

Gestión del Arbolado Urbano en la Empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander

Hernández Roa Oscar Julián

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniería Forestal

Director

Sandra Milena Díaz López

Msc. Uso y Conservación del Bosque.

Codirector

Sandra Milena Bonilla Barajas

Esp. Derecho del Medio Ambiente.

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Ingeniería Forestal

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

Con gratitud y humildad a Dios, por ser mi guía permanente en cada etapa de mi vida y concederme la disciplina y la claridad necesaria para culminar este proceso académico. Su presencia fue fundamental en los momentos de gran dificultad y aprendizaje, permitiéndome avanzar con fe y perseverancia hasta alcanzar este objetivo.

A mi madre Myriam Rocio Roa Castro y mi padre Libardo Hernández Quintero y demás familia por su apoyo incondicional, sus consejos constantes y su confianza depositada en mí. Su esfuerzo y paciencia y acompañamiento han sido el pilar que sostuvo mi formación personal y profesional, motivándome a no desistir y dar siempre lo mejor de mí en cada reto asumido.

De manera especial, a mi directora de grado y codirectora, por su orientación académica, compromiso y valiosos aportes durante el desarrollo de este aprendizaje. Su acompañamiento crítico y constructivo fue determinante para fortalecer este trabajo y para mi crecimiento como futuro profesional.

OSCAR JULIÁN HERNÁNDEZ ROA

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a Dios por permitirme culminar este proceso, por acompañarme en cada etapa y ayudarme a superar cada reto en los momentos de dificultad.

A mis padres y familia por su apoyo incondicional, sus valores, su paciencia y su constante motivación. Su esfuerzo y acompañamiento han sido fundamentales para alcanzar este logro, siendo un pilar esencial en mi crecimiento personal y académico.

Expresar un sincero agradecimiento a mi directora, codirectora y así mismo a todas las personas de la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander por hacer parte de este proceso, por su apoyo y conocimientos brindados para culminar esta etapa.

A la Universidad Industrial de Santander sede Málaga, por bríndame la formación académica y los espacios necesarios para mi desarrollo profesional; y a la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander por el apoyo, la disposición y la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos, contribuyendo significativamente a mi aprendizaje y experiencia práctica.

Finalmente, quiero agradecer a mi familia y amigos por su apoyo y paciencia durante todo el proceso de investigación. Su amor y comprensión han sido fundamentales para mi bienestar y motivación.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos	13
1.1 Objetivo General	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Marco Referencial.....	14
2.1 Marco Teórico:.....	14
2.1.1 Importancia del arbolado urbano	14
2.1.2 Poda del arbolado urbano.....	15
2.1.3 Poda de Mantenimiento	17
2.1.4 Poda de Reducción.....	17
2.1.5 Poda Lateral	17
2.1.6 Poda Bajo Cables Cruzados	17
2.1.7 Estado Fitosanitario	18
2.1.8 Inventario Forestal Urbano	19
2.2 Marco Legal	19
2.3 Marco Conceptual:.....	21
3. Metodología	23
3.1 Zona de estudio	23
3.2 Apoyo a planes, programas y actividades del componente arbóreo	24
3.3 Identificación y análisis de las obligaciones legales ambientales.....	25

3.4	Implementación de la App Ecosimac	25
3.5	Diseño Experimental de Fitohormonas.....	26
3.5.1	Ensayo con enredaderas	27
4.	Resultados	29
4.1	Mejoras funcionales implementadas en la aplicación ECOSIMAC	29
4.1.1	Optimización del flujo de información entre campo y oficina	30
4.1.2	Análisis espacial del arbolado urbano mediante mapas de calor	32
4.2	Apoyo a la gestión del componente arbóreo en la empresa CENS.....	33
4.3	Análisis de la resolución ambiental 162 de marzo emitida por CORPONOR.	35
4.4	Componente de fitohormona inhibidora Paclobutrazol	37
4.4.1	Distribución espacial de los individuos	39
4.5	Diseño para el uso de enredaderas como alternativa de manejo del componente arbóreo.	40
4.5.1	Diseño experimental	41
5.	Discusión.....	42
6.	Conclusiones	44
7.	Recomendaciones	45
	Referencias Bibliográficas	47
	Apéndices.....	53

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Mejoras implementadas en la aplicación ECOSIMAC	29
Tabla 2 Actividades y resultados	34
Tabla 3 Obligaciones ambientales identificadas en la resolución emitida por CORPONOR	35
Tabla 4 Número de tratamientos de Paclobutrazol	38
Tabla 5 Dosis de Paclobutrazol.....	39
Tabla 6 Bloques y tratamientos de enredaderas	41

Lista de Figuras

	Pág
Figura 1. <i>Área de influencia CENS</i>	23
Figura 2. <i>Sincronización aplicación ECOSIMAC vía Web - Movíl</i>	31
Figura 3. <i>Mapa de calor</i>	32
Figura 4. <i>Distribución espacial del arbolado para el DE Paclobutrazol</i>	40

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndices.....	53
Apéndice A. Toma de datos dasométricos.....	53
Apéndice B. Base de datos.....	54
Apéndice C. Mejora de fecha y hora en la aplicación Ecosimac.....	55
Apéndice D. Formato para la toma de datos del DE Paclobutrazol.....	56
Apéndice E. Marcaje de árboles para el DE Paclobutrazol	56
Apéndice F. Formato para la toma de datos del DE Enredaderas.	57
Apéndice G. Manual de usuarios aplicación Ecosimac.	57

Resumen

Título: Gestión del arbolado urbano en la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander.

**

Autor: Oscar Julián Hernández Roa. **

Palabras Clave: Silvicultura Urbana, dendrometría, fitohormonas, enredaderas.

Descripción:

Este proyecto se realizó en el área de influencia de Centrales Eléctricas del Norte de Santander (CENS) con el propósito de mejorar la forma en que se maneja el arbolado urbano. Para esto, se combinaron dos partes principales: por un lado, se hicieron ensayos de campo con fitohormonas que frenan el crecimiento de los árboles y con el uso de enredaderas como método de control en especies de rápido desarrollo. Con esto se buscó disminuir la interferencia que genera la vegetación en la red eléctrica y reducir la necesidad de podas constantes.

Al mismo tiempo, se trabajó con la aplicación forestal ECOSIMAC, que permitió registrar de manera organizada información de cada árbol, como su ubicación, tamaño, estado sanitario y los tratamientos aplicados. Para lograr un buen manejo de la herramienta se realizaron capacitaciones a coordinadores, interventores y jefes de cuadrilla, lo que aseguró que todos siguieran un mismo protocolo en la toma de datos. Gracias a esto se pudo calcular de forma más precisa las tasas de crecimiento de diferentes especies y obtener datos útiles para la empresa.

Con la información recolectada, se propuso usar inteligencia artificial para predecir en qué momento y lugar sería necesario realizar podas, optimizando recursos y mejorando la seguridad de las redes eléctricas. Además, se generaron mapas de calor en Python que muestran la concentración de individuos y especies por alimentador, lo que facilita identificar zonas críticas y priorizar intervenciones.

En general, el proyecto combina prácticas de campo con herramientas digitales, ofreciendo una alternativa práctica e innovadora para el manejo del arbolado urbano y la planificación del mantenimiento en CENS.

* Trabajo de Grado

** Instituto de proyección regional a distancia IPRED. Programa de Ingeniería Forestal. Director: Sandra Milena Díaz López. Msc. Uso y Conservación del Bosque. Codirector: Sandra Milena Bonilla Barajas. Esp. Derecho del Medio Ambiente

Abstract

Title: Urban Tree Management in the Company Centrales Eléctricas del Norte de Santander. **

Author(s): Oscar Julián Hernández Roa. **

Key Words: Urban forestry, dendrometric, phytohormone, climbers.

Description:

This project was carried out in the area of influence of *Centrales Eléctricas del Norte de Santander* (CENS) with the purpose of improving the management of urban trees. To achieve this, two main approaches were combined: on the one hand, field trials were conducted using phytohormones to slow down tree growth, as well as the use of climbers as a control method in fast-growing species. The objective was to reduce vegetation interference with the power grid and minimize the need for constant pruning.

At the same time, the forestry application ECOSIMAC was used to systematically record information for each tree, including location, size, health status, and applied treatments. To ensure proper use of the tool, training sessions were provided to coordinators, supervisors, and crew leaders, guaranteeing a standardized protocol for data collection. This allowed for more accurate calculations of growth rates across different species and the generation of valuable data for the company.

With the collected information, the use of artificial intelligence was proposed to predict when and where pruning would be necessary, thus optimizing resources and improving the safety of power networks. Additionally, heat maps were developed in Python to display the concentration of individuals and species by feeder, facilitating the identification of critical areas and prioritization of interventions.

Overall, the project integrates field practices with digital tools, offering a practical and innovative alternative for urban tree management and maintenance planning at CENS.

* Degree Work

**Institute of Regional Distance Outreach (IPRED). Forestry Engineering Program.
Advisor: Sandra Milena Díaz López, M.Sc. in Forest Use and Conservation.
Co-advisor: Sandra Milena Bonilla Barajas, Specialist in Environmental Law.

Introducción

La silvicultura urbana se reconoce como una rama especializada de la silvicultura que busca el establecimiento, manejo y ordenación de árboles y arbustos en espacios urbanos, con el fin de generar beneficios ambientales, sociales y estéticos para las comunidades (Gallego et al., 2014). Estos beneficios se enmarcan en los servicios ecosistémicos, que incluyen la regulación del clima, la purificación del aire, la reducción del ruido, la generación de sombra y la mejora de la calidad paisajística (Cárdenas Loor, 2020). No obstante, una gestión inadecuada del arbolado puede provocar lo que se conoce como diservicios ecosistémicos, entre ellos el levantamiento de aceras, daños en tuberías y, de manera particular, la interferencia de las ramas con el tendido eléctrico (Boudet, 2024).

Este último aspecto, representa uno de los mayores retos para las empresas de energía, pues las interrupciones del servicio ocasionadas por la vegetación generan pérdidas económicas, daños en equipos de usuarios y riesgos eléctricos (Ana et al., 2022). En Colombia, la situación no es ajena; la expansión de las ciudades y la falta de planificación del arbolado han llevado a que los árboles compartan espacio con la infraestructura eléctrica, lo que incrementa los conflictos y obliga a realizar podas constantes. De acuerdo con la (Organización de las Naciones Unidas [FAO], 2025), la gestión del arbolado urbano debe orientarse hacia un enfoque de silvicultura urbana sostenible, donde se equilibre la provisión de servicios ambientales con la reducción de riesgos.

En ciudades como Cúcuta, Norte de Santander, la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander (CENS) tiene la responsabilidad de garantizar un suministro eléctrico continuo y seguro. Sin embargo, enfrenta dificultades porque no siempre se cuenta con herramientas

tecnológicas que respalden las actividades de poda y mantenimiento. Según (Ordóñez et al., 2023), en gran parte de Latinoamérica la gestión arbórea todavía depende de registros manuales y dispersos, lo que retrasa la toma de decisiones. Por eso, se hace necesario implementar soluciones digitales que integren información geográfica, datos dasométricos y criterios técnicos de manera eficiente.

La importancia de este proyecto radica en que contribuye al fortalecimiento de la infraestructura verde urbana, entendida como la red de elementos naturales que ofrecen beneficios ecológicos y sociales en las ciudades (Tzoulas et al., 2007). Además, el uso de tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el análisis de grandes volúmenes de datos y la inteligencia artificial en el manejo del arbolado permiten predecir tasas de crecimiento, planificar podas y mejorar la eficiencia en el uso de recursos (Nowak et al., 2014).

