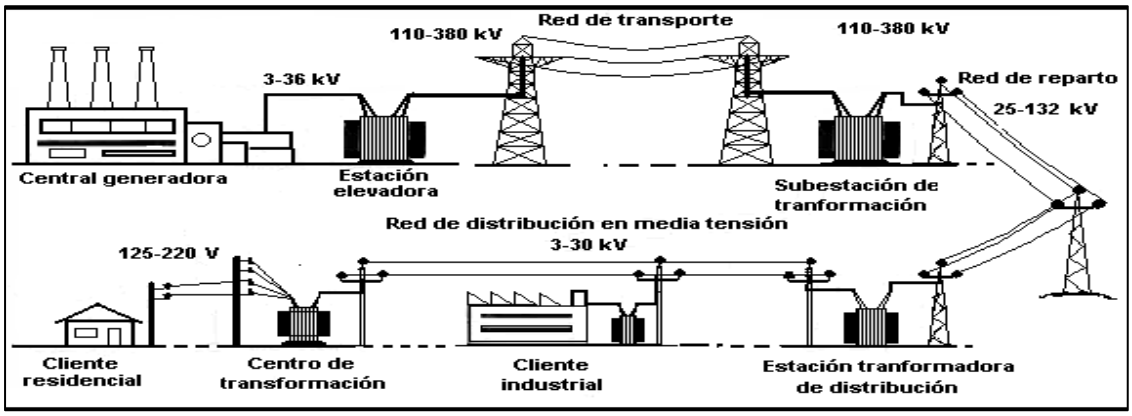
MARCO CONCEPTUAL

Topología de las redes eléctricas

La topología de las redes eléctricas se caracteriza por diversos diseños que se seleccionan según su propósito inicial. Según De la Fe (2004), las redes eléctricas forman parte de un sistema que involucra la conversión de distintas formas de energía en energía eléctrica y viceversa. En términos generales, este sistema consta de cuatro componentes esenciales: generación, transformación, transmisión y distribución (Figura 1):

Figura 1

Esquema básico de un sistema de distribución eléctrica.



Tomado de: De la Fe, 2004.

La presente investigación se enfocará en el estudio de la distribución, lo cual abarca conductores, estructuras, aislantes, equipos, etc., destinados a establecer la conexión eléctrica entre las fuentes de energía y los consumidores a través de las subestaciones de distribución sin necesidad de recurrir a líneas de transmisión. Asimismo, se debe aclarar que las fuentes de energía pueden ser diversas, tales como plantas de generación o subestaciones.

Clasificación de las redes de distribución

Las redes de distribución eléctrica se pueden clasificar de acuerdo con varios criterios: la ubicación, que puede ser aérea, subterránea o mixta; el tipo de servicio ofrecido, que incluye segmentos residenciales, industriales, comerciales, de alumbrado y combinados de éstos; la densidad de carga o el tipo de área que abastecen, como zonas rurales, urbanas o una mezcla de ambas, además de su configuración, la cual puede ser radial, anillada o una combinación de ambas (De la Fe, 2004).

A. Factores ambientales que inciden en las redes eléctricas

El ICE ha identificado un total de 47 posibles causas de averías que pueden provocar la interrupción del suministro eléctrico. De éstas, aproximadamente el 30 % de las interrupciones se atribuyen a factores ambientales, como la presencia de árboles sobre las líneas, ramas y enredaderas, la fauna local, eventos climáticos como tormentas eléctricas, fuertes vientos, lluvias, inundaciones, separados de tierra, tornados, huracanes, actividad volcánica, movimientos sísmicos e incendios. En particular, la presencia de árboles y ramas constituye aproximadamente el 25,2 % del total de averías reportadas en forma anual a los centros de atención de fallas eléctricas, lo cual lo convierte en una de las principales causas de interrupción del suministro eléctrico (G. Valverde, comunicación personal, 8 de mayo de 2021).

B. Riesgo accidente por presencia de árboles cerca de la red eléctrica

Las ramas y los troncos de los árboles tienen la capacidad de conducir la corriente eléctrica. Por ello, es importante destacar que no es necesario que el árbol esté en contacto directo con el cable, ya que la proximidad puede dar lugar a la formación de arcos eléctricos. Es fundamental tener en cuenta los posibles movimientos de los árboles o sus ramas durante los trabajos y su caída, pues estos movimientos pueden alterar las distancias de seguridad, las cuales son las distancias mínimas en las que la conducción de electricidad no es posible (De la Cruz, 2001). Asimismo, el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE, 2020.) subraya la importancia de que, al trabajar con líneas energizadas, el responsable del trabajo seleccione personal con experiencia en este tipo de tareas y garantice el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad de cincuenta centímetros cuando la tensión del sistema oscila entre uno y cincuenta y dos kilovoltios.

Características ambientales de Rincón de Osa

La zona de Península de Osa es descrita por Rosero, et al. (2002) de la siguiente manera: se localiza en la porción sur de Costa Rica y se caracteriza por ser una región de elevada pluviosidad, con un promedio anual de precipitación que varía entre 4000 y 6500 milímetros, donde no se experimenta un período seco. Los suelos predominan son los ultisoles. Las temperaturas en esta zona oscilan entre los veintinueve y treinta y dos grados centígrados. Predomina el tipo de bosque denominado muy húmedo-tropical (bmhT). Es importante destacar que la península de Osa alberga aproximadamente un tercio de todas las especies presentes en Costa Rica con una población arbórea

estimada entre 4000 y 4500 árboles, lo cual refleja una notable diversidad de ecosistemas en esta región.

Tipos de cobertura vegetal

La Asamblea Legislativa (2012) modificó la norma de la Ley Forestal N°7575 publicada en el alcance N°21 de La Gaceta N°72 del 16 de marzo de 1996. Dicha norma y su reglamento establecen algunas definiciones de cobertura vegetal:

Ecosistema boscoso: una combinación diversa de plantas y animales que, a lo largo de milenios, ha alcanzado un equilibrio que, si no se ve interrumpido, persistirá indefinidamente y experimentará cambios muy lentos con el tiempo.

Bosque: un ecosistema nativo o autóctono que puede haber sido modificado o no y se regenera en forma natural o mediante técnicas forestales. Suele ocupar un área de dos hectáreas o más y se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes edades, especies y tamaños.

Sistema agroforestal: combinación planificada de especies forestales y cultivos agrícolas en un mismo lugar y período con el objetivo de garantizar la sostenibilidad del sistema.

Terrenos de uso agropecuario sin bosque: áreas de tierra privada donde no se practica un sistema agroforestal y pueden tener una cantidad limitada de árboles, generalmente menos de dos hectáreas. Esto también incluye árboles en áreas urbanas.

Área silvestre protegida: espacio designado por el Poder Ejecutivo con el propósito de conservar y resguardar su valor, tomando en cuenta aspectos geográficos, biológicos, sociales y económicos que justifican su importancia para el interés público.

De la misma manera, Vargas (1992) menciona otras coberturas producidas, entre las cuales se evidencian cultivos permanentes, cultivos anuales y semipermanentes, sucesión vegetal, pantanos y manglares.

El término cultivos permanentes se refiere a los cultivos de plantación a largo plazo destinados a la exportación, los cuales se cultivan en grandes propiedades propiedad de empresas nacionales o multinacionales. Entre estos cultivos, se destacan café, cacao, cítricos, plátano y palma africana, y

suelen encontrarse en las regiones bajas, cálidas y húmedas a lo largo de ambos lados del país (Vargas, 1992).

Los cultivos anuales abarcan las superficies dedicadas al cultivo de plantas que completan su ciclo de crecimiento y se cosechan en un período de un año o incluso en un plazo aún más breve, a veces en tan solo unos pocos meses. La característica esencial de estos cultivos es que, tras la recolección, es imprescindible sembrar nuevamente para mantener la producción en curso (CENIGA, 2020).

La sucesión vegetal hace referencia a terrenos que han sido dejados en desuso y donde se inicia el proceso natural de desarrollo de la vegetación. Este proceso incluye desde la formación de áreas herbáceas o charral, continúa con la aparición de arbustos o matorrales y culmina con la formación de praderas o llanuras abiertas (Vargas, 1992).

Los pantanos y manglares son dos tipos de ecosistemas que están adaptados a ambientes acuáticos. Los pantanos pueden encontrarse en diferentes ubicaciones, desde tierras bajas hasta zonas montañosas. Los manglares son bosques costeros que crecen en zonas intermareales, donde se encuentran tierra y agua salada. Ambos pantanos y manglares son ecosistemas críticos para la salud de los ambientes costeros y desempeñan una función trascendental en la conservación de la biodiversidad y en la mitigación de los impactos de eventos climáticos extremos en las áreas costeras (Moreno e Infante, 2016).