El enfoque de la investigación fue aplicado y mixto, al integrar ensayos de campo con fitohormonas y enredaderas, y al mismo tiempo, utilizar herramientas digitales como mapas de calor en Python y propuestas de algoritmos de inteligencia artificial para automatizar la planificación. En conjunto, este trabajo busca demostrar cómo la combinación de prácticas tradicionales con innovaciones tecnológicas puede generar un manejo más seguro, sostenible y eficiente del arbolado urbano en el área de influencia de CENS.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Formular mejoras la aplicación forestal ECOSIMAC de la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander, para la toma de datos exigidos por la empresa.

1.2 Objetivos Específicos

Implementar las mejoras formuladas en la aplicación forestal ECOSIMAC para optimizar la recolección, almacenamiento y gestión de la información relacionada con el arbolado urbano.

Apoyar la implementación y el seguimiento de las actividades relacionadas con el componente arbóreo en el área de influencia de Centrales Eléctricas del Norte de Santander, mediante el análisis del plan de acción para el cumplimiento de las obligaciones legales ambientales establecidas por las autoridades competentes.

Diseñar y plantear estrategias para el control del crecimiento del componente aéreo en árboles de rápido crecimiento mediante el uso de fitohormonas inhibidoras y lianas o enredaderas en áreas urbanas del área de influencia de Centrales Eléctricas del Norte de Santander.

2. Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

2.1.1 *Importancia del arbolado urbano*

Hasta hace unos años se le atribuía el manejo del arbolado urbano a situaciones de simple estética. Sin embargo, hoy en día se le ha dado una mayor importancia al árbol establecido en la ciudad que presta servicios ambientales para la comunidad presente en el área como, por ejemplo: sombra y oxígeno (Territorial & 2013). La presencia de árboles en el entorno urbano y la función que desempeñan son indicadores de calidad de vida de la población (Cabral et al., 2021).

El arbolado urbano desempeña un papel esencial en la estructura ecológica principal de las ciudades, ya que contribuye a la conectividad ecológica y al mantenimiento de funciones ambientales clave. Según el Ministerio de Ambiente de Colombia, la estructura ecológica principal en áreas urbanas incluye elementos como corredores ecológicos y zonas verdes que facilitan la conectividad y la sostenibilidad ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2017)

Una gestión adecuada del arbolado urbano requiere la implementación de prácticas silviculturales específicas, como la elección de especies, la poda, el monitoreo estructural y el manejo fitosanitario, para garantizar la salud y seguridad de los árboles. Según la FAO, la silvicultura urbana implica el cultivo y la ordenación de árboles en áreas urbanas con el objetivo de aprovechar sus beneficios y mitigar posibles impactos negativos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], s.f.)

El arbolado urbano contribuye activamente a la purificación del aire y a la disminución de la contaminación en las ciudades, gracias a la presencia de especies vegetales agrupadas en sitios

estratégicos que permiten el desarrollo de funciones ambientales complementarias, impulsadas y mantenidas por la energía solar, una fuente limpia y renovable (Cárdenas, 2020). La ONU reconoce la importancia del árbol urbano y da iniciativas juntos a programas, por ejemplo, “Millones de árboles”(Ordóñez et al., 2023) en beneficio de mejorar la calidad del aire, la purificación del agua, reducen la velocidad del viento y pueden disminuir el ruido.

Los árboles y bosques urbanos pueden verse como un atractivo paisaje urbano verde y, por lo tanto, transmiten una imagen positiva de la ciudad y orientada a la naturaleza. Indirectamente los árboles y los bosques urbanos pueden influir en el turismo y aumentar el desarrollo económico (Tyrväinen et al., 2005).

“Muchas urbes en todo el planeta han iniciado planes para arborización urbana, por ejemplo, en Londres existe un proyecto para plantar 20.000 árboles en las calles nuevas de urbanizaciones para incrementar la cobertura arbórea en un 5% para el 2025, lo que corresponde a un árbol por cada residente de la localidad” (Jiménez, 2016, p. 2)

De acuerdo con (Gómez 2018), hasta hace poco tiempo en Colombia el árbol no era considerado un elemento relevante en los procesos de planificación urbana, e incluso era frecuentemente ignorado. No obstante, el país cuenta con antecedentes importantes en estudios sobre silvicultura urbana, como el trabajo de Enrique Pérez Arbeláez (1978) enfocado en las arborizaciones de Bogotá, donde se analizan los problemas asociados al arbolado urbano y se proponen especies adecuadas para la ciudad. Posteriormente, otras publicaciones han enriquecido el conocimiento sobre el tema, como la Guía de árboles de Bogotá elaborada por Molina en 1995.

2.1.2 Poda del arbolado urbano

El efecto de la poda en árboles maderables ha sido una de las principales actividades para mejorar la calidad de la madera; sin embargo la poda en arboles urbanos se realiza por temas de

seguridad y sin intenciones de aprovechar su madera(Muscas et al., 2024)esta actividad se viene realizando desde tiempos ancestrales, esta acción consiste en eliminar una rama parcialmente o en su totalidad con el objetivo de mejorar la formación del árbol o en casos del árbol urbano, para mantenerlo a cierta altura (Cali, 2018).

La principal razón para hacer podas en árboles urbanos es la seguridad, salud y estética. Esto implica remover ramas que estén en contacto con redes eléctricas, impidan visibilidad de señales de tránsito, ramas que puedan causar daños a la infraestructura y lesiones a la población (Ardila & Tejedor, 2023)

La poda de los árboles es un servicio fundamental para la continuidad del servicio de manera eficaz, continua y segura. “La poda adecuada y continua de los árboles evita quemaduras del follaje debido a la continua fricción que existe entre las ramas y las líneas energizadas ocasionado por el viento lo cual puede originar incendios; con eso también se evita accidentes eléctricos al estar los árboles en contacto con las líneas de alta, media y baja tensión, lo cual es un peligro para la comunidad alrededor y para el mismo árbol que puede causar daños a árboles sanos o incluso la muerte” (Ardila & Tejedor, 2023, p. 96)

Siempre que se realiza el corte de poda se debe comprender la manera en el que el árbol responde a esta actividad, incluso la poda adecuada puede estresarlos y reducir la capacidad de prestar sus servicios ambientales(Matiuk, 2016). Cada corte tiene la manera de cambiar el crecimiento del árbol, existen varios métodos de poda urbana como, por ejemplo, poda mantenimiento, poda de reducción, poda lateral, poda bajo cable cruzado (González F. Jesús David, 2021).

2.1.3 Poda de Mantenimiento

Poda que se realiza a árboles que no han sido intervenidos en un lapso igual o superior a seis meses y que obedecen a una programación establecida, generalmente árboles de rápido crecimiento, en ocasiones, dependiendo de la especie requiere realizarse con mayor frecuencia. Esta poda se realiza cuando los árboles se encuentren afectando o puedan llegar a afectar las redes de distribución durante el periodo de mantenimiento, se debe realizar de forma plana u horizontal.

2.1.4 Poda de Reducción

Poda de rehabilitación realizada a árboles de gran tamaño que se encuentran afectando la infraestructura eléctrica, este tipo de poda se realiza para disminuir la cobertura arbórea que supera las redes de media tensión hasta el punto de que el árbol se pueda manejar con la implementación de podas de mantenimiento este tipo de poda no puede ser aplicado dos veces al mismo árbol.

2.1.5 Poda Lateral

Podas que se realizan a los árboles que presentan acercamiento lateral con la técnica apropiada de corte de ramas laterales (tirasavia) se podan las ramas claves desde su punto apropiado dejando una cavidad en “V” libre de follaje, de esta manera se dirige el crecimiento hacia los lados, liberando espacio de los cables (Manual de podas para el arbolado urbano, 2018). Este tipo de poda además del despeje de la red debe incluir labores para compensar el peso del árbol, normalmente se necesita del apoyo del carro canasta para su ejecución.

2.1.6 Poda Bajo Cables Cruzados

Comprende la poda realizada a árboles que se encuentran afectando única y exclusivamente la red trenzada por baja tensión, sin que por encima de este pase la red por Media Tensión, se deben despejar solo las ramas localizadas sobre o en dirección del cable trenzado y que le ejerzan presión. Salvo en situaciones donde por condiciones especiales de los árboles, su ubicación, forma

o estructura requieran ser podados en forma plana o horizontal como se han venido interviniendo, buscando disminuir el impacto sobre el componente verde de la ciudad.

2.1.7 Estado Fitosanitario

La vegetación en grandes centros poblados siempre está expuesta a diversos factores que pueden afectar el estado fitosanitario del árbol, esto se puede dar a las altas concentraciones de contaminación atmosférica, malas condiciones del suelo debido a las actividades humanas, el suelo urbano suele tener altas concentraciones de desechos, sales de deshielo y demás contaminantes, se caracterizan por tener una alta densidad aparente junto con alta compactación (Degerickx et al., 2018). La incorrecta selección de especies puede ocasionar problemas mecánicos y sociales, el desprendimiento de ramas puede ocasionar problemas al flujo vehicular o la interrupción de energía (Aguilar et al., 2023)

Con la exposición continua a los contaminantes el rendimiento fisiológico se hace evidente, con cambios considerables en la acumulación de la biomasa, la transpiración, el contenido de pigmentos fotosintéticos, su crecimiento y productividad, todo esto reduce su salud debido a la obstrucción de los estomas por el material particulado (Ramos 2020).

El estado fitosanitario garantiza la condición en la que se encuentra una planta, se puede observar a simple vista por el vigor, color y turgencia de su follaje, o por su marchitamiento por daños inducidos por daños inducidos, tanto físicos, antropogénicos y ambientales o por el ataque de patógenos que afectan su salud (Rojas, 2022).

En el contexto, las plantaciones verdes en ciudades sin planificación se convierten en focos de enfermedades y la falta de apoyo por organizaciones especializadas en las ciudades, no se realiza ningún seguimiento fitopatológico al árbol urbano (Podkovyrov et al., 2019). La evaluación sanitaria es una parte importante del control preventivo y continuo del estado del individuo, las

plantas enfermas amenazan la vida y la salud de los habitantes de la ciudad, es importante establecer el estado fitosanitario de la vegetación urbana y conservar el estado vital de las plantas (Boiko T & Boiko P, 2024).

2.1.8 *Inventario Forestal Urbano*

Un inventario forestal es la recolección de datos sobre los recursos forestales de una zona determinada. Esta información nos permite conocer el estado actual y sienta las bases del análisis, evaluación y planificación, que constituyen el punto de partida de una gestión forestal sostenible. Un inventario forestal se puede utilizar para varios objetivos, por ejemplo: muestreo, mapeo, tecnología de información, ciencias sociales, teledetección, medición y elaboración de modelos, a fin de evaluar múltiples funciones que cumplen los árboles (Pintado & Astudillo 2021)..

2.2 Marco Legal

Este trabajo de grado se realizó teniendo en cuenta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente de Colombia, expedido mediante el Decreto 2811 de 1974. Este decreto es un código ambiental que regula el manejo y conservación de los recursos naturales renovables (agua, suelo, aire, flora y fauna) y la protección del medio ambiente en Colombia, con el fin de asegurar el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional.

Para el mantenimiento de redes y del arbolado urbano se otorga permiso forestal para árboles aislados de la **Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor)**.

Resolución 488 de 2013

Mantenimiento de redes de Distribución mediante poda y/o tala de árboles en tendidos eléctricos de los municipios: Pamplona, Pamplonita, Mutiscua, Silos, Cácuta, Chitagá, Toledo y Labateca.

Resolución 487 de 2013

Mantenimiento de redes de Distribución mediante poda y/o tala de árboles en tendidos eléctricos del área metropolitana de Cúcuta: Cúcuta, Puerto Santander, El Zulia, San Cayetano, Los Patios y Villa del Rosario.

Resolución 486 de 2013

Mantenimiento de redes de Distribución mediante poda y/o tala de árboles en tendidos eléctricos de los municipios: Ocaña, Hacarí, Abrego, San Calixto, Teorama, La Playa y Cáchira. que comunican la subestación de Palermo (Chinácota), Bochalema (La Donjuana), Durania y Arboledas (Villa Sucre).