Gremios ecológicos

La literatura define tres gremios ecológicos que permiten reconocer y agrupar especies que poseen características biológicas y ecológicas similares: heliófitas efímeras, heliófitas durables y esciófitas (Gallegos et al., 2008). Las heliófitas efímeras son intolerantes a la sombra, de rápido crecimiento en buenas condiciones de luz y de corta vida, las cuales se establecen en áreas abiertas del bosque o sitios agrícolas en abandono. Las heliófilas durables son intolerantes a sombra, de larga vida y se establecen en espacios que dejan algunos árboles al caer. Por último, las esciófitas son plantas muy tolerantes a la sombra, de lento crecimiento y de larga vida.

Tasa teórica de crecimiento para algunas especies estudiadas

La tasa de crecimiento de la vegetación se puede medir utilizando el incremento medio anual (IMA) en metros por año (Arispe, 2021). Las variables más utilizadas son volumen, área basal,

diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura. Es así como Rojas, et al. (2004) establecen un IMA de 2,48 metros por año para melina (*Gmelina arborea*). De la misma forma, Quito y Moreno (2010) establecen un promedio de crecimiento de 2,25 metros por año para la familia de las *Cecropia*, además de 1,09 metros por año como promedio general para todos los árboles analizados en sus ensayos. Mientras tanto, para especies pioneras, se establece que tienen un crecimiento promedio de 1,27 metros por año.

En condiciones óptimas, la especie denominada balsa puede experimentar los siguientes crecimientos: alcanza los 2 metros de altura y 11 centímetros de diámetro durante su primer año, aumenta a 5 metros de altura y 15 centímetros de diámetro en el segundo año. Luego, llega a los 7 metros de altura y 20 centímetros de diámetro en el tercer año, y así sucesivamente. A los 15 años, esta especie puede llegar a medir aproximadamente 19 metros de altura y tener un diámetro de alrededor de 65 centímetros (Directorio Forestal Maderero, 2018).

Inventarios forestales

Según Orozco y Bruner (2002), un inventario forestal se define como un procedimiento empleado para estimar los recursos leñosos, en especial, aquellos destinados al comercio de madera, presentes en un área boscosa. En este mismo contexto, los autores señalan que existen distintos tipos de inventarios forestales. Por un lado, están los inventarios exploratorios, los cuales recopilan información básica para la evaluación y el seguimiento de un bosque, y se llevan a cabo con intensidades de muestreo inferiores al 2 %.

Por otro lado, se encuentran los inventarios diseñados para la gestión de bosques naturales, los cuales establecen directrices para la administración sostenible de los recursos forestales a medio y largo plazo. Asimismo, existen inventarios destinados al aprovechamiento forestal y a la gestión de plantaciones, y permiten hacer proyecciones sobre los rendimientos que se pueden obtener de un bosque específico (Orozco y Bruner, 2002).

Considerando lo anterior, el Centro Agronómico Tropical de la Investigación y Enseñanza (CATIE, 2002) evidencia que los inventarios buscan obtener información del estado silvicultural del bosque y los rendimientos que se pueden obtener con el aprovechamiento de los recursos. Asimismo, permiten definir los métodos de manejo para alcanzar los objetivos de producción del bosque. Para estudios descriptivos del comportamiento del bosque a largo plazo, se puede ensayar el establecimiento de parcelas de muestreo permanente (PPM). Estas parcelas se pueden distribuir en

forma aleatoria o sistemática, lo cual va en función de las diferentes divisiones del bosque por tipo de vegetación, suelos, topografía y manejo.

De la misma forma, el CATIE (2002) plantea que, en la gestión de los bosques, resulta fundamental contar con un sistema que permita prever el crecimiento de los árboles o del bosque en función de las prácticas aplicadas. Para obtener estimaciones precisas de este crecimiento, se emplea un sistema de inventarios continuos que involucra parcelas permanentes de muestreo (PPM). No obstante, también es posible considerar la utilización de parcelas temporales o una combinación de ambas.

Este enfoque para estimar el crecimiento y los rendimientos futuros posibilita la evaluación de las intervenciones realizadas en el bosque y genera información esencial para valorar tanto la sostenibilidad ecológica como la viabilidad financiera de la actividad forestal. En última instancia, dicha información respalda la demostración del manejo sostenible de los bosques naturales (CATIE, 2002).

Métodos de muestreo

Existen varias técnicas de muestreo, como aleatorio simple, estratificado, conglomerado y sistemático. En este contexto, Carvajal y Calvo (2013) explican que, en el muestreo aleatorio simple, las unidades de la muestra tienen igual probabilidad de selección y son independientes entre sí. Esta técnica se emplea, tanto en poblaciones finitas, como infinitas y se utiliza comúnmente en estadística inferencial (Carvajal y Calvo, 2013).

La muestra se determina utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{(t_{\alpha/2,gl})^2 * (CV\%)^2}{(e\%)^2}$$

n = tamaño de la muestra

$t_{\alpha/2,gl}{}^2$= distribución normal a nivel de confianza

CV%= coeficiente de variación

e%^{2}= error de muestreo máximo esperado

De acuerdo con Carvajal y Calvo (2013), el muestreo aleatorio estratificado separa la población en estratos, por ejemplo, por tipo de cobertura vegetal manteniendo la proporción de las

partes. Asimismo, Carvajal y Calvo (2013) señalan que, en el muestreo sistemático, se establece previamente el número total de posibles muestras en la población. La selección de la primera muestra se realiza en forma aleatoria, y las muestras subsiguientes se determinan agregando un valor constante para encontrar la posterior muestra.

Aspectos legales por considerar

En el artículo 38 de la Ley General de Caminos, N°5060, publicada en La Gaceta N°146 del 3 de agosto de 1988, se establece que las instituciones autónomas, semiautónomas, municipalidades y similares, las cuales poseen personalidad jurídica pública, tienen la autorización para transferir, sin ningún costo, las franjas de tierra de su propiedad necesarias para establecer derechos de paso de caminos públicos. Asimismo, tienen el derecho de conceder, sin ningún tipo de pago, servidumbres en sus terrenos y permitir la extracción de materiales necesarios para proyectos de servicio público, como canteras y sitios de extracción de grava. Además, tienen la facultad de otorgar permisos para la instalación de infraestructuras públicas, como tuberías para agua, oleoductos, líneas eléctricas, sistemas de comunicación telegráfica o telefónica, y otras obras de servicio público (Asamblea Legislativa, 2012).

De igual manera, Bonilla (2000) hace referencia al artículo 403 del Código Civil (Ley N° 63) al mencionar que no se permite la siembra de árboles próximos a la propiedad de otra persona, a menos de que se mantenga un espacio de cinco metros desde la línea de demarcación en el caso de árboles de gran envergadura, o bien, de dos metros en el caso de arbustos o árboles de menor tamaño.

La Asamblea Legislativa (1887), en el artículo 404 del Código Civil, establece que, si las ramas de algunos árboles se expanden sobre la propiedad, jardines o patios de vecinos, el propietario de estas áreas tendrá el derecho de exigir su poda en cuanto se extiendan sobre sus terrenos. Mientras tanto, si son las raíces de los árboles vecinos las que se introducen en el suelo de otro, el propietario de ese suelo podrá cortarlas dentro de su propiedad.

Por su parte, la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP, 2015), en el artículo 8 de la norma de ARESEP AR-NT-SUCOM, establece que la empresa eléctrica está legalmente obligada a supervisar y coordinar las tareas necesarias para eliminar los obstáculos que puedan afectar las líneas eléctricas aéreas. Lo anterior se hace con el propósito de asegurar que no se vea comprometida la calidad, continuidad y cantidad del suministro eléctrico.

Para finalizar este apartado, es importante mencionar a la Asamblea Legislativa (1996), donde se expone la Ley Forestal N° 7575, en la cual se plasma que algunas actividades que se pueden realizar en terrenos cubiertos de bosque son las siguientes:

a) Llevar a cabo proyectos de infraestructura, estatales o privados, de conveniencia nacional.
b) Las plantaciones forestales, incluidos los sistemas agroforestales y los árboles plantados individualmente y sus productos, no requerirán permiso de corta, transporte, industrialización ni exportación.

MARCO METODOLÓGICO

Sitio de estudio

El estudio se desarrolló en una sección de 11,69 kilómetros de red de distribución eléctrica que se ubica entre Chacarita y Santa Cecilia de Piedras Blancas de Osa, Puntarenas. Se inicia en la coordenada CRTM05 582165 E y 972928 N y concluye en la coordenada CRTM05 575842 E y 967917 N.

Definición del área de muestreo

Utilizando un GPS marca Garmin, serie Montana con un EPE menor a 3 metros, se georreferenció toda la sección de red eléctrica ubicada entre los poblados de Chacarita y Santa Cecilia, Piedras Blancas, Osa, Puntarenas, la cual es una distancia de 11,69 kilómetros, además de que se georreferenció el camino de acceso definido como ruta nacional N°245. Este tramo de la red se indica como área de estudio (figura 2). A la línea eléctrica, se le definió un derecho de paso de 10 metros de ancho a lo largo de la sección estudiada, la proyección de la red eléctrica sobre el camino se estableció como área no ocupada por vegetación.

Figura 2.

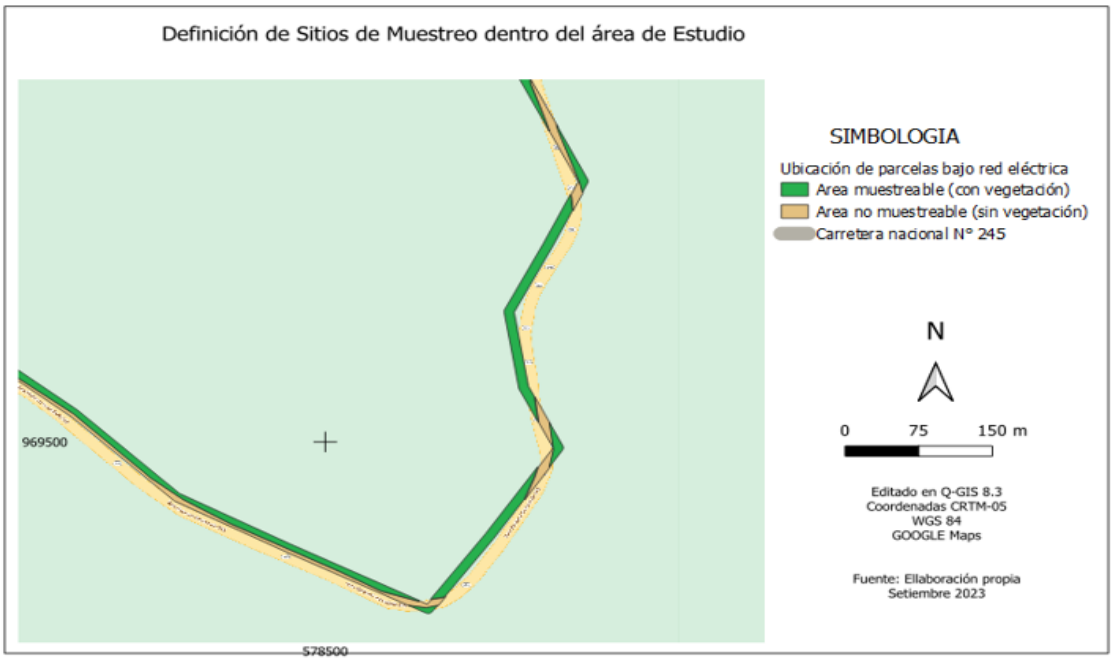
Ubicación geográfica del sitio de estudio.

Tomado de: Google Maps, 2023

Esta definición de áreas se establece usando Quantum GIS 2.1.8. Se combinaron ambos polígonos y se establecieron las secciones de red ubicadas fuera de la calzada sobre vegetación, la cual representaría el área por muestrear (figura 3). Se descartan los sitios en donde la red eléctrica pasa encima de la carretera, ya que no hay vegetación. Tomando en cuenta que el área de proyección a servidumbre de paso es de 10 metros de ancho, se estimó un área efectiva de 8,96 hectáreas en donde la red eléctrica discurre sobre la vegetación de interés.

Figura 3.

Zonas de muestreo de vegetación bajo la red eléctrica.



Tomado de: Google Maps, 2023

Unidades de muestreo

Se define un tamaño de parcela de 10 metros de ancho por 30 metros de largo, localizándose cada parcela debajo de la red eléctrica y en los sitios donde hay vegetación. La primera parcela se ubicó de manera aleatoria, ubicando las demás de manera sistemática cada 1,5 kilómetros. Si el sitio donde se localizaba no se podía establecer, la parcela se movía hacia atrás o hacia adelante hasta que el cuadrante de 10 por 30 metros estuviera completo. Por tanto, se establecieron seis parcelas de medición. Teniendo en cuenta el Decreto Ejecutivo No. 34433-MINAE, el cual establece los estándares de sostenibilidad para el manejo de bosques naturales, incluyendo principios, criterios e indicadores, así como el código de prácticas y el manual de procedimientos (SINAC, 2008), se

determinó que se puede aceptar un margen de error del 20 % en el muestreo. Por consiguiente, para este estudio, se seleccionó una intensidad de muestreo del 20 %, basándose en el tamaño de la parcela de 0,03 hectáreas y teniendo en cuenta un error de muestreo estimado del 11,44 %.

Inventario de la vegetación bajo la línea de distribución

En cada parcela, se tomó información dasométrica como especie, altura y diámetro a la altura del pecho (1,3 metros de altura) de todos los árboles a partir de un DAP de 5 centímetros. Para recolectar la información de campo, se diseñó un formulario anexado en el apéndice 1, usando un formulario por cada parcela establecida. Cada registro tiene información sobre número de parcela, fecha, ubicación en coordenadas CRTM05 y responsable del levantamiento, así como la información dasométrica descrita. Para esta actividad, se necesitaron instrumentos como pértiga calibrada en metros para medir altura, cinta diamétrica, GPS de alta penetración marca Garmin y libretas de campo. En cada parcela, se describió la cobertura circundante (bosque, cultivos, plantaciones, bosque secundario, así como la altura promedio de la red eléctrica) (apéndice 1).

Establecimiento de parcelas permanentes

Cada una de las parcelas fue marcada en las esquinas con balizas pintadas y un rótulo indicando el número de parcela que facilita su referencia y localización.

Se diseñaron formularios específicos (ver Apéndice 1) para estandarizar y documentar las mediciones de campo. Estos formularios contienen secciones para ingresar la altura de los árboles en metros, el diámetro en centímetros y cualquier otra información relevante para el estudio.

Se estableció un programa de mediciones periódicas, con una frecuencia de cada seis meses, para capturar variaciones estacionales y cambios a lo largo del tiempo. La periodicidad semestral garantiza la obtención de datos representativos y una comprensión más completa de la dinámica del crecimiento de los árboles. Se contempla realizar análisis estadísticos de los datos recopilados para identificar tendencias, patrones y cambios significativos en la biomasa arbórea.

La responsabilidad de realizar las mediciones de campo será llevada a cabo de manera continua por la empresa encargada del estudio. Esto asegura la consistencia en la recopilación de datos a lo largo del tiempo y facilita el seguimiento a largo plazo de los cambios en las parcelas.

Procesamiento y análisis de la información

La información del muestreo se digitalizó y se analizó utilizando Excel. Además, se determinó la frecuencia y abundancia de las especies encontradas y su clasificación en gremios ecológicos. Se contempla realizar análisis estadísticos de los datos recopilados para identificar tendencias, patrones y cambios significativos en la biomasa arbórea.

Propuesta de la guía

En campo, se midió la distancia promedio de la altura de la red eléctrica sobre el punto de muestreo para conocer la distancia existente entre la vegetación y la red. Se utilizan valores promedio de crecimiento de la vegetación y valores específicos para algunas especies con el propósito de predecir el momento cuando se puede producir la avería. Usando el formulario del apéndice 1, se anotó la observación de la cobertura vegetal circundante al punto de muestreo, ya sean pastos, bosque o plantaciones forestales y cultivos agrícolas. Con base en los datos recolectados, se ha llevado a cabo una minuciosa síntesis que es fundamental como punto de partida para la concepción de una propuesta integral de gestión de la vegetación. La formulación de dicha propuesta ha sido meticulosa, considerando no solo los aspectos técnicos relevantes, sino también las implicaciones legales inherentes al manejo de la vegetación asociado con el mantenimiento de la red de distribución eléctrica

Esta propuesta inicial representa un enfoque dinámico y adaptable, sujeto a ajustes continuos a medida que se acumulen más datos sobre el crecimiento de la vegetación. La obtención de información adicional se llevará a cabo mediante mediciones precisas en las parcelas permanentes designadas para el estudio. Estas mediciones no solo enriquecerán la base de datos existente, sino que también permitirán una evaluación más precisa y detallada de la dinámica del crecimiento vegetal.

La fundamentación de la propuesta se ha nutrido no solo de los datos recolectados en el terreno, sino también de la exhaustiva revisión de la literatura especializada. La inclusión de esta información proveniente de fuentes diversas garantiza un enfoque integral que aborda no solo los aspectos prácticos y empíricos, sino también las mejores prácticas y conocimientos teóricos asociados.

En virtud de la complejidad en la gestión de la vegetación, la propuesta se ha diseñado con el objetivo de ser flexible y adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno. La retroalimentación continua proveniente de las mediciones en las parcelas permanentes será esencial para refinar y ajustar las estrategias propuestas, asegurando así una gestión efectiva y sostenible de la vegetación en el largo plazo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ubicación de parcelas

La primera parcela se ubicó en forma aleatoria, mientras las parcelas subsiguientes se ubicaron a aproximadamente 1,5 kilómetros de distancia de la anterior. En caso de que el sitio seleccionado no cumpliera con el tamaño requerido, se buscó una nueva ubicación, tanto hacia adelante, como hacia atrás hasta lograr una parcela de 30 x 100 metros que cubriera la vegetación bajo la red eléctrica. Es importante señalar que la red eléctrica atraviesa en algunos tramos el área de la carretera pública.