Resolución 163 de 2015

Mantenimiento de redes de Distribución mediante poda y/o tala de árboles en tendidos eléctricos que comunican la subestación de Palermo (Chinácota), Bochalema (La Donjuana), Durania y Arboledas (Villa Sucre).

Resolución 165 de 2015

Mantenimiento de redes de Distribución mediante poda y/o tala de árboles en Tendidos eléctricos subestación: Palermo, Chinácota, Ragonvalia y Herrán.

Resolución 166 de 2015

Mantenimiento de redes de Distribución mediante poda y/o tala de árboles en Tendidos eléctricos que comunican a Gramalote, Lourdes, Sardinata y Villa Caro.

Resolución 172 de 2015

Mantenimiento de redes de Distribución mediante poda y/o tala de árboles en Tendido de líneas energizadas en: El Zulia, Cornejo, San Cayetano y Santiago.

Resolución 29 del 2018

Mantenimiento de redes de Distribución mediante poda y/o tala de árboles en Tendidos eléctrico de: Tibú y El Tarra.

2.3 Marco Conceptual

Árbol: Planta leñosa perenne con un solo tronco principal o, en el caso del monte bajo, con varios tallos, que tenga una copa más o menos definida.

Incluye: bambúes, palmeras y otras plantas leñosas que cumplan con los criterios señalados (Christoph Kleinn, 2000)

Altura: La altura de un árbol es la distancia vertical desde la base del fuste en el nivel del suelo hasta la parte más alta de la copa o el ápice del árbol. Se considera una de las principales dimensiones dasométricas para describir el tamaño y el crecimiento de los individuos arbóreos.(Prodan et al., 1997)

Árbol urbano: Un árbol urbano es parte del conjunto de árboles que crecen en entornos urbanos o periurbanos, entendidos como ecosistemas dominados por árboles ubicados tanto en espacios públicos como privados, incluyendo parques, jardines, avenidas, fachadas o incluso en azoteas. Estos ecosistemas arbóreos comunican conexiones ecológicas y sociales con su entorno construido.(Pregitzer et al., 2019)

CAP: El CAP es la circunferencia del tronco de un árbol medida a una altura estándar de 1,30 metros sobre el nivel del suelo. Esta medida se utiliza para calcular el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) mediante la fórmula:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

(Villa Guerrero et al., 2024)

Bosque seco tropical: El bosque seco tropical (bs-T) es un ecosistema caracterizado por su estacionalidad climática, con una o dos épocas de lluvia al año y una estación seca que puede durar de tres a ocho meses. Este bioma se encuentra en tierras bajas de zonas tropicales y subtropicales, con temperaturas cálidas y precipitaciones anuales que oscilan entre 500 y 2.000 mm. La vegetación predominante es caducifolia o semi-caducifolia, adaptada a condiciones de sequía prolongada. Los árboles suelen perder sus hojas durante la estación seca para reducir la pérdida de agua por evapotranspiración. Este ecosistema alberga una gran biodiversidad y es fundamental para la conservación de especies endémicas y la regulación del ciclo hidrológico (Alvarado & Otero 2015)

Distancia red: Es la distancia que se encuentra entre el ápice del árbol y la red eléctrica que se encuentra en cercanía con el árbol (Ardila & Tejedor, 2023).

Diámetro de copa: Para determinar el diámetro de la copa de un árbol, se utiliza la proyección de su contorno sobre el suelo, llevando a cabo dos mediciones perpendiculares: una correspondiente al diámetro más amplio y la otra al diámetro más reducido. Posteriormente, se procede al cálculo del promedio de estas medidas. Este procedimiento se ejecuta con el propósito de obtener una representación precisa y completa del tamaño y expansión de la copa del árbol (Angel et al., 2024).

Mapa de calor: Se trata de un método de visualización de datos geospaciales en un mapa que utiliza diferentes colores para representar áreas con diferentes concentraciones de puntos, mostrando la forma general y las tendencias de concentración (Panecki & Pokojski, 2019)

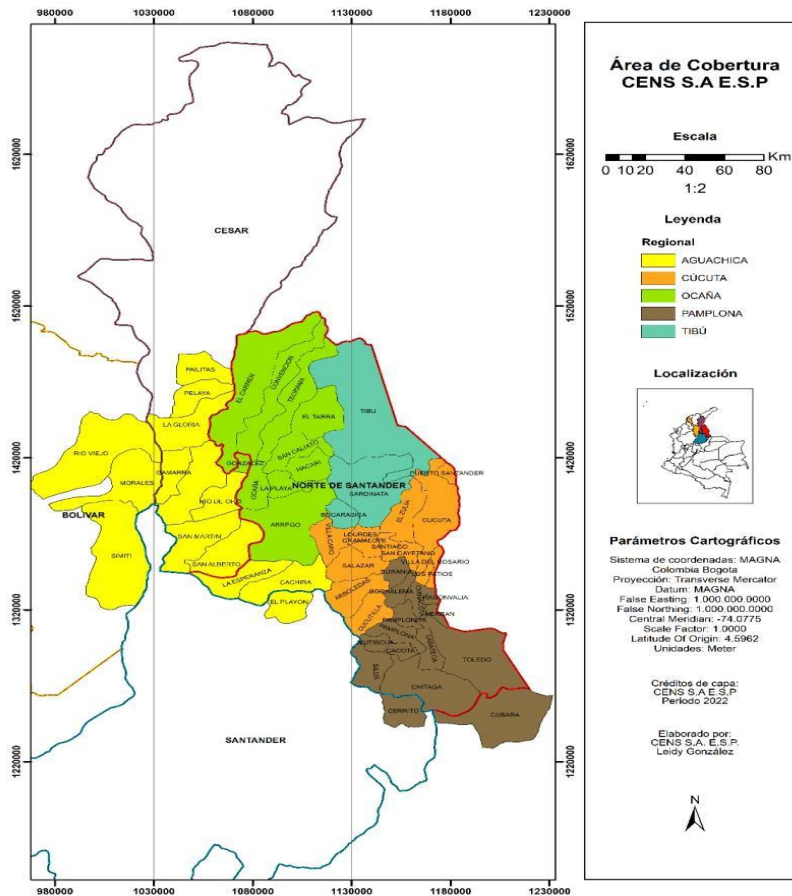
3. Metodología

3.1 Zona de estudio

El proyecto de grado se realizó en la ciudad de Cúcuta, localizada en el departamento del Norte de Santander con coordenadas $7^{\circ} 53' 20.75''$ N $72^{\circ} 29' 48.08''$ O del sistema de coordenadas WGS84 (World Geodetic System 1984), esta ciudad está dentro del área de influencia CENS como se observa en la **figura 1**. El clima de Cúcuta es cálido – muy seco. El promedio de lluvia total anual es de 878 mm. Durante el año las lluvias se distribuyen en dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas. Los meses de enero, febrero, junio, julio y agosto son predominantemente secos. Las temporadas de lluvia se extienden desde finales de marzo hasta principios de junio y desde finales de septiembre hasta principios de diciembre. En los meses secos llueve alrededor de 5 días/mes; en los meses de mayores lluvias del segundo semestre puede llover entre 16 y 19 días/mes. La temperatura promedio es de 25.5 °C. Al medio día la temperatura máxima media oscila entre 30 y 33°C. En la madrugada la temperatura mínima está entre 21 y 24°C. El sol brilla cerca de 6 horas diarias durante la mayor parte del año, pero en los meses lluviosos del primer semestre, la insolación baja a 4 horas diarias/día. La humedad relativa del aire oscila durante el año entre 62 y 77 %, siendo mayor en los meses de noviembre y diciembre y la menor, hacia mitad de año (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales).

Figura 1.

Área de influencia CENS.



Nota. Imagen tomada de PMA de CENS 2022

3.2 Apoyo a planes, programas y actividades del componente arbóreo

Para el cumplimiento de este objetivo se desarrolló un enfoque aplicado y descriptivo, en el marco de la práctica empresarial realizada en CENS. Las actividades metodológicas se enfocaron en el acompañamiento técnico a procesos relacionados con el manejo del arbolado urbano y su interacción con la infraestructura eléctrica.

Durante el desarrollo de la práctica empresarial se realizó acompañamiento técnico a las actividades de inventario forestal asociadas a la implementación de una nueva red eléctrica. Este acompañamiento incluyó la verificación de la información registrada en campo y la revisión de los criterios técnicos utilizados para el levantamiento de datos del componente arbóreo.

De igual manera, se llevó a cabo la revisión de los informes mensuales presentados por el contratista encargado de las actividades de poda, con el fin de analizar la información reportada y verificar su coherencia con las actividades ejecutadas en el área de influencia de la empresa.

3.3 Identificación y análisis de las obligaciolegales ambientales

Para el desarrollo de este objetivo se llevó a cabo una revisión documental de la normativa ambiental vigente, haciendo énfasis en una nueva resolución emitida por la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR) relacionada con el manejo del arbolado urbano y las actividades de poda.

A partir del análisis de esta resolución, se identificaron las obligaciones ambientales que deben ser cumplidas por la empresa durante la ejecución de las actividades de poda y mantenimiento del arbolado. Posteriormente, se realizó un análisis de dichas obligaciones con el fin de apoyar el proceso de cumplimiento normativo y su articulación con las actividades operativas desarrolladas por CENS y sus contratistas.

3.4 Implementación de la App Ecosimac

Antes de iniciar la recolección de la toma de datos en campo, se llevó a cabo una capacitación dirigida a las cuadrillas encargadas de las podas. Para esto se creó un manual acerca del manejo de la App Ecosimac (**Apéndice G**), esta capacitación incluyó el manejo y uso de herramientas para la recolección de datos y así garantizar que la información recolectada sea de calidad, precisa y útil para el análisis posterior.

Después de la capacitación se pasó a la fase de la toma de datos en campo, se hizo acompañamiento a las cuadrillas para corroborar el proceso de la recolección y utilización de la App. En este acompañamiento se les explicó paso por paso la aplicación Ecosimac y se enseñó como medir diferentes datos dasométricos del árbol (**Apéndice A**).

Durante la primera fase de la implementación de la aplicación forestal ECOSIMAC se presentaron algunas dificultades técnicas que limitaron su uso en campo por parte de las cuadrillas. Por esta razón, se realizó un proceso de revisión del funcionamiento de la aplicación, identificando fallas relacionadas con la captura de información, la sincronización con la versión web y la estabilidad en los dispositivos móviles utilizados durante las jornadas de trabajo.

A partir de estas observaciones, se realizaron varias mejoras enfocadas en facilitar la toma de datos y garantizar que la información quedara correctamente almacenada. De igual manera, se logró una correcta sincronización entre la versión móvil y la versión web de la aplicación, facilitando la consulta de la información por parte del personal encargado del seguimiento.

Durante el proceso de las podas, se registraron datos claves como la especie, la ubicación (urbana o rural), coordenadas geográficas, dirección, tipo de afectación a las redes eléctricas, tipo de poda realizada y el estado fitosanitario del árbol (**Apéndice B**). Adicionalmente se tomaron datos como el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, área de copa, y las condiciones generales del árbol antes y después de la intervención. Por último, se tomó un registro fotográfico que sirve como evidencia visual del procedimiento (**Apéndice C**).

3.5 Diseño Experimental de Fitohormonas

El diseño experimental propuesto para el uso de la fitohormona Paclobutrazol se fundamentó en su función como regulador del crecimiento vegetal, ampliamente documentada en la literatura científica. El Paclobutrazol actúa principalmente inhibiendo la biosíntesis de giberelinas, lo que reduce el crecimiento vegetativo y la elongación de brotes en especies leñosas (Tsfahun, 2018).