En el cuadro 1, se registra la cantidad de árboles y arbustos con diámetros superiores a 5 centímetros encontrados en cada parcela. La parcela con menos árboles muestreados se consigna como número cuatro, mientras que la parcela con mayor cantidad de árboles encontrados se identifica en el número seis. En promedio, cada parcela reporta la presencia de aproximadamente 13 árboles con un diámetro mayor a 5 centímetros.

Cuadro 1.

Ubicación geográfica de las unidades de muestreo y número de árboles por parcela.

Parcela	Ubicación CRTM05		Número de árboles*	Parcela permanente
	Longitud	Latitud		
1	575625	967809	14	No
2	581574	970737	12	Sí
3	580244	969864	13	Sí
4	576972	967730	11	Sí
5	576859	967658	14	Sí
6	576242	967570	15	Sí

Tomado de: Apéndice 2.

En la Cuadro 2, se evidencian los datos estadísticos para comprobar el error de muestreo inferior al 20 %.

Cuadro 2

Estadísticos para el número de árboles en el área inventariada.

Promedio	Varianza	t-Student	Desviación estándar	Coeficiente de variación	Error estándar	% de error
13,17	2,17	2,5705818	1,47	0,59	1,51	11,44

Tomado de: Elaboración propia del investigador para efectos del presente trabajo investigativo.

En los 11,69 kilómetros de red, se determinó que había 8,97 kilómetros con vegetación creciendo bajo la red, mientras el área restante estaba sobre la carretera.

Caracterización de la flora existente

En el cuadro 3, se presenta el porcentaje de cada especie con respecto al total de especies identificadas en el inventario. Durante el muestreo, se logró identificar un total de 19 especies, tanto arbustivas, como arbóreas. Sin embargo, solo cinco de estas especies se encontraron en más de una parcela, las cuales son *Ocrhroma pyramidale, Conostegia sp., Vernonia patens, Cedrella odorata y Piper sp*. En conjunto, éstas representan aproximadamente el 33 % del total de especies muestreadas.

Las especies con mayor abundancia son *Ochroma pyramidale* (29,1%), *Gmelina arborea* (16,5 %), *Ficus insipida* (7,6 %) y *Gynerium sagittatum, Vernonia patens* y *Ficus luschnathiana* (5,1 %) del total de individuos muestreados. Es importante destacar que *O. pyramidale* pertenece al grupo de árboles de crecimiento extremadamente rápido a nivel mundial y tiene una alta demanda de luz para su desarrollo. Ello explica su presencia común en áreas abiertas dentro del bosque secundario, en los bordes de las carreteras o en cercanía a arroyos (Serna Mosquera, et al., 2020). Del mismo modo, las demás especies mencionadas son heliófilas, lo cual implica que tienen una afinidad por colonizar espacios abiertos cuando se les proporciona una cantidad significativa de luz solar.

Cuadro 3

Datos estadísticos para el número de árboles en el área inventariada.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CANTIDAD (%)	ÁREA BASAL (%)
Balso	*Ochroma pyramidale*	29,1 %	22,0 %
Melina	*Gmelina arborea*	16,5 %	23,5 %
Chilamate	*Ficus insipida*	7,6 %	7,6 %
Caña brava	*Gynerium sagittatum*	7,6 %	0,0 %
Higuerón	*Ficus luschnathiana*	7,6 %	8,0 %
Tuete	*Vernonia patens*	7,6 %	4,2 %
Constegia	*Conostegia sp*	7,6 %	3,0 %
Guarumo	*Cecropia peltata*	7,6 %	7,6 %
Achiotillo	*Vismia ferruginea*	7,6 %	3,8 %
Casearia	*Casearia sp*	7,6 %	8,7 %
Palo de agua	*Pachira acuatica*	7,6 %	2,7 %
Piperacea	*Piper amalago*	7,6 %	0,8 %
Cedro amargo	*Cedrella odorata*	7,6 %	0,4 %
Jiñocuabe	*Bursera simaruba*	7,6 %	3,0 %
Jacarandá	*Jacaranda copaia*	7,6 %	1,9 %
Gavilana	*Neurolaena lobata*	7,6 %	1,1 %
Llama del bosque	*Spathodea campanulata*	7,6 %	1,1 %
Madero negro	*Gliricidia sepium*	7,6 %	0,4 %
Amarillón	*Terminalia amazonia*	7,6 %	0,1 %

Tomado de: Apéndice 2.

Cobertura del suelo aledaño a las parcelas

De las seis parcelas examinadas, cinco de ellas están rodeadas de vegetación boscosa, mientras que únicamente la parcela 1 se encuentra en proximidad a un área de potrero, destacando la presencia significativa de árboles de melina en esta zona. Por consiguiente, se decidió seleccionar solo las cinco unidades para llevar a cabo las mediciones periódicas por parte de la empresa.

La decisión de descartar la parcela 1 se basa en la discrepancia existente al comparar los resultados de cobertura vegetal. Según Hernández (2012), dada su singularidad y la falta de un punto de referencia adecuado, los datos de esta parcela podrían llevar a subestimar o sobreestimar los resultados. En situaciones donde se presentan fluctuaciones significativas, se recomienda considerar la posibilidad de cambiar la muestra o como en este caso, eliminarla.

A partir de lo expuesto con anterioridad, es posible inferir que podría estar ocurriendo lo que Bordino (2021) describe como el "efecto de borde", el cual se refiere a la interrupción de la continuidad de ecosistemas que solían ser contiguos debido a factores como construcción de carreteras, urbanización o incendios forestales. Dado que se trata de un camino público que atraviesa áreas boscosas y también alberga una red eléctrica, es plausible que los espacios abiertos se vean influenciados por la dinámica del bosque circundante.

Establecimiento de parcelas permanentes

El crecimiento de un árbol es influenciado por una variedad de factores. No se limita únicamente a la edad y la calidad del lugar donde crece, sino que también incluye variables como las características genéticas del individuo y los tratamientos silvícolas aplicados, entre otros aspectos (Méndez, 2005). La creación de parcelas permanentes de muestreo ofrece al ICE la oportunidad de realizar mediciones periódicas de la vegetación, lo cual permite la evaluación de los cambios en la altura y en el diámetro de las especies muestreadas a través de modelos de crecimiento. Al crear estas parcelas y realizar las primeras mediciones, se establece una línea de referencia que permite estimar el crecimiento promedio anual de las especies de interés.

De las seis parcelas inicialmente medidas, se excluye la primera parcela, y se han demarcado en campo las cinco restantes. Cada parcela ha sido marcada con balizas pintadas en cada una de sus esquinas, junto con una etiqueta que indica su número correspondiente. Para las mediciones futuras, se sugiere seguir utilizando el formulario de campo que se encuentra en el apéndice 1.

Cercanía de la vegetación a la red

En este contexto, se destaca que la altura máxima de la vegetación se registra en las parcelas 2, 3, 5 y 6, llegando a alcanzar hasta ocho metros. La mayoría de las individuos que logran esta altura pertenecen a *O. pyramidale*, la cual es una variedad reconocida por su rápido crecimiento, tal como se ha documentado en Herrera, R. (2023) y en el estudio de Serna Mosquera, et al. (2020). Según estas fuentes, dicha especie puede crecer rápidamente y llegar a alcanzar alturas de 30 metros y un diámetro

de 70 centímetros en tan solo 5 a 6 años. Cabe señalar que esta especie es de particular interés debido a su influencia en la red eléctrica y su necesidad de control.

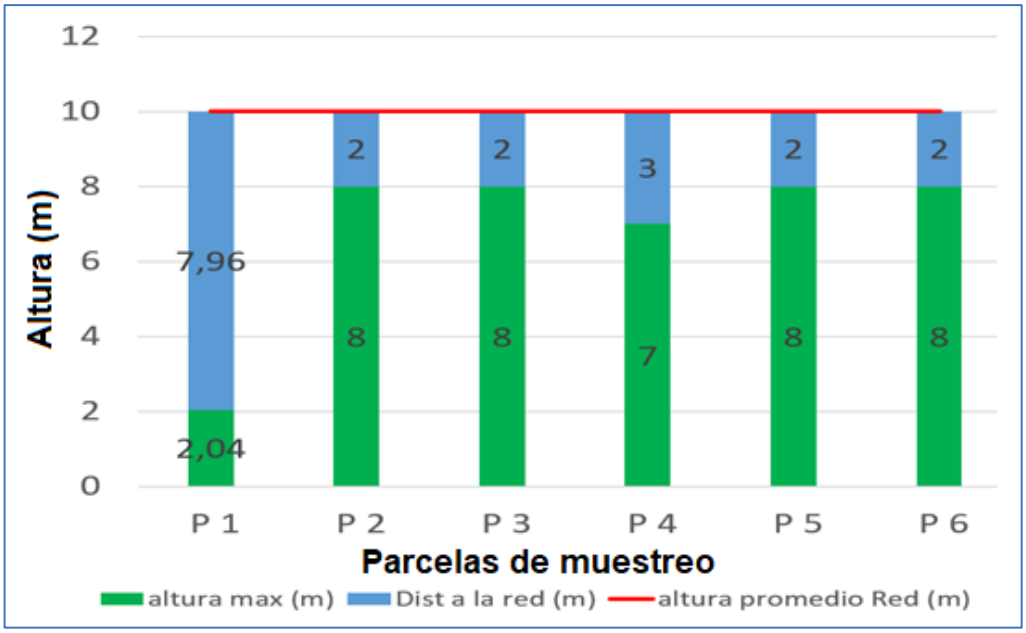
Por otra parte, la vegetación más cercana a la red eléctrica se encontró en las parcelas 2, 3 y 6 con distancias que oscilan entre uno y dos metros desde el ápice al cableado. Además, se ilustra la relación de la altura promedio de la vegetación con la altura promedio de la red electrica, en donde se puede tener un riesgo de contacto de la vegetación.

De acuerdo con Hincapié (2016), la distribución de puntos calientes representan áreas con una alta densidad de vegetación y funcionan como indicadores de áreas problemáticas que requieren medidas de contingencia. Estos puntos suelen ser una causa común de fallas en el sistema eléctrico, lo cual subraya la importancia de monitorearlos para una respuesta rápida ante emergencias y una mejora en la ejecución del mantenimiento preventivo. Asimismo, esta información proporciona una visión anticipada de las áreas que podrían experimentar un alto impacto por la vegetación en un futuro próximo, lo que amplía la capacidad de respuesta.

La figura 4 establece la altura promedio de la red en 10 metros y compara la altura máxima de la vegetación que se documentó en cada parcela muestreada. De esta manera se calcula la distancia que hay entre estas dos alturas.

Figura 4

Relación de la altura de la vegetación con respecto a la altura de la red eléctrica.



Tomado de: Elaboración propia del investigador para efectos del presente trabajo investigativo.

Si se utiliza el valor dado por Quito y Moreno (2010) de 1,27 metros de crecimiento anual para especies heliófilas, se puede predecir el momento cuando la vegetación que está creciendo actualmente bajo la red eléctrica alcance la altura promedio en donde se ubican los cables eléctricos, la cual se definió en 10 metros de altura. Para la parcela uno, se estima que llevaría aproximadamente seis años alcanzar esta altura (ver figura 4). En el caso de la parcela cuatro, se requerirían alrededor de 2,36 años, mientras que, para las parcelas dos, tres y seis, la vegetación entraría en contacto con la red en aproximadamente 1,5 años. Estas proyecciones de crecimiento indican que no toda la sección de la red analizada en este estudio tendrá contacto con la vegetación en el mismo período de tiempo, lo cual hace necesario que se realicen monitoreos periódicos constantes para planificar el manejo de la vegetación.

Del mismo modo, se observa que algunas especies presentan tasas de crecimiento más elevadas en las parcelas estudiadas, siendo *O. pyramidale* una de las especies más comunes en la zona de investigación. Esta especie podría considerarse como un indicador útil para determinar los momentos adecuados para la intervención. De acuerdo con los valores de crecimiento establecidos para *O. pyramidale* en la revista Forestal Maderero (2018), que indican un crecimiento de 11,30 metros de altura en tan solo 5 años, se anticipa que la vegetación en las parcelas dos, tres y seis estará muy cerca

de alcanzar la línea eléctrica en menos de un año. Lo anterior resalta la importancia de monitorear y gestionar activamente la vegetación en estas áreas para evitar problemas en la red eléctrica.

La gestión de la vegetación no solo permite mejorar la eficiencia de los programas de mantenimiento y la operación de los activos, sino que también contribuye a optimizar la productividad y la rentabilidad de las empresas (Méndez, 2005). Además, es fundamental considerar otros factores críticos que afectan la gestión adecuada de la vegetación en las redes, particularmente los aspectos legales relacionados con la ejecución de actividades técnicas.

En ese sentido, el Código Civil establece regulaciones sobre las distancias que deben mantenerse libres de vegetación perenne de gran altura, la cual es medida desde los límites de propiedad. Por otro lado, la Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica (1996) establece los requisitos que deben cumplirse en caso de que sea necesaria una autorización para la tala de esa vegetación que se requiere eliminar.

A continuación, se presenta una propuesta de gestión de la vegetación que integra aspectos legales, técnicos y administrativos para garantizar un manejo adecuado.

Elaboración de la guía metodológica

Durante el proceso de análisis, se han identificado varios aspectos que deben ser considerados en la guía de manejo de la vegetación:

1. Riesgo de avería debido al crecimiento de la vegetación circundante y bajo la red eléctrica en un rango de cinco metros a ambos lados de ésta.
2. Presencia de árboles de rápido crecimiento bajo la red eléctrica, como *O. pyramidale* y *G. arborea.*
3. Árboles ubicados fuera del derecho de vía en fincas privadas o propiedad del Estado. Aproximadamente, el 80 % de las parcelas se encuentran en el derecho de vía y adyacentes a áreas boscosas.
4. Consideraciones legales y jurídicas que regulan el manejo de la vegetación en Costa Rica.

Estos aspectos deben ser tomados en cuenta al desarrollar una guía de manejo de la vegetación para garantizar la seguridad y el buen funcionamiento de la red eléctrica.

Distancias mínimas de la vegetación a la red

Según la norma de la ARESEP (2015), se establece una distancia de seguridad de 3 metros entre cualquier objeto y la red de distribución eléctrica para garantizar su operación segura. Esta distancia mínima es aplicable a la vegetación con respecto a los conductores eléctricos en el sitio evaluado.

Dado que la red eléctrica analizada se encuentra a una altura promedio de 10 metros, la vegetación creciente bajo la red no debe superar los siete metros de altura. Las ramas de los árboles cercanos a la franja de servidumbre de 10 metros no deben acercarse a menos de tres metros de distancia a la red eléctrica (Balmaceda, 2010).

Manejo de árboles de rápido crecimiento dentro de la franja de servidumbre

Es fundamental implementar un sistema de monitoreo del crecimiento de la vegetación a través de la utilización de especies indicadoras (Balmaceda, 2010). Para este estudio en particular, se sugiere emplear como indicadores al *O. pyramidale*, con un promedio de crecimiento anual de 2,6 metros (Forestal Maderero, 2018), y al *G. arborea* con un valor de 4,6 metros por año (ONF, 2015). En situaciones donde no estén presentes dichas especies, se puede considerar un crecimiento anual promedio de la vegetación de 1,27 metros (Quito y Moreno, 2010). De esta manera, se puede estimar el tiempo máximo en el que la vegetación puede ser gestionada sin correr el riesgo de averías eléctricas (cuadro 4).

El cuadro 4 presenta los valores teóricos de crecimiento para las dos especies indicadoras propuestas, así como un valor promedio para las demás especies. Estos valores preliminares permiten al ICE acercarse a la elaboración de planes de intervención de la vegetación con intervalos de tiempo ajustados, teniendo en cuenta que el tiempo estimado varía al modificar la altura del conductor respecto del suelo.

Cuadro 4

Tiempos máximos estimados para manejar vegetación bajo la red.

Especie Indicadora	**Tasa teórica de crecimiento anual (m/Año)**	**Tiempo máximo estimado para llegar a 7 metros (años)**
O. pyramidae (balso)	2,6 Forestal Maderero (2018)	2 años 8,3 meses
G. arborea (melina)	4,6 ONF (2015)	1 año 6,3 meses
Heliofitas (otras)	1,27 Quito y Moreno (2010)	5 años 6,1 meses

Tomado de: Elaboración propia del investigador para efectos del presente trabajo investigativo.

Es esencial eliminar toda la vegetación leñosa presente bajo la servidumbre (10 metros) y fomentar el establecimiento de especies rastreras como gramíneas y bejucos. Dado que no hay acceso a la luz solar a nivel del suelo, esto inhibirá el crecimiento de ciertas plantas leñosas. La poda de las plantas leñosas bajo la red puede llevarse a cabo mediante métodos mecánicos o manuales dependiendo de los recursos disponibles para la empresa (Balmaceda, 2010).

Arboles establecidos fuera del área de servidumbre de la red

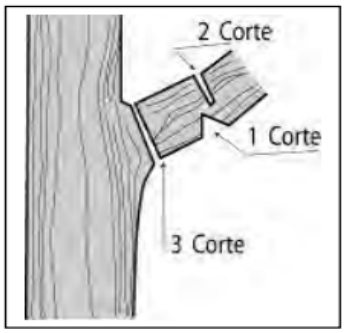
Por lo general, los árboles tienden a acercarse a la red eléctrica debido al crecimiento de sus ramas. La primera medida por considerar es la poda técnica de las ramas que se dirigen hacia la red eléctrica (Hincapié, 2016). Para llevar a cabo esta acción, existen diversas técnicas disponibles, las cuales van, desde el escalado manual utilizando cuerdas, hasta el uso de grúas (CNFL, 2013). La elección de la técnica dependerá de los recursos disponibles por parte de la empresa eléctrica. Para llevar a cabo una poda efectiva, es necesario seguir una serie de pasos sencillos detallados en la figura 5:

Figura 5

Pasos para realizar una correcta poda de ramas.