Para este ensayo se trabajó con árboles de la especie de Neem (*Azadirachta indica*), es una especie de rápido crecimiento y muy abundante en el área metropolitana de Cúcuta. El objetivo

fue evaluar diferentes dosis de la hormona Paclobutrazol, una hormona inhibidora de crecimiento, sobre los individuos seleccionados. Se utilizó un diseño de bloques al azar (DBCA), considerando la variabilidad existente entre los individuos en cuanto a tamaño, ubicación y condiciones del entorno urbano.

Se estableció que este tipo de diseño es adecuado cuando existen posibles fuentes de variación no controlables en campo, como diferencias en suelo, microclima o condiciones de manejo urbano. El uso de bloques permitió agrupar árboles con características similares y así reducir la variabilidad experimental, mejorando la confiabilidad de los resultados esperados.

Desde el punto de vista estadístico, el diseño planteado resulta viable, ya que permite contar con grados de libertad suficientes para la evaluación de los efectos de tratamiento y bloque, lo cual es adecuado para la realización de un análisis de varianza (ANOVA) en estudios de manejo forestal urbano. La cantidad de árboles seleccionados se considera suficiente para detectar diferencias generales en el crecimiento y respuesta fisiológica de la especie evaluada, bajo las condiciones del área de estudio.

Se toman mediciones mensuales de altura, CAP, número de rebrotes, número de folíolos y área de copa; para esto se creó un formato de campo (**apéndice D**). El tiempo planteado para llevar a cabo este experimento es de un año calendario. Los datos se van a procesar mediante un ANOVA factorial, aplicando pruebas de comparación múltiple como por ejemplo Dunnett frente al testigo y de Tukey HSD. El nivel de significancia recomendado es de $\alpha = 0.05$.

3.5.1 Ensayo con enredaderas

El diseño experimental propuesto para el uso de enredaderas se fundamentó en el principio de competencia entre especies vegetales, el cual establece que dos o más plantas que comparten un mismo espacio pueden competir por recursos como luz, agua y nutrientes, afectando su

crecimiento y desarrollo. En el contexto del arbolado urbano, esta competencia podría influir en el crecimiento del componente aéreo de los árboles, lo que representa una alternativa potencial para reducir su interferencia con la infraestructura eléctrica.

Diversos estudios han señalado que la presencia de vegetación acompañante puede modificar los patrones de crecimiento de las especies arbóreas, especialmente en ambientes urbanos donde el espacio es limitado y las condiciones ambientales son controladas (Salbitano et al., 2018). En este sentido, el experimento propuesto busca evaluar si el establecimiento controlado de enredaderas puede generar un efecto regulador sobre el crecimiento de árboles de rápido crecimiento, sin comprometer su estabilidad estructural ni su estado fitosanitario.

El experimento propuesto para evaluar el uso de enredaderas como estrategia de control del componente aéreo en árboles de rápido crecimiento se estructuró bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Este diseño se consideró adecuado debido a la variabilidad presente en condiciones de campo, como diferencias en tamaño de los árboles, ubicación y condiciones ambientales, las cuales pueden influir en la respuesta de los individuos evaluados.

En cada bloque se incluyeron todos los tratamientos definidos, lo que facilitó la comparación directa entre árboles con y sin enredaderas dentro de un mismo contexto ambiental. Este enfoque permitió aislar, en la medida de lo posible, la variación atribuible al sitio, de aquella asociada al tratamiento aplicado.

Desde el punto de vista metodológico, el DBCA resulta adecuado para este tipo de estudios, ya que permite una correcta estimación de la variabilidad experimental y una distribución equilibrada de los tratamientos. De esta manera, el diseño propuesto constituye una base técnica sólida para analizar el posible efecto de la competencia ejercida por las enredaderas sobre el crecimiento y desarrollo de los árboles evaluados.

4. Resultados

4.1 Mejoras funcionales implementadas en la aplicación ECOSIMAC

Entre las principales mejoras implementadas en la aplicación ECOSIMAC se destaca la incorporación automática de la fecha, hora y coordenadas en las fotografías tomadas en campo, lo que permitió asegurar la trazabilidad de la información recolectada. Asimismo, se logró la sincronización entre la versión móvil y la versión web de la aplicación, facilitando la consulta y el análisis de la información en tiempo real.

Adicionalmente, se optimizó el sistema de almacenamiento para garantizar que la información quedara correctamente guardada en la base de datos, se corrigieron errores que ocasionaban el cierre inesperado de la aplicación y se actualizaron los listados de especies arbóreas de acuerdo con la información suministrada por la autoridad ambiental competente.

Las principales mejoras implementadas se resumen en la tabla 4.

Tabla 1

Mejoras implementadas en la aplicación ECOSIMAC

Componente	Situación inicial	Mejora implementada
Registro fotográfico	Fotografías sin información adicional	Inclusión automática de fecha, hora y coordenadas
Sincronización	Inconsistencias entre versión móvil y web	Sincronización estable entre ambas versiones

Almacenamiento de datos	Riesgo de pérdida de información	Almacenamiento seguro en la base de datos
Estabilidad de la app	Cierres inesperados en campo	Corrección de errores y mayor estabilidad
Información territorial	No se registraban veredas	Campo adicional para veredas y centros poblados
Especies arbóreas	Listado desactualizado	Actualización según autoridad ambiental
Gestión de personal	No visible en versión web	Registro de cuadrillas y personal de campo
Infraestructura eléctrica	Transformadores incompletos	Actualización de transformadores nuevos y antiguos

También, se actualizaron los nombres de transformadores nuevos y antiguos, se incorporó un nuevo campo para el registro de veredas y centros poblados, y se logró una correcta sincronización de los dispositivos móviles con los servidores de la empresa CENS. Finalmente, se habilitó el registro de cuadrillas y personal de campo en la versión web de ECOSIMAC, fortaleciendo el control y la organización de la información.

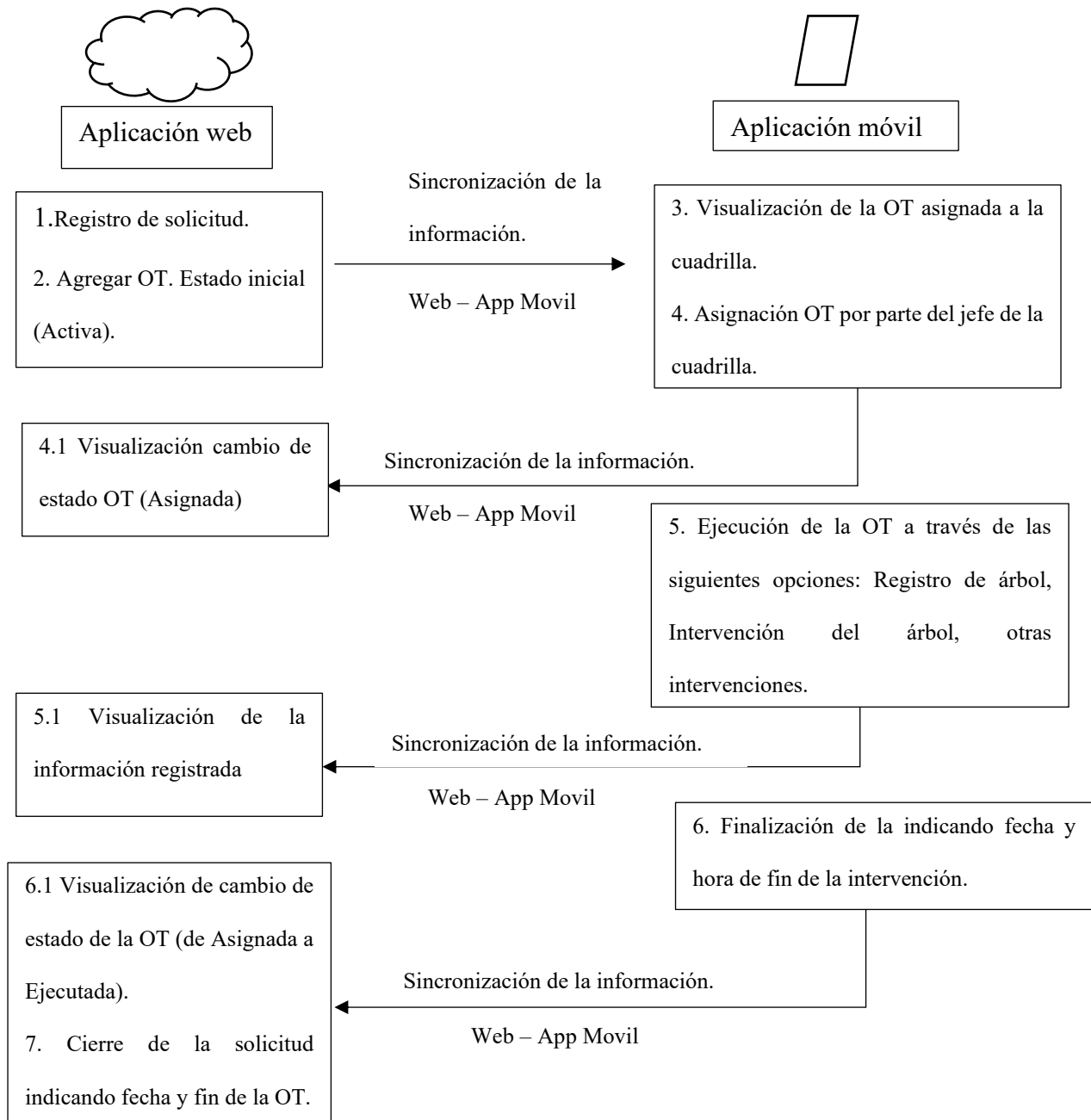
4.1.1 Optimización del flujo de información entre campo y oficina

Con las mejoras ya implementadas en la aplicación Ecosimac permitió una mejor integración entre el trabajo realizado en campo por las cuadrillas y la consulta de la información desde la versión web. La correcta sincronización facilitó el acceso oportuno a los datos registrados,

lo que contribuyó al seguimiento de las actividades de podas en tiempo real y a la toma de decisiones por parte del personal técnico.

Figura 2.

Sincronización aplicación ECOSIMAC vía Web-Movil.



Las mejoras realizadas en la aplicación Ecosimac contribuyeron a fortalecer el proceso de gestión del componente arbóreo en el área de influencia de CENS, al permitir un registro más completo, confiable y organizado de la información relacionada con informes de poda y seguimiento técnico.

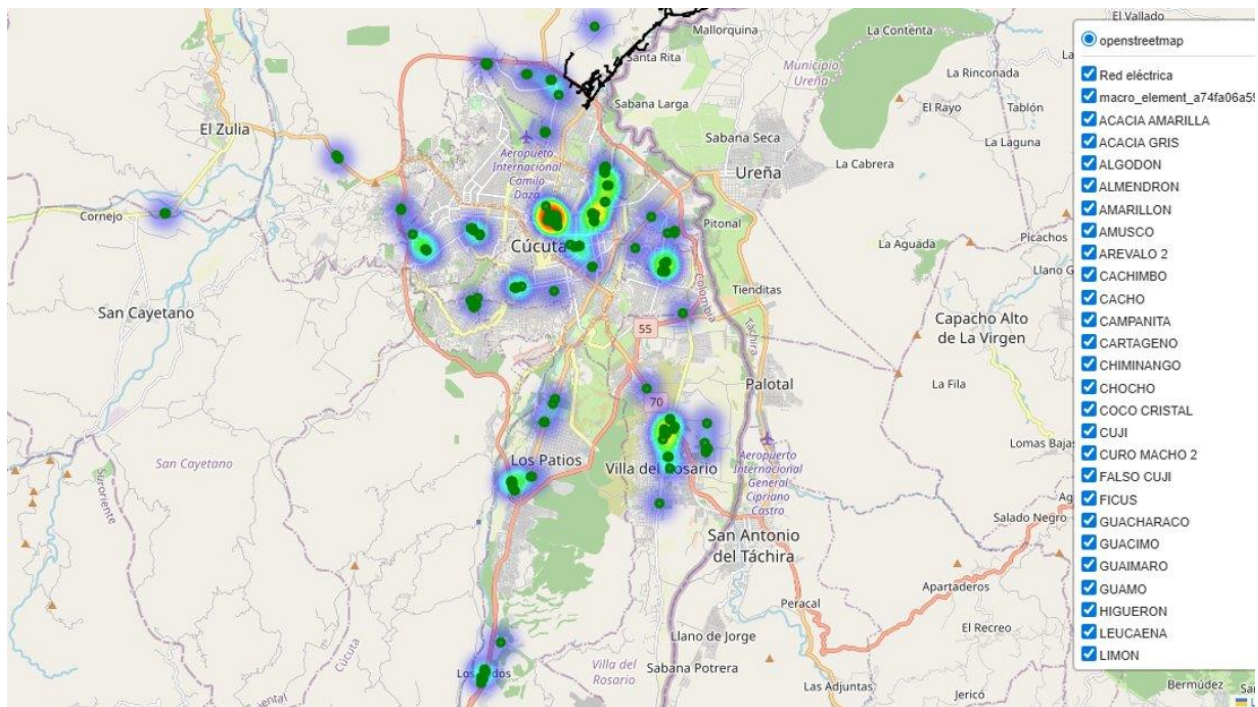
4.1.2 Análisis espacial del arbolado urbano mediante mapas de calor

A partir de la información almacenada en la base de datos de la aplicación Ecosimac, se realizó un análisis del arbolado urbano mediante la elaboración de mapa de calor, el cual permite visualizar la distribución de los individuos arbóreos registrados en relación con la red eléctrica de la empresa CENS.

El mapa de calor se construyó utilizando las coordenadas geográficas capturadas en campo por las cuadrillas, lo que permitió identificar zonas con mayor concentración de árboles y, por tanto, puntos críticos con mayor frecuencia de intervención por actividades de poda. Este mapa facilitó la identificación de sectores donde el componente arbóreo presenta mayor interacción con la infraestructura eléctrica, apoyando la priorización de labores de mantenimiento y poda preventiva.

Figura 3

Mapa de calor del arbolado urbano



Nota: Podas registradas en el tiempo de la practica en CENS.

El uso de mapas de calor permitió a la empresa contar con una herramienta visual y técnica para apoyar la toma de decisiones relacionadas con la planificación de podas, asignación de cuadrillas y seguimiento a las actividades de mantenimiento del arbolado urbano. De esta manera, la información generada por aplicación ECOSIMAC no solo cumple una función de registro, sino que también aporta al análisis y gestión eficiente del componente arbóreo en el territorio.

4.2 Apoyo a la gestión del componente arbóreo en la empresa CENS

Durante el desarrollo de la práctica empresarial en la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander, se brindó apoyo a diferentes actividades con la gestión del componente arbóreo asociado a la infraestructura eléctrica. Este apoyo estuvo enfocado principalmente en el acompañamiento técnico a procesos operativos y en la revisión de información generada por los

contratistas, lo cual permitió fortalecer el seguimiento interno de las actividades desarrolladas por la empresa.

Como resultado del acompañamiento al inventario forestal, se obtuvo información organizada y actualizada del arbolado presente en los tramos intervenidos para la nueva red eléctrica, lo cual permitió contar con un registro más preciso de las especies y su relación con la infraestructura eléctrica.

La revisión de los informes mensuales del contratista permitió identificar la correspondencia entre las actividades reportadas y las intervenciones realizadas en campo, aportando al seguimiento técnico de las labores de poda y al control de las actividades ejecutadas.

En la tabla 5 se resumen las principales actividades de apoyo desarrolladas y los resultados obtenidos.

Tabla 2

Actividades y resultados

Actividad desarrollada	Descripción	Resultados obtenidos
Acompañamiento al inventario forestal	Apoyo en campo durante el inventario forestal para la implementación de una nueva red eléctrica.	Identificación preliminar de árboles y especies con posible interferencia con la infraestructura eléctrica, ubicación espacial y marcaje de cada individuo.

Revisión de informes mensuales de poda	Análisis de los informes entregados por el contratista encargado de las podas.	Corrección de los errores entre el Excel y el Word hecho por el contratista.
Apoyo a la priorización de intervenciones.	Identificación con zonas de mayor frecuencia de intervención del arbolado.	Se creó una ficha técnica con la información del árbol, registro fotográfico y coordenadas geográficas. Elaboración de un Kmz con los puntos críticos.

4.3 Análisis de la resolución ambiental 162 de marzo emitida por CORPONOR.

Como parte de las actividades desarrolladas durante la práctica, se realizó el análisis de una resolución ambiental reciente emitida por la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor), relacionada con la gestión del arbolado urbano y las actividades de poda. Este análisis tuvo como objetivo identificar las obligaciones ambientales específicas para la empresa CENS y aportar insumos para su cumplimiento.

A partir de la revisión de la resolución, se identificaron obligaciones relacionadas con la ejecución adecuada de las podas, el registro de las intervenciones realizadas y la protección del arbolado urbano. Estas obligaciones sirvieron como base para orientar el seguimiento a las actividades de poda y para organizar la información necesaria ante posibles requerimientos de la autoridad ambiental.

La tabla 6 presenta un resumen de las obligaciones identificadas en la resolución 162 de 2025.

Tabla 3

Obligaciones ambientales identificadas en la resolución de CORPONOR

OBLIGACIONES POR PARTE DE CENS

La corporación debe tener conocimiento previo a la programación

Municipios y avenidas de vital importancia: Av. Faroles, Av. Guaymaral, Av. tercera Este, Av. Gran Colombia, Av. 5 de San Luis, Av. 7 Este, Av. 5 Centro, Entradas del municipio Zulia, Av. 10 de los Patios, y Av. principales como la Av. 3 y la calle 19, Av. principal de ingreso de Puerto Santander, la vía Tortugas-Cornejo del municipio de San Cayetano, Zona de ingreso y salidas del municipio de Chinácota, Acceso del municipio de Bochalema desde la G4-Puente Unión, Ingreso municipio de Durania, Vía el Zulia, La Y de astilleros, Vía Sardinata y Vía Risaralda.

Cens deberá realizar la inspección de cada árbol a intervenir para controlar presencia de aves, nidos y cualquier otro animal que tenga su hábitat en el árbol, en caso necesario, deberá hacer traslado técnicamente e informar a la Corporación para su participación.

Los ejemplares que no soporten la intervención o que puedan morir después de la intervención, deberán ser reemplazados por otro ejemplar de 1,20 metros de altura junto con su protector y garantizar el mantenimiento por un tiempo no menor a dos años.

Con el fin de proteger desgarros no se autoriza los cortes en V, deberán permitir la presencia de rebrotes para poder realizar corte horizontal por debajo de las líneas energizadas

No se permiten podas severas, podas de eliminación de la totalidad del follaje, en caso necesario, deberá tramitar en el formato oficial, la solicitud previa justificación técnica de lo solicitado.

Para iniciar el proceso de mantenimiento se deberá socializar el contenido de la Resolución con la comunidad antes del inicio de las actividades, minuta que debe ser incluido en los reportes y entrega de informes de cumplimiento ambiental que deben presentar cada seis meses a la corporación.

En zona rural deben estar informando a los propietarios para la disposición de residuos

El personal asignado más los contratados deben estar previamente certificados, relación de personal que debe ser entregada a la Subdirección de Desarrollo Sostenible para el control y seguimiento, de lo contrario se sancionará a la responsabilidad directa CENS.

Deberá presentar los residuos de la disposición final de los residuos obtenidos del material vegetal o de lo contrario indicar el proceso de que se le den a estos.

La certificación del personal debe ser expedida por una entidad competente, para la cual deberán enviar a la Corporación la relación del personal Profesional y de trabajadores dentro del cronograma de actividades el cual debe incluir el área seleccionada.

Las podas y talas deben ser informado a los propietarios o arrendatarios de los predios donde se ubiquen los árboles a intervenir, no se permitirá dejar los residuos de corte sobre los corredores de las talas, ya que se constituyen en material combustible fácil de incendiar.

En caso de afectar árboles que no se requieren, se debe aplicar fertilización en piso o foliar, o mediante otro sistema de fertilización de recuperación, tratamiento que debe ser informado a la corporación.

Cens deberá presentar informe semestral y el termino de ejecución de las actividades por la interventoría Ambiental que debe incluir: Relación de daños o modificación del paisaje, identificación de los impactos ambientales causados, inconvenientes presentados (relacionados con los recursos naturales sobre presencia de fauna, indicado traslados, reubicación, etc.) todo con su respectivo registro fotográfico y demás consideraciones técnicas que se consideren relevantes

Cens deberá presentar el cronograma de actividades para el manejo del componente verde donde se especifiquen labores de podas y/o talas, cronograma para presentar entre los primeros 10 días siguientes a la notificación del acto administrativo y de forma sucesiva de acuerdo con la programación que se contemple.

Cens deberá fijar vallas portátiles informativas de 1,20 x 1,00 metro donde se registre el número de la resolución, tipo de permiso, actividades autorizadas, fecha de la vigencia y un mensaje ecológico, deberá llevar en los extremos superiores, el logo de la empresa y el de la corporación, vallas ubicadas en los extremos o en un lugar visible.

Tala o reubicación de emergencia: se solicitará por escrito autorización a la autoridad competente, la cual tramitará la solicitud de inmediato, previa visita realizada por un funcionario competente técnicamente la necesidad de talar árboles

Esta información permitió contar con un referente técnico para orientar las actividades operativas y apoyar el seguimiento al cumplimiento de los requerimientos ambientales asociados al proceso de podas.

4.4 Componente de fitohormona inhibidora Paclobutrazol

Como resultado del desarrollo del proyecto, se formuló y estructuró el diseño experimental para el uso de la fitohormona Paclobutrazol como alternativa para el control de crecimiento del componente aéreo en árboles de rápido crecimiento ubicados en propiedades de la empresa CENS para tener mayor control del experimento y evitar problemas con la comunidad. Este componente estuvo orientado a proponer una estrategia complementaria a la poda tradicional, enfocada en la reducción de la frecuencia de intervenciones y en el manejo preventivo del arbolado urbano.

El diseño experimental estuvo conformado por un total de 42 árboles de Neem, distribuidos en seis (6) bloques, cada uno integrado por siete árboles con características similares, tales como la altura aproximada, diámetro del tronco y cercanía a la red eléctrica. La conformación de los bloques permitió reducir la variabilidad entre las unidades experimentales y mejoras la comparación entre tratamientos.

Dentro de cada bloque se aplicaron todos los tratamientos, los cuales fueron asignados de manera aleatoria a cada árbol. Los tratamientos correspondieron a diferentes combinaciones de concentración del Paclobutrazol (alta, media y baja) y tipo de aplicación (foliar y riego), además de un tratamiento testigo sin aplicación de la fitohormona. En total se evaluaron siete tratamientos como se muestra en la En la tabla 7 se presenta una síntesis de los principales resultados obtenidos durante el diseño del ensayo.

Tabla 4

Número de tratamiento de Paclobutrazol

Código	Concentración	Tipo de aplicación
T1	Alta	Foliar
T2	Alta	Riego
T3	Media	Foliar
T4	Media	Riego
T5	Baja	Foliar
T6	Baja	Riego
T7	NA	NA

Para esto cada árbol fue marcado con el número de bloque y con el número de tratamiento como se observa en el **(apéndice E)**.