En árboles grandes que presentan ramas muy largas, se deben realizar varios cortes para evitar daños en el fuste por el desgarre del tejido. Para esto, se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Ubicar arruga y collar de la rama.
- Trazar una línea imaginaria entre ellos.
- Aproximadamente a unos 40 cm del corte final se hace el primer corte que consiste en una pequeña hendidura por debajo de la rama.
- Por encima de esa hendidura desplazada en forma distal unos 5 cm se realiza el segundo corte de la rama.
- El tercer corte o corte final empieza justamente afuera de la cresta de la corteza de la rama y baja en ángulo hasta el collar de la rama. El plano del corte es ligeramente inclinado respecto al tronco y el ángulo es simétrico al que forma la arruga con la corteza.
- Cuando sea necesario se pueden utilizar cuerdas para bajar las ramas de manera controlada y no ocasionar daños a las infraestructuras aledañas.



Tomado de: CNFL, 2013.

Cuando los árboles están inclinados hacia la red eléctrica, es necesario evaluar la posibilidad de una corta total para reducir el riesgo de daños. Para tomar esta decisión, se deben considerar los siguientes factores:

1. La ubicación del árbol en relación con la propiedad, determinando si es de carácter público o privado.

2. La identificación taxonómica del árbol con el fin de verificar si existen restricciones legales para su tala.

3. La evaluación de la posibilidad de anclar el árbol con cables de acero para desviar su dirección en caso de una caída potencial.

Lo anteriores son aspectos claves al tomar decisiones sobre la gestión de árboles inclinados hacia la red eléctrica.

Marco jurídico

La poda de árboles en Costa Rica no está regulada por ley, sin embargo, es importante seguir técnicas adecuadas para llevarla a cabo de manera segura y efectiva. Cuando se trata de eliminar vegetación bajo la red eléctrica, es esencial tener en cuenta el artículo 3 de la Ley Forestal 7575 de Costa Rica, el cual define a un árbol como cualquier tronco leñoso con un diámetro mayor a 15 centímetros medido a la altura del pecho (1,3 metros). Durante los programas de mantenimiento de

servidumbre o derechos de paso, además de controlar la altura de los árboles, se debe asegurar que no superen los 15 centímetros de diámetro.

Si se necesitan eliminar árboles que tengan un diámetro mayor a 15 centímetros, es necesario llevar a cabo un proceso de obtención de un permiso de corta, el cual es emitido por el SINAC en Costa Rica. Los requisitos para obtener este permiso se detallan en el Decreto N°38863-MINAE, el cual establece condiciones y procedimientos que deben seguirse para obtener la autorización necesaria. Cumplir con estos requisitos y obtener el permiso adecuado es esencial para garantizar el cumplimiento de las regulaciones y disposiciones legales relacionadas con la gestión de la vegetación en áreas cercanas a las redes eléctricas.

Directrices metodológicas

La gestión adecuada de la vegetación arbórea en las proximidades de las redes eléctricas es esencial para garantizar la fiabilidad y continuidad del suministro eléctrico, al mismo tiempo que se reduce el riesgo de averías en el servicio. A continuación, se presentan algunas estrategias claves para minimizar las averías en el sistema eléctrico:

1. Plan de podas preventivas: la poda regular y controlada de las ramas de los árboles es una medida efectiva para reducir el contacto de la vegetación con la red eléctrica y, de este modo, disminuir el riesgo de interferencias.
2. Establecimiento de un programa de inspecciones periódicas: la realización de inspecciones en forma rutinaria para evaluar el estado de la vegetación cercana a las líneas eléctricas permite identificar especies de rápido crecimiento y árboles cercanos que representen un riesgo potencial, lo cual permite tomar medidas para reducir el riesgo de averías. Dichas inspecciones pueden apoyarse en tecnología que detecte cambios en la vegetación, tales como crecimiento o inclinación de los árboles, lo cual podría indicar la necesidad de podas o intervenciones como la tala del árbol (De Oliveira, 2019).
3. Establecimiento de un plan de información y concienciación: dirigido a los residentes cercanos a las redes eléctricas, se debe explicar la importancia de mantener una distancia segura entre los árboles y las líneas eléctricas, así como la necesidad de informar cualquier situación de riesgo aparente.
4. Colaboración con expertos: establecer acuerdos o colaboraciones con arboricultores, universidades y otros profesionales especializados en vegetación puede proporcionar una perspectiva valiosa en la gestión de la vegetación arbórea bajo las líneas eléctricas.

5. Planificación adecuada de nuevos proyectos: al diseñar y planificar nuevas líneas eléctricas, es fundamental considerar la vegetación existente y planificar las distancias de seguridad necesarias para asegurar que los árboles crezcan lo más alejados posibles de la red eléctrica.
6. Exploración de nuevas técnicas de poda: buscar innovaciones en las técnicas de poda y manejo de la vegetación que sean efectivas y minimicen el impacto en la salud de los árboles.
7. Consideración de aspectos legales: la gestión de la vegetación no solo tiene implicaciones operativas y de seguridad, sino también importantes aspectos legales, como normativas de seguridad eléctrica, permisos de poda y tala, consentimiento de los propietarios afectados y responsabilidad por daños. Estos aspectos legales deben ser tomados en cuenta en todo el proceso de manejo de la vegetación.
8. Capacitación del personal: brindar capacitación continua al personal encargado de la gestión de la vegetación, incluyendo técnicas de poda segura y cumplimiento de las regulaciones locales y nacionales.
9. Evaluación de riesgos climáticos: considerar los riesgos climáticos, como tormentas, vientos fuertes o condiciones climáticas extremas, los cuales pueden aumentar la probabilidad de daños en la vegetación y líneas eléctricas, además de tomar medidas preventivas en consecuencia.
10. Investigación y desarrollo: invertir en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y técnicas de manejo de vegetación que sean más efectivas y sostenibles a largo plazo.

Estas directrices metodológicas se amplían en el apéndice 3.

CONCLUSIONES

La presencia de árboles con diámetros mayores a 5 centímetros fue muestreada, y en promedio, cada parcela presentó alrededor de 13 árboles de este tamaño. Se identificaron 19 especies de árboles y arbustos en el área de estudio, siendo *Ochroma pyramidale* la especie más abundante (29.1%).

La presencia de especies heliófilas indica una afinidad por colonizar espacios abiertos con luz solar significativa. Las especies encontradas en el muestreo en su mayoría son heliófilas de rápido crecimiento vertical, como *Ochroma pyramidale*, *C.peltata* y *B. simarouba*, las cuales representan un desafío significativo en la gestión de la vegetación. Estas especies requieren monitoreo constante e intervención oportuna para evitar problemas en la red eléctrica. En el muestreo, aparecen otras especies heliófilas de rápido crecimiento que son abundantes, sin embargo, son poco frecuentes, tales como *Gmelina arborea* y *Ficus* sp, las cuales son importantes de considerar dentro de especies indicadoras para establecer ciclos de corta.

Cinco de las seis parcelas están rodeadas de vegetación boscosa, mientras que la parcela 1 se encuentra en proximidad a un área de potrero. Se optó por excluir la parcela 1 debido a discrepancias en los resultados de cobertura vegetal, posiblemente relacionadas con el "efecto de borde" causado por la interrupción de la continuidad de ecosistemas.

La altura máxima de la vegetación se registró en las parcelas 2, 3, 5 y 6, con la presencia predominante de *O. pyramidale*

El marco jurídico en torno a la gestión de la vegetación en áreas cercanas a las redes eléctricas es esencial. Por ende, cumplir con las regulaciones y obtener los permisos necesarios para la poda y tala de árboles es crucial para garantizar el cumplimiento de las leyes y normativas aplicables.

La gestión adecuada de la vegetación en áreas cercanas a las redes eléctricas es fundamental para garantizar la seguridad, la continuidad del suministro eléctrico y la prevención de averías. La planificación de podas preventivas, inspecciones periódicas y establecimiento de programas de manejo son estrategias claves para minimizar riesgos.

La planificación adecuada en la construcción de nuevas líneas eléctricas es fundamental para anticipar y prevenir problemas futuros relacionados con la vegetación. Por tanto, considerar la ubicación de los árboles y establecer distancias de seguridad desde el principio puede reducir la necesidad de intervenciones posteriores.

La colaboración con expertos en arboricultura y la capacitación continua del personal encargado de la gestión de la vegetación son elementos claves para una gestión exitosa. La investigación y el desarrollo de nuevas técnicas también pueden mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la gestión de la vegetación.

La proyección de crecimiento sugiere la necesidad de monitoreos constantes para planificar la gestión de la vegetación y prevenir interferencias con la red eléctrica. Los resultados de la evaluación de campo indican que la conformación de la vegetación tiende a variar significativamente a lo largo de la red, pues el inventario indica que hay especies inventariadas con poca frecuencia de aparición. Por ende, se aportan tasas de crecimiento promedio de la vegetación que pueden servir para ayudar a predecir el momento oportuno de una intervención de un bosque secundario. Sin embargo, se deben proponer especies indicadoras a aquellas especies de mayor crecimiento anual.