Las concentraciones de la hormona Paclobutrazol se dividieron en tres: Alta, media y baja, como se muestra en la tabla

Tabla 5

Dosis de Paclobutrazol

Hormona	Baja (B1)	Media (B2)	Alta (B3)
PACLOBUTRAZOL	5g	10g	20g

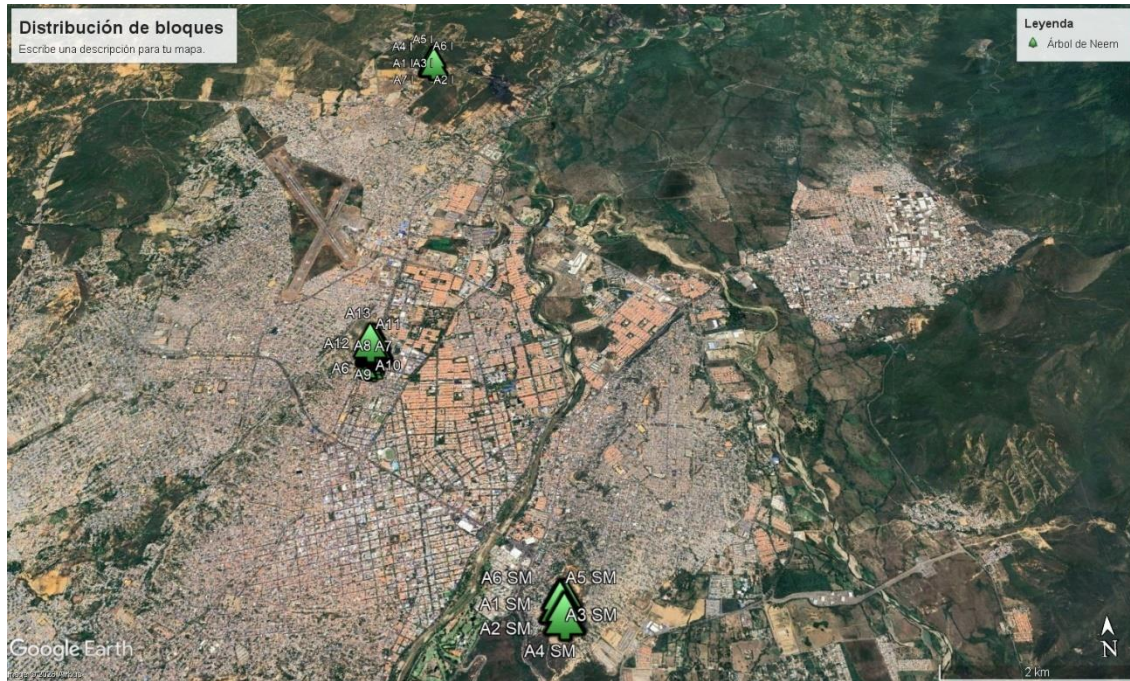
Las dosis se prepararon disueltas en agua y con 5mm de Etileno para que la hormona se active de una manera más eficaz, el volumen de referencia son 10L/árbol.

4.4.1 Distribución espacial de los individuos

La **figura 3** presenta la distribución espacial de los árboles de *Azadirachta indica* (Neem) seleccionados para el diseño experimental del ensayo con la fitohormona Paclobutrazol. Los individuos se encuentran ubicados en diferentes sectores urbanos del área de influencia de la empresa CENS, principalmente en propiedades de la empresa para controlar en su totalidad el experimento y evitar inconvenientes con la comunidad.

Figura 4.

Distribución espacial del arbolado para el DE Paclobutrazol



La agrupación de los árboles permitió definir bloques experimentales distribuidos en el territorio, garantizando que cada bloque contara con todos los tratamientos planteados. Esta disposición espacial facilita el control de la variabilidad ambiental asociada a las condiciones urbanas y permite evaluar de manera más consistente la respuesta de los individuos al tratamiento hormonal.

4.5 Diseño para el uso de enredaderas como alternativa de manejo del componente arbóreo.

Una de las actividades desarrolladas durante la práctica fue el diseño y planteamiento metodológico para la implementación del uso de enredaderas y/o lianas como alternativa de manejo del componente aéreo en árboles de rápido crecimiento como la especie Oiti (*Licania tomentosa*) ubicados en el área urbanas del área de influencia de CENS.

El diseño del ensayo se enfocó en evaluar la viabilidad del uso de enredaderas como el mecanismo complementario al manejo tradicional mediante podas, considerando su posible aporte a la reducción del crecimiento aéreo de los árboles y a la disminución de intervenciones frecuentes sobre la infraestructura eléctrica.

Durante el periodo de la práctica no se ejecutó la fase de implementación ni se obtuvieron datos de crecimiento o cobertura, debido a que alcance del proyecto se centró en la formulación técnica del experimento. No obstante, se lograron avances significativos en la definición de tratamientos, número de individuos por tratamiento y organización del diseño experimental, lo cual deja una base técnica estructurada para su futura ejecución por parte de la empresa.

4.5.1 Diseño experimental

El diseño experimental planteado corresponde a un esquema de bloques completamente al azar, los bloques se conformaron a partir de árboles de la misma especie Oiti (*Licania tomentosa*), de manera que cada bloque estuvo compuesto por dos individuos: uno correspondiente al tratamiento testigo (T0), sin enredaderas y otro correspondiente al tratamiento con enredaderas (T1). En total, el diseño estuvo conformado por ocho (8) bloques, para un total de dieciséis (16) árboles evaluados como se puede observar en la tabla 6.

Tabla 6

Bloques y tratamientos de enredaderas

Bloque	Tratamiento
B1	T1-T0

B2	T1-T0
B3	T1-T0
B4	T1-T0
B5	T1-T0
B6	T1-T0
B7	T1-T0

La asignación de los tratamientos dentro de cada bloque se realizó de forma aleatoria, con el propósito de reducir posibles sesgos y permitir una comparación adecuada entre los tratamientos propuestos.

Los datos se registran mensualmente en el formato de campo (**apéndice E**), las variables a medir son:

Altura total: Para evaluar el crecimiento vertical del árbol.

CAP: Como indicador del desarrollo del tronco.

Área de copa: Para evaluar si la enredadera está teniendo algún efecto en la copa.

Análisis estadístico: Al finalizar el ensayo, se plantea realizar los tratamientos de datos en un ANOVA de un factor: grupo tratado vs grupo no tratado, para comparar medidas de variables.

5. Discusión

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto evidencian que el fortalecimiento de herramientas tecnológicas, como la aplicación forestal ECOSIMAC, constituye un elemento clave para mejorar la gestión del arbolado urbano asociado a la red eléctrica. Las

mejoras implementadas en la aplicación permitieron optimizar la recolección y organización de la información en campo, lo cual facilitó tanto el trabajo operativo de las cuadrillas como el análisis posterior desde oficina. Esto demuestra que la incorporación de soluciones digitales contribuye de manera significativa a la eficiencia de los procesos relacionados con la poda y el mantenimiento del arbolado urbano.

Asimismo, el uso de la información almacenada en ECOSIMAC para la generación de mapas de calor permitió una mejor comprensión de la distribución espacial del arbolado urbano y su interacción con la infraestructura eléctrica. Este tipo de análisis espacial se convierte en una herramienta útil para identificar zonas críticas y priorizar intervenciones, lo que respalda la importancia de integrar sistemas de información geográfica en la planificación del manejo del arbolado urbano.

Por otra parte, el acompañamiento a actividades como el inventario forestal y la revisión de informes de poda permitió evidenciar la necesidad de fortalecer los procesos de seguimiento y control, tanto a nivel técnico como normativo. El análisis de las obligaciones establecidas por la autoridad ambiental resaltó la importancia de contar con información organizada y actualizada que facilite el cumplimiento de los actos administrativos y garantice intervenciones acordes con los criterios ambientales exigidos.

Finalmente, aunque los diseños experimentales relacionados con el uso de fitohormonas inhibitoras de crecimiento y enredaderas no fueron ejecutados, su formulación aporta una base metodológica relevante para el manejo preventivo del crecimiento arbóreo en zonas urbanas. Estos planteamientos abren la posibilidad de evaluar alternativas complementarias a las podas tradicionales, orientadas a reducir la frecuencia de intervención y minimizar los conflictos entre el arbolado urbano y la red eléctrica.

6. Conclusiones

El trabajo desarrollado permitió fortalecer el manejo del arbolado urbano en el área de influencia de Centrales Eléctricas del Norte de Santander mediante la mejora de los procesos de recolección y gestión de información forestal. Las adecuaciones realizadas a la aplicación ECOSIMAC facilitaron el registro de datos en campo, mejoraron la trazabilidad de la información y permitieron contar con una base de datos más organizada y confiable para el análisis técnico.

El uso de la información almacenada en la aplicación permitió apoyar las actividades operativas relacionadas con el componente arbóreo, especialmente a través del acompañamiento al inventario forestal y la revisión de los informes mensuales de poda. Estas actividades aportaron elementos técnicos para el seguimiento de las intervenciones realizadas y para el control de los trabajos ejecutados por los contratistas en campo.

El análisis de los requerimientos establecidos por la autoridad ambiental permitió identificar acciones necesarias para el cumplimiento de las obligaciones asociadas al manejo del arbolado urbano. Este proceso aportó claridad normativa y técnica, facilitando la articulación entre las exigencias legales y las actividades de poda y mantenimiento de la red eléctrica.

La información consolidada en la base de datos hizo posible la elaboración de mapas de calor, los cuales permitieron visualizar la distribución espacial del arbolado urbano y su relación con la red eléctrica. Esta herramienta facilitó la identificación de zonas con mayor necesidad de intervención, convirtiéndose en un apoyo para la planificación y priorización de las actividades de poda.

Finalmente, el planteamiento de los diseños experimentales relacionados con el uso de fitohormonas inhibitoras de crecimiento y enredaderas constituyó un aporte metodológico para el

manejo preventivo del crecimiento del arbolado urbano. Aunque estos ensayos no se ejecutaron, los diseños propuestos pueden ser utilizados en futuras evaluaciones y representan una alternativa técnica para mejorar la convivencia entre el arbolado urbano y la infraestructura eléctrica.

7. Recomendaciones

Con base en el desarrollo del proyecto de grado y en la experiencia adquirida durante la práctica empresarial en Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P., se recomienda continuar fortaleciendo la aplicación forestal ECOSIMAC como herramienta principal para la gestión del arbolado urbano asociado a la red eléctrica. Es fundamental mantener un proceso permanente de mejora, actualización y soporte técnico de la aplicación, con el fin de garantizar su estabilidad, facilitar su uso en campo y asegurar la correcta recolección y almacenamiento de la información generada por las cuadrillas.

Se propone ampliar progresivamente las funcionalidades de ECOSIMAC para que la información recolectada no solo cumpla una función de registro, sino que también sirva como base para el análisis y la toma de decisiones. En este sentido, se sugiere la implementación futura de un sistema de automatización apoyado en inteligencia artificial, el cual utilice la base de datos generada para estimar el crecimiento de las especies arbóreas mediante modelos simples como el Incremento Corriente Anual (ICA) y el Incremento Medio Anual (IMA). Estos modelos, ajustados a las condiciones de la zona de vida y al comportamiento de las especies presentes en el área de influencia, permitirían anticipar el crecimiento del arbolado y programar podas de manera preventiva, reduciendo riesgos sobre la red eléctrica y mejorando la eficiencia operativa.

En relación con el componente técnico y operativo, se sugiere continuar fortaleciendo los procesos de capacitación a coordinadores, interventores y jefes de cuadrilla, asegurando el uso adecuado y estandarizado de la aplicación ECOSIMAC. Una correcta capacitación permite minimizar errores en la toma de datos, mejorar la calidad de la información y facilitar su posterior análisis. Asimismo, se sugiere realizar capacitaciones periódicas para el personal nuevo y refuerzos técnicos cuando se implementen actualizaciones en la plataforma.

Desde el punto de vista ambiental y normativo, se recomienda mantener un seguimiento constante a las obligaciones establecidas por la autoridad ambiental competente, especialmente aquellas relacionadas con las actividades de poda y manejo del arbolado urbano. Es importante fortalecer los procesos de revisión y control de los informes presentados por los contratistas, con el fin de verificar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en los actos administrativos y garantizar que las intervenciones se realicen bajo criterios técnicos y ambientales adecuados.

En cuanto al manejo del arbolado urbano, se propone que en futuras etapas se ejecuten los diseños experimentales propuestos para el uso de fitohormonas inhibidoras de crecimiento y el manejo del componente aéreo mediante enredaderas. La implementación de estos ensayos permitiría evaluar su efectividad como alternativas complementarias a las podas tradicionales y generar información cuantitativa que respalde su aplicación en contextos urbanos, especialmente en zonas con alta interferencia con la red eléctrica.

Finalmente, se sugiere fortalecer el análisis espacial del arbolado urbano mediante el uso de herramientas de información geográfica, integrando la información de ECOSIMAC con mapas de calor y datos de la red eléctrica. Esto permitiría identificar zonas críticas de intervención, priorizar actividades de poda y mejorar la planificación a nivel local y regional, contribuyendo a una gestión más eficiente, preventiva y sostenible del arbolado urbano.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, L. F. G., Benavides, J. G. C., Valenzuela, X. G. V., Molina, Ing. E. M. V., & Guerrero, M. J. C. (2023). Diagnóstico del arbolado Urbano en la Ciudad de Ibarra, como base para una gestión de arbolado más humano. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 5613–5632. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V7I2.5743
- Alvarado-Solano, D. P., & Otero Ospina, J. T. (2015). Spatial distribution of tropical dry forest in Valle del Cauca, Colombia. *Acta Biologica Colombiana*, 20(3), 141–153. <https://doi.org/10.15446/ABC.V20N2.46703>
- Ana, W. de O. S., de Faria, J., Zavarize, M. D. S., Pezente, D. P., Barbosa, V. de C., Spacek, A. D., Vianna, M. P., & Ando Junior, O. H. (2022). Methodology for Defining Priority Locations for Carrying out a Forest Inventory in Points with Conflict between Urban Tree Planting and the Electricity Grid. *Energies* 2022, Vol. 15, Page 684, 15(3), 684. <https://doi.org/10.3390/EN15030684>
- Angel, A., Carrizales, G., Estefanny, A., & Presentacion, R. (2024). *Análisis de la influencia de la estructura dasométrica y espacial en la germinación de semillas de la especie Polylepis incana en el bosque de Ranracancha, Huancavelica-2023.*
- Ardila, N. J. M., & Tejedor, S. S. V. (2023). Plan de manejo ambiental para el proceso integral de poda y/o tala de vegetación asociada al mantenimiento de redes de energía eléctrica en el área de jurisdicción de Centrales Eléctricas de Norte De Santander. *Revista Cartografica*, 2022(105), 7–30. <https://doi.org/10.35424/RCARTO.I105.1071>

- Boiko, T., & Boiko, P. (2024). Preliminary studies of the phytosanitary condition of urban greenery in the city of Kropyvnytskyi (Ukraine). *Ukrainian Journal of Ecology*, 14(2), 1–7. https://doi.org/10.15421/2024_538
- Boudet, J. (2024). *Evaluación del riesgo de caída de árboles en espacios verdes urbanos como herramienta de gestión: caso de estudio: plaza Dardo Rocha, La Plata, Buenos Aires*. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/9198>
- Cali, M. A. (2018). *Análisis de la actividad de poda en arbolado urbano perteneciente a la ciudad de La Plata*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/70796>
- Cárdenas Loor, V. S. (2020). *Arbolado urbano como estrategia para mejorar el confort térmico y la movilidad urbana, frente al Cambio Climático para la ciudad de Portoviejo, Provincia de Manabí-Ecuador*. <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/17284>
- Christoph Kleinn. (2000). *Inventario y evaluación de árboles fuera del bosque en grandes espacios*. <https://www.fao.org/4/x3989s/x3989s03.htm>
- Degerickx, J., Roberts, D. A., McFadden, J. P., Hermy, M., & Somers, B. (2018). Urban tree health assessment using airborne hyperspectral and LiDAR imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 73, 26–38. <https://doi.org/10.1016/J.JAG.2018.05.021>
- G., K., & S., B. (1993). Una nueva vision de la silvicultura urbana. *Unasyuva*, 44.
- Gallego, J. H., L.E. & Sierra-Giraldo, J. A. 2014. M. de, Silvicultura Urbana para Manizales. CHEC, Alcaldía de Manizales, C. y, & Universidad de Caldas. Manizales. 130 p. (2014). Silvicultura Urbana. *Researchgate.Net*. https://www.researchgate.net/profile/Julio-Sierra-Giraldo/publication/281275309_Manual_de_Silvicultura_Urbana_para_Manizales/links/55de25be08ae45e825d39915/Manual-de-Silvicultura-Urbana-para-Manizales.pdf

- Gómez Ochoa Sebastián. (2018). *La silvicultura en la planificación urbana sostenible en el centro de Medellín – Colombia*. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/9130>
- González F. Jesús David. (2021). *Manual de Silvicultura Urbana de Cúcuta*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (n.d.). Retrieved May 3, 2025, from <https://www.ideam.gov.co/>
- Jiménez Jara Joaquín. (2016, November). *Vista de Faltan criterios para escoger árboles de uso urbano*. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales/article/view/9292/11007>
- Manuel de Jesús Vera Cabral, O., Krulikowski Rodrigues, C., Armando Barúa Acosta, H., José Bonnin Acosta, J., & da Silva Lopes, E. (2021). PRUNING OPERATION IN URBAN TREES USING TWO AERIAL WORK PLATFORMS. *Floresta*. <https://doi.org/10.5380/rf.v51>
- Matiuk, J. (2016). *Reducing the Conflict between Trees and Overhead Utility Lines through Public Awareness and Education*. <https://vtechworks.lib.vt.edu/items/c0d8879f-269d-4f75-a984-424027ca3b70>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2. (2017). *BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS*.
- Muscas, D., Orlandi, F., Petrucci, R., Proietti, C., Ruga, L., & Fornaciari, M. (2024). Effects of urban tree pruning on ecosystem services performance. *Trees, Forests and People*, 15, 100503. <https://doi.org/10.1016/J.TFP.2024.100503>

- Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A., & Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*, 193, 119–129. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2014.05.028>
- Ordóñez, C., Threlfall, C. G., Kendal, D., Baumann, J., Sonkkila, C., Hochuli, D. F., van der Ree, R., Fuller, R. A., Davern, M., Herzog, K., English, A., & Livesley, S. J. (2023). Quantifying the importance of urban trees to people and nature through tree removal experiments. *People and Nature*, 5(4), 1316–1335. <https://doi.org/10.1002/PAN3.10509>
- Organización de las Naciones Unidas [FAO], (s. f.). (2025). *Conjunto de herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS) | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/forest-inventory/basic-knowledge/es/>
- Panecki, T., & Pokojski, W. (2019). A missing link in cartographic visualization? A case study of “heat maps” effectiveness. *Abstracts of the ICA*, 1, 1–1. <https://doi.org/10.5194/ICA-ABS-1-288-2019>
- Pintado Corte, S. E., & Astudillo Pacheco, D. F. (2021). *Inventario forestal y estimación de la captura del carbono en los cuatro parques urbanos y en las riberas de los ríos Santa Bárbara y San Francisco en la zona turística del cantón Gualaceo*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21116>
- Podkovyrov, I., Kovaleva, T., ... T. A.-... S. E. and, & 2019, undefined. (n.d.). The influence of urbanization on the phytosanitary status of elm plantations of Volgograd agglomeration. *Iopscience.Iop.Org*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/390/1/012038>
- Pregitzer, C. C., Ashton, M. S., Charlop-Powers, S., D’Amato, A. W., Frey, B. R., Gunther, B., Hallett, R. A., Pregitzer, K. S., Woodall, C. W., & Bradford, M. A. (2019). Defining and

- assessing urban forests to inform management and policy. *Environmental Research Letters*, 14(8), 085002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/AB2552>
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F., & Real, P. (1997). *Mensura Forestal-Prodan PDF | PDF*. <https://es.scribd.com/document/343460289/Mensura-Forestal-Prodan-pdf>
- Ramos- - Revista de Biología, & LastNameLastNameLastName2020, undefined. (n.d.). Vehicular emissions effect on the physiology and health status of five tree species in a Bogota, Colombia urban forest. *Revistas.Ucr.Ac.Cr*. Retrieved March 27, 2025, from <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/40248>
- Rojas Méndez, J. A. (2022). *Evaluación del estado fitosanitario y de manejo de la vegetación arbórea y arbustiva del ornato en el casco urbano del municipio de Fortul, Arauca*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/51380>
- Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M., & Yujuan, C. (2016). G. on urban and peri-urban forestry. F. F. P. (FAO) eng no. 178. (2018). Guidelines on Urban and Peri-Urban Forestry. *Fao*, November, 0–158. <https://flore.unifi.it/handle/2158/1117736>
- Territorial, G. T.-C.-R. B. U., & 2013, undefined. (n.d.). Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia. *Redalyc.Org*. Retrieved March 24, 2025, from <https://www.redalyc.org/pdf/748/74829048012.pdf>
- Tesfahun, W. (2018). A review on: Response of crops to paclobutrazol application. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1525169>
- Tyrväinen, L., Pauleit, S., Seeland, K., & De Vries, S. (2005). Benefits and Uses of Urban Forests and Trees. *Urban Forests and Trees: A Reference Book*, 81–114. https://doi.org/10.1007/3-540-27684-X_5

- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167–178. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2007.02.001>
- Villa Guerrero, P., Quito León, E., & Rosa, S. (2024). Dasometría temprana de Balsa (Ochroma Pyramidale), en el sitio vega rivera, santa rosa, Ecuador. *Revista Recursos Naturales Producción y Sostenibilidad*, 3(2), 27–35. <https://doi.org/10.61236/RENYPYS.V3I2.799>

Apéndices

Apéndice A.

Toma de datos dasométricos.



Apéndice B.

Base de datos

N°	Codigo	Observacion	Alimen	Direcci	Latitud	Longitu	Distan	Altura	Cop	CAF	Afecta	Afecta	Afecta	Estad	Nombre científico	Estado	Ot	Ot Ma	Depart
1	ARB-5-16	Ninguna	BELC21	cens	7.904802	-72.5051	3	0	0	65	No	No	No	Activo	MANGUITO	SANO	34	112131	NORTE DE
2	ARB-15-6		CULC1	av 19 cll19	7.879649	-72.5268	2	2	40	20	No	Ecológico	No	Activo	NN	SANO	106	78964	NORTE DE
3	ARB-15-7		CULC1	av 19 cll19	7.879429	-72.5269	2	2	25	30	No	Ecológico	No	Activo	NN	SANO	106	78964	NORTE DE
4	ARB-15-5		CULC1	av 19 cll19	7.87968	-72.5269	3	3	30	35	No	Ecológico	No	Activo	NN	SANO	106	78964	NORTE DE
5	ARB-15-26		BELC28	cil9 #21-14	7.895781	-72.5414	4	3	30	25	No	No	No	Activo	NEEM	SANO	126	67823	NORTE DE
6	ARB-18-2		BELC28	limoncito	8.098248	-72.5535	3	3	25	70	No	No	No	Activo	TROMPLILLO	SANO	159	628292	NORTE DE
7	ARB-7-31		SEVS10	cens	7.90537	-72.5042	6.5	3.9	20.1	46.7	Trenzado	No	No	Activo	MANGUITO	SANO	35	189467	NORTE DE
8	ARB-2-45		BELC28	cil 3 4-25	7.930491	-72.5062	3	4	6	50	No	No	No	Activo	OITHI	SANO	62	648490	NORTE DE
9	ARB-15-3		CULC1	sub estac	7.879013	-72.5273	3	4	36	30	No	Ecológico	No	Activo	NEEM	SANO	106	78964	NORTE DE
10	ARB-15-4		CULC1	av 19 cll19	7.881045	-72.5282	3	4	25	25	No	Ecológico	No	Activo	NN	SANO	106	78964	NORTE DE
11	ARB-10-24		SEVC4	av 8 # 7n-1	7.908471	-72.5059	4.5	4	9	70	No	No	No	Activo	NEEM	SANO	172	585368	NORTE DE
12	ARB-10-25		INSC92	KDX 30 VE	7.961311	-72.4915	1	4	18	100	No	No	No	Activo	CUJI	SANO	170	585359	NORTE DE
13	ARB-7-26	ninguna	SEVS10	cens	7.905092	-72.5043	5.3	4.3	26.1	85.9	No	Ecológico	No	Activo	MANGUITO	AMBIENT/	35	189467	NORTE DE
14	ARB-7-40		SEVC6	calle 5	7.9045	-72.503	1	4.3	15.3	28.6	Trenzado	No	No	Activo	MANGUITO	DAÑO FIS/	41	287504	NORTE DE
15	ARB-7-52		BELC28	barrio aer	7.930481	-72.5062	4	4.5	4	40	No	No	No	Activo	MANGUITO	SANO	71	45678	NORTE DE
16	ARB-2-51		BELC28	cil3 3-43	7.9305	-72.5062	5	4.5	6	50	Trenzado	No	No	Activo	NEEM	SANO	62	648490	NORTE DE
17	ARB-7-27		SEVS10	cens	7.905182	-72.5043	5.6	4.8	24.3	48.7	No	Ecológico	No	Activo	MANGUITO	DAÑO ATT/	35	189467	NORTE DE
18	ARB-7-34		SEVS10	cens	7.905613	-72.5042	5	4.9	29.8	39.4	Abierto	Abierto	No	Activo	MANGUITO	SANO	35	189467	NORTE DE
19	ARB-2-1		ZULC1	parque pr	7.90523	-72.5045		5	0.03	0.5	Trenzado	Ecológico	Si	Activo	MANGUITO	SANO	2	15478	NORTE DE
20	ARB-1-6		SEVC6	cens	7.904963	-72.5042	5	5	52	60	No	No	No	Activo	MANGUITO	SANO	21	122656	NORTE DE
21	ARB-1-3	observacion orueba	SEVC6	cens	7.904786	-72.5047	5	5	12	60	No	No	No	Activo	MANGUITO	SANO	21	122656	NORTE DE