Los resultados obtenidos durante la evaluación de campo reflejan una variabilidad significativa en la composición de la vegetación a lo largo de la red eléctrica. El inventario revela la presencia de especies que aparecen con baja frecuencia, lo cual indica la diversidad y heterogeneidad del entorno vegetal en estudio.

Por último, la variabilidad en la composición vegetal y la inclusión de tasas de crecimiento proporcionan una visión más completa de la dinámica del bosque secundario en el área estudiada. La identificación de especies indicadoras de rápido crecimiento será fundamental para la gestión proactiva de la vegetación y la toma de decisiones oportunas en relación con las intervenciones necesarias en el entorno de la red eléctrica.

RECOMENDACIONES

Implementar un sistema de monitoreo periódico de la vegetación a través de la utilización de técnicas modernas de detección y seguimiento, como imágenes satelitales o drones. Lo anterior permitirá identificar, de manera temprana, cualquier cambio en el crecimiento de especies indicadoras y determinar cuándo se requieren intervenciones específicas.

Invertir en investigación y desarrollo para explorar nuevas técnicas de poda y gestión de la vegetación más efectivas y sostenibles a largo plazo. Lo anterior podría incluir la búsqueda de métodos más amigables con el medio ambiente y menos intrusivos para el crecimiento de la vegetación.

Desarrollar un plan de manejo que tenga en cuenta las características específicas de cada área dado que la vegetación varía significativamente a lo largo de la red eléctrica. Ello puede incluir estrategias de poda más frecuentes en zonas con especies de rápido crecimiento y la promoción de especies rastreras en áreas críticas.

Proporcionar capacitación continua al personal encargado de la gestión de la vegetación en técnicas de poda segura y cumplimiento de regulaciones locales y nacionales, lo cual garantiza que las intervenciones se realicen de manera adecuada y segura.

Promover la conciencia pública con campañas de concienciación dirigidas a la comunidad local para informar sobre la importancia de mantener una distancia segura entre los árboles y las líneas eléctricas.

Fomentar la colaboración de los residentes en la detección de situaciones de riesgo. La participación de la comunidad no solo crea un sentido de responsabilidad compartida, sino que también contribuye significativamente a la eficiencia de los esfuerzos de mantenimiento y prevención

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arispe, L. (22 de marzo de 2021). ¿Qué es el incremento medio anual forestal? https://aleph.org.mx/que-es-el-incremento-medio-anual-forestal

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica (2012). Ley General de Caminos Públicos. Ley N°5060. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=38653&nValor3=70674&strTipM=TC

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica (1996). Ley Forestal. Ley N°7575. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=41661&nValor3=94526

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica (1987). Código Civil. Ley N°63. Artículo 404. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_articulo.aspx?param1=NRA&nValor1=1&nValor2=15437&nValor3=128040&nValor5=89299

Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (2015). Resolución N°72. Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión (norma técnica regulatoria AR-NT-SUCOM).https://aresep.go.cr/wp-content/uploads/2015/08/Norma_tecnica_supervision_de_la_calidad_del_suministro_electrico_en_baja_y_media_tension_AR-NT-SUCAL-2015_actualizada_a_febrero_2016.pdf

Balmaceda, S. (2010). Afectación de la vegetación en las líneas de transmisión y distribución. Facultad de Ingeniería. https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UCR.000046123

Bonilla, G. (2000). Acción de inconstitucionalidad N°00-007515-007-00. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/asunto_cons/asu_informe_pgr.aspx?ContInforme=0&param1=AIP&nValor1=1&param5=00-007515-0007-CO&paramInf=1&strTipM=IP1#down

CNFL. (2013). Manual de podas en líneas eléctricas. ICE. https://www.cnfl.go.cr/contenido/documentos/direccion_comercializacion/politicas/manual-podas-lineas-electricas.pdf

CENIGA (2020). Descripción del Sistema de Clasificación de Uso y Cobertura de la Tierra propuesto para el SIMOCUTE. *Ambientico, 273(4),* 23-34. https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/30621/273_23-34.pdf

De la Cruz, E. (2001). El riesgo eléctrico en los trabajos sobre arbolado en proximidad. *GESMASA*. [Diapositiva PowerPoint]. https://www.insst.es/documents/94886/214929/riesgo+electrico+arbolado.pdf/9cc9a730-9b59-4a44-88e9-789be932ce1b

De la Fe, S. (2004). Características generales de las redes de distribución. https://www.ecured.cu/Caracter%C3%ADsticas_Generales_de_las_Redes_de_Distribuci%C3%B3n

De Oliveira, R. (18 de febrero de 2019). Nueva tecnología permite ver cómo crece el bosque. https://www.scidev.net/america-latina/news/nueva-tecnologia-permite-ver-como-crece-el-bosque/

Directorio Forestal Maderero (4 de octubre de 2018). Balso. https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/balso.html

Gallegos, A., González, G., Hernández, E. y Castañeda, J. (2008). Determinación de gremios ecológicos de ocho especies arbóreas de un bosque tropical de Jalisco, México. [Archivo PDF]. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/t1c1_08.pdf

Hernández, Z. (2012). Métodos de análisis de datos: apuntes. Universidad de la Rioja, España. https://www.unirioja.es/cu/zehernan/docencia/MAD_710/Lib489791.pdf

Hincapié, D. (2016). Diseño del mantenimiento forestal en la franja de redes de media tensión empleando análisis SIG. Universidad de Manizales, Colombia. https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/3015/Hincapie_Gonzalez_Diego_2016.pdf?sequence=1

ICE (2019). Formulación plan operativo institucional 2020. https://grupoice.com/wps/wcm/connect/ba4b9c04-f728-4447-a912-8ab29d836f12/Informe+Formulaci%C3%B3n+POI+2022.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-ba4b9c04-f728-4447-a912-8ab29d836f12-o6SDkZA

Méndez, E. (2005). Gestión de la vegetación alrededor de los sistemas de distribución de energía eléctrica. Universidad de los Andes, Colombia. https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/10741/u262253.pdf?sequence=1

MINAE (2020). Guía para la prevención y mitigación de la electrocución de la fauna silvestre por tendidos eléctricos en Costa Rica. https://drive.google.com/file/d/1NGw4jvfDZXiHUOwaPtfH2OoSweUgJtrM/view

Montoya, A. (2012). Recomendaciones para el manejo de las áreas bajo el tendido eléctrico del tramo Rio Claro-frontera con Panamá (tramo 19) del sistema de interconexión eléctrica de los países de América Central, Costa Rica. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3116/recomendaciones_manejo_areas_bajo_tendido_electrico.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Moreno, P. e Infante, D. (2016). Conociendo los manglares, las selvas inundables y los humedales herbáceos. Instituto de Ecología. http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/3000/Technical/Conociendo%20los%20manglares%20y%20selvas%20inundables.pdf

Herrera, R.. (2023). Explorando el Futuro Sostenible de la Balsa (*Ochroma pyramidale*) en la Amazonía Ecuatoriana: Modelado del Nicho Ecológico para la Rehabilitación de Áreas Degradadas. Código Científico Revista de Investigación, 4(1), 825-845

Oficina Subregional Osa y Amador, S. (2016). Caracterización del territorio Península de Osa. *INDER*. https://www.inder.go.cr/peninsula-de-osa/Caracterizacion-territorio-Peninsula-Osa.pdf

Orozco, L. y Brumer, C. (2002). Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Costa Rica. *CATIE*. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2600/Inventarios_forestales_para_bosques_latifoliados.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quito, H. y Moreno, F. (2010). Crecimiento de árboles en un bosque pluvial tropical del Chocó y sus posibles efectos sobre las líneas de energía. *Revista de Biologia e Ciências da Terra, 10*(2), 12-28. https://www.redalyc.org/pdf/500/50016922002.pdf

Rojas, F., Arias, D., Moya, R., Meza, A., Murillo, O. y Arguedas, M. (2004). Manual para productores de melina (Gmelina arborea) en Costa Rica. http://www.fonafifo.go.cr/media/1334/manual-para-productores-de-melina.pdf

Rosero, L., Maldonado, T. y Bonilla, R. (2002). Bosque y población en la Península de Osa. *Revista de Biología Tropical*, *50*(2), *585-598.* https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442002000200018&script=sci_arttext&tlng=en

Serna Mosquera,Y., Torres Torres, J., Asprilla Palacios, Y. (2020). Durabilidad natural de la madera de Ochroma pyramidale Urb. en el municipio de Atrato, Colombia. *Entramado, 16* (1), 192-202. https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/6105/5636

SINAC. (2008). Estándares de sostenibilidad para manejo de bosques naturales: principios, criterios e indicadores, Código de Prácticas y Manual de Procedimientos. https://www.sinac.go.cr/ES/tramitesconsultas/Permisos%20Manejo%20Forestal%20Sostenibel%20Bosque%20Natuara/Manual%20Procedimientos%20(Estandares%20de%20Sostenibilidad%20Manejo%20Bosques%20Naturales).pdf

Vargas, G. (1992). Estudio del uso actual y capacidad de uso de la tierra en América Central. *Revista Anuario de Estudios Centroamericanos, Universidad de Costa Rica 18*(2), 7-23. https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/anuario/article/view/2273/2232

APÉNDICES

Apéndice 1

Hoja de registro de campo al momento de las mediciones de los datos dasométricos de las parcelas.

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD

NEGOCIO DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN
MONITOREO DE CRECIMIENTO DE ÁRBOLES

1. INFORMACION GENERAL

Evaluador: _____ Fecha de Visita: _____

Lugar: _____

Punto GPS X _____ Y

Parcela	N°	Especie	DAP (cm)	H (m)	Observación

Simbología					
	H= Altura	#= NÚMERO	DAP= Diámetro a la altura del pecho (1m 30cm)		

Firma Evaluador

Acompaña Inspección

Nota: Instituto Costarricense de Electicidad (ICE)

Apéndice 2

Datos de campo primer medición dasométrica del muestreo realizado

Parcela	N°	Especie	Dap (cm)	Hc (m)	AB (M2)	Volumen (M3)	Cobertura aledaña	Altura
1	1	Melina	9	1	0,006	0,006		
1	2	Melina	4	0,97	0,001	0,001		
1	3	Melina	15	1,2	0,018	0,021		
1	4	Melina	8	1,22	0,005	0,006		
1	5	Melina	7	1,4	0,004	0,005		
1	6	Melina	5	0,96	0,002	0,002		
1	7	Melina	6	1,23	0,003	0,003		
1	8	Melina	8	0,7	0,005	0,004		
1	9	Melina	7	1,2	0,004	0,005		
1	10	Melina	5	1,32	0,002	0,003		
1	11	Llama del bosque	6	1,02	0,003	0,003		
1	12	Melina	10	1,27	0,008	0,010		
1	13	Melina	4,5	2,04	0,002	0,003		
1	14	Melina	5	1,5	0,002	0,003		
2	1	Higuerón	5	3	0,002	0,006	Potrero	8
2	2	Higuerón	8	3	0,005	0,015		
2	3	Higuerón	10	3	0,008	0,024		
2	4	Higuerón	9	2	0,006	0,013		
2	5	Madero negro	4	6	0,001	0,008		
2	6	Casearia sp.	15	8	0,018	0,141		
2	7	Casearia sp.	8	6	0,005	0,030		
2	8	Palo de agua	7	8	0,004	0,031		
2	9	Conostegia sp.	5	5	0,002	0,010		
2	10	Palo de agua	6	3	0,003	0,008		
2	11	Jiñocuabe	10	7	0,008	0,055		
2	12	Conostegia sp	4,5	5	0,002	0,008		
3	1	Balso	3	4	0,001	0,003	Bosque	10
3	2	Balso	9	8	0,006	0,051		
3	3	Balso	7	6	0,004	0,023		
3	4	Balso	6	6	0,003	0,017		
3	5	Balso	5	6	0,002	0,012		
3	6	Balso	5	8	0,002	0,016		
3	7	Balso	7	6	0,004	0,023		
3	8	Balso	7	4	0,004	0,015		
3	9	Caña brava	2	5	0,000	0,002		
3	10	Caña brava	2	6	0,000	0,002		
3	11	Caña brava	2	5	0,000	0,002		
3	12	Caña brava	2	6	0,000	0,002		
3	13	Caña brava	2	6	0,000	0,002		
4	1	Cedro amargo	1	1,7	0,000	0,000	Bosque	10
4	2	Gavilana	6	2	0,003	0,006		

Parcela	N°	Especie	Dap (cm)	Hc (m)	AB (M2)	Volumen (M3)	Cobertura aledaña	Altura
4	3	Achiotillo	7	5	0,004	0,019		
4	4	Conostegia sp.	5	3,5	0,002	0,007		
4	5	Achotillo	6	3	0,003	0,008		
4	6	Tuete	6	3	0,003	0,008		
4	7	Jacaranda	8	7	0,005	0,035		
4	8	Piperacea	3	3	0,001	0,002		
4	9	Conostegia sp.	5	3,5	0,002	0,007		
4	10	Achitillo	6	3	0,003	0,008		
4	11	Tuete	6	3	0,003	0,008		
5	1	Amarillón	2	2,5	0,0003142	0,001	Bosque	11
5	2	Chilamate	7,5	7	0,004	0,031		
5	3	Chilamate	6,5	6,5	0,003	0,022		
5	4	Chilamate	7,5	7	0,004	0,031		
5	5	Chilamate	6,5	6	0,003	0,020		
5	6	Chilamate	6,5	7,5	0,003	0,025		
5	7	Chilamate	6,5	6,5	0,003	0,022		
5	8	Tuete	5	8	0,002	0,016		
5	9	Tuete	6	7	0,003	0,020		
5	10	Piperaceae	3	2,5	0,001	0,002		
5	11	Cedro amargo	4	2	0,001	0,003		
5	12	Guarumo	10	6	0,008	0,047		
5	13	Guarumo	11	8	0,010	0,076		
5	14	Guarumo	5	4	0,002	0,008		
6	1	Balso	4	5	0,001	0,006	Bosque	10
6	2	Balso	4	5	0,001	0,006		
6	3	Balso	6	7	0,003	0,020		
6	4	Balso	6,5	7,5	0,003	0,025		
6	5	Balso	5	4	0,002	0,008		
6	6	Balso	5	6	0,002	0,012		
6	7	Balso	5	4	0,002	0,008		
6	8	Balso	6	5	0,003	0,014		
6	9	Balso	5	7	0,002	0,014		
6	10	Balso	5	7	0,002	0,014		
6	11	Balso	4	5	0,001	0,006		
6	12	Balso	4	4	0,001	0,005		
6	13	Balso	5	6	0,002	0,012		
6	14	Balso	6	7	0,003	0,020		
6	15	Balso	7	8	0,004	0,031		

Nota: Elaboración propia del investigador para efectos del presente trabajo investigativo

Apéndice 3

Referencia de leyes y normas aplicables al manejo de vegetación bajo la red

Aspecto	Acción	Ley o norma
Árboles en derecho de vía que afecten la red eléctrica.	1. Determinar si la vía es nacional o municipal. 2. Realizar inventario forestal. 3. Estudio técnico (artículo 20 reglamento 38863-MINAE). 4. Solicitud de trámite ante el MOPT o municipalidad. 5. Si lo requerido es poda técnica, no es necesario acudir a las autoridades. 6. Este trámite es solo para árboles que estén fuera de áreas ambientalmente frágiles.	Ley de Caminos Públicos Reglamento 38863_MINAE Reglamento 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC
Árboles en fincas privadas que afecten la red eléctrica.	1. Aportar documentos legales de la finca donde se ubican los árboles (art. 7 del reglamento 38863-MINAE). 2. Estudio técnico (art. 11 del reglamento 38863-MINAE). 3. Si lo requerido es poda técnica, no es necesario acudir a las autoridades, pues solamente se requiere autorización escrita del dueño registral del inmueble. 4. Este trámite es solo para árboles que estén fuera de áreas ambientalmente frágiles.	Ley Forestal 7575 Reglamento 38863_MINAE
Árboles ubicados en áreas ambientalmente frágiles	1. Realizar el inventario de los árboles que se requieren cortar. 2. Tramitar el decreto de conveniencia nacional o, en su defecto, el interdicto de derribo ante un juzgado agrario.	Ley Forestal 7575 Reglamento 38863_MINAE

Aspecto	Acción	Ley o norma
	3. Este trámite debe ser presentado por un abogado público o privado.	Reglamento 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC

Aspectos técnicos

Aspecto	Acción	Norma
Corta de árboles	1. Contar con los permisos de corta del propietario y del SINAC. 2. Realizar maniobras de prevención como desconectar el fluido eléctrico, señalizar y delimitar la zona de trabajo. 3. Realizar la corta con personal capacitado. 4. Manejar los residuos sin obstaculizar drenajes o vías públicas. 5. Llenado de registros.	Ley Forestal 7575 ARESEP AR-NT-SUCOM
Eliminación de vegetación menor	1. Chapia de banda de 10 metros de ancho de toda la vegetación menor que esté en crecimiento bajo la red evitando que los diámetros sean mayores a los 15 centímetros.	ARESEP AR-NT-SUCOM
Anclaje de árboles	1. Determinar que el árbol generador de riesgo a la red tiene prohibida su corta. 2. Evaluar la posibilidad de anclaje. 3. Usar materiales como acero galvanizado para sujetar el árbol. 4. Aprovechar troncos muertos como ancla para el cable tensor.	Guía para la prevención y mitigación de la electrocución de la fauna silvestre por tendidos eléctricos en Costa Rica

Aspecto	Acción	Norma
Poda de ramas	1. Analizar la cercanía de las ramas a la red. 2. Realizar poda técnica de ramas y troncos. 3. Manejo adecuado de los residuos.	Guía para la prevención y mitigación de la electrocución de la fauna silvestre por tendidos eléctricos en Costa Rica. 2020

Nota: Elaboración propia del investigador para efectos del presente trabajo investigativo