Apéndice C.

Mejora de fecha y hora en la aplicación Ecosimac



Apéndice D.

Formato para la toma de datos del DE Paclobutrazol

FORMATO APLICACIÓN DE PACLOBUTRAZOL															
FECHA:						LUGAR:									
N°	Nombre Común	Coordenada	Bloque	Tratamiento	CAP (cm)	Altura total (m)	Copa		Monitoreo			Manejo Silvicultural			Observaciones
							X	Y	N° Rebotes	Longitud de rebotes (cm)	N° Follolos	P_Mantenim	P_Lateral	P_Reducc	
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															

Apéndice E.

Marcaje de árboles para el DE Paclobutrazol



Apéndice F.

Formato para la toma de datos del DE Enredaderas.

FORMATO IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES											
FECHA:	LUGAR:			COORDENADAS:							
Nº	Nombre Común	CAP (cm)	H total (m)	Área C (m)	Enredadera	Nº enredaderas	CAP (cm)	H (m)	Área C (m)	H insercción (m)	Tipo Anclaje
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											

Apéndice G.

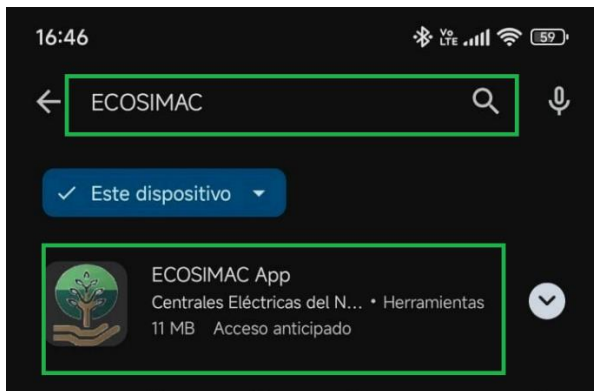
Manual de Usuarios aplicación Ecosimac

MANUAL DE USUARIOS APP DE TALAS Y PODAS CENS.


TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN 2025

Instalación de la APP ECOSIMAC en el dispositivo móvil

Ingresa a la tienda de aplicaciones de Android Play Store, realiza la búsqueda de la aplicación ECOSIMAC.



Configuración inicial para ingresar

Antes de registrar un usuario y contraseña, es necesario abrir la aplicación y seleccionar el ícono de Configuraciones . En esta sección, se debe ingresar el nombre de la cuadrilla a la que pertenece el usuario debe ser el mismo que está en el sistema de ECOSIMAC web.

Es importante destacar que la opción de Servidor debe mantenerse con la configuración predeterminada que aparece en la aplicación, salvo que se indique lo contrario por parte del área de soporte técnico.



Una vez completados estos pasos, se puede proceder al registro del usuario de dominio y contraseña.

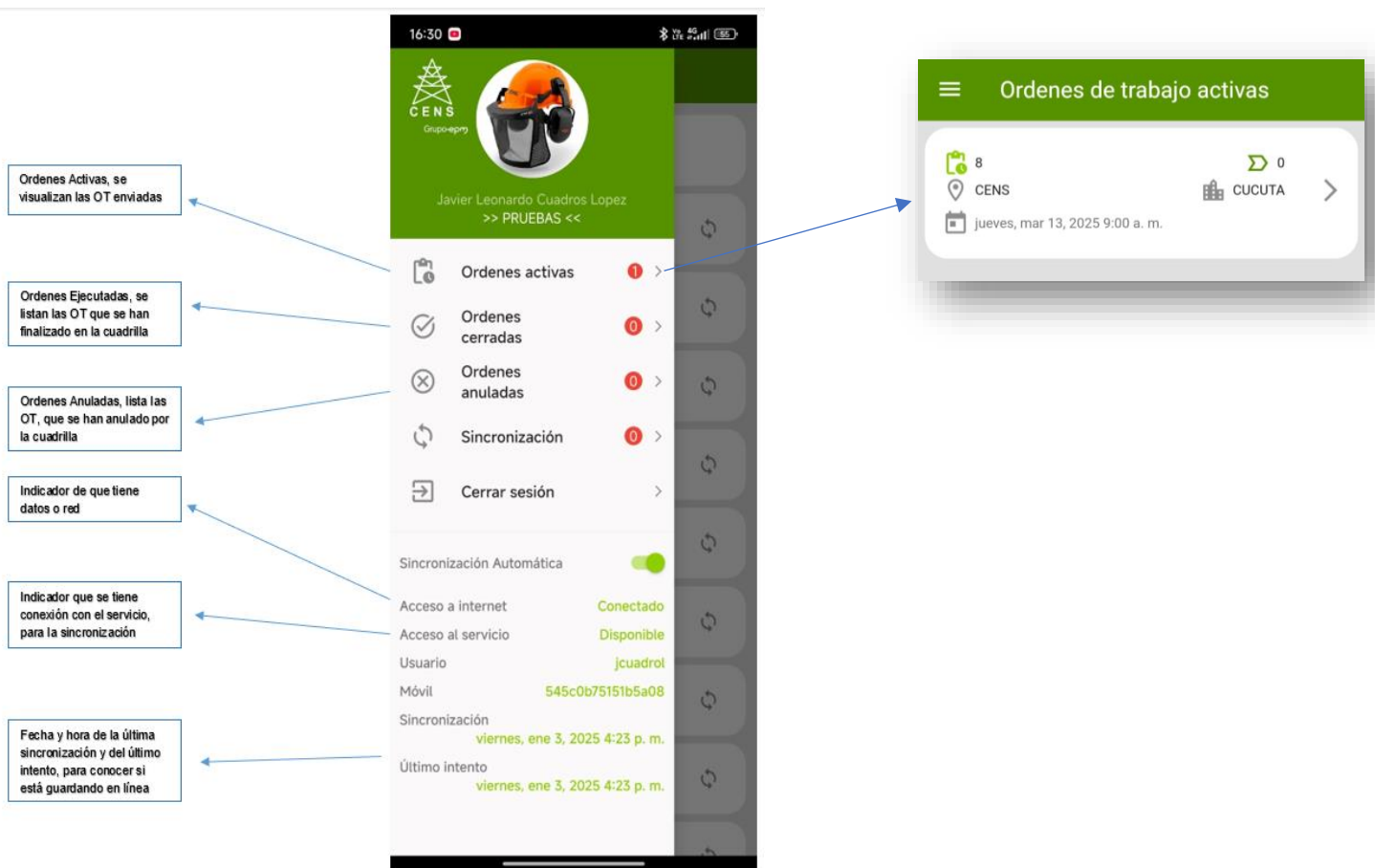


Dar clic en ingresar

Nota: los nombres de las cuadrillas solo se pueden usar en un dispositivo móvil, no se pueden repetir. Las personas que pueden ingresar al dispositivo móvil son aquellas que se han asociado a la cuadrilla.

Abrir el instalador y verificar la OT

Verificar que tenga Ordenes Activas, Sincronización en cero (0) y automática. Después de ello, seleccionamos ordenes activas.



Suspender: En caso de que se deba suspender la OT se debe seleccionar la razón según la lista desplegable; la orden suspendida se va a ver reflejada en el símbolo de la mano levantada.

Inicio: Después de seleccionar la orden de trabajo, damos asignar y agregamos la fecha y hora en INICIO. Para registrar un árbol, nos dirigimos al símbolo de árbol.

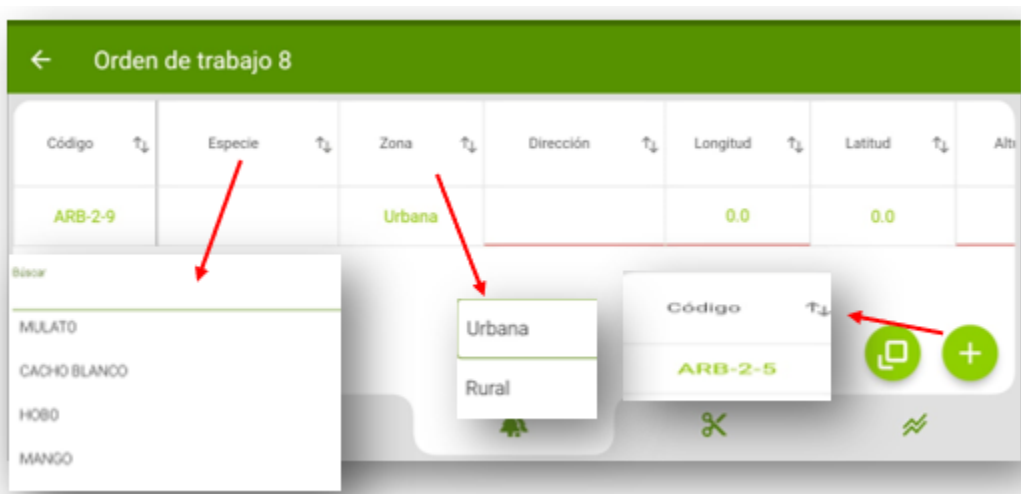


Inicio: Después de seleccionar la orden de trabajo, damos asignar y agregamos la fecha y hora en INICIO. Para registrar un árbol, nos dirigimos al símbolo de árbol.



Registro de árboles:

Después de dar un token en el símbolo árbol se debe llenar los siguientes espacios:



Código del árbol: El código del árbol se genera por defecto, este código es único y no se repite; si elimina un árbol este código se pierde el código, cada vez que se requiera agregar un árbol nuevo es necesario dar un token en el símbolo (+).

Especie: Todo vegetal perenne y de estructura leñosa que proporciona servicios sociales, culturales y ecológicos. Se debe registrar individuos con un DAP mayor a 10cm.

Zona: Se debe especificar URBANA O RURAL.

Dirección: Se debe diligenciar de manera escrita en zona urbana. En lo rural se debe escribir la vereda o la finca.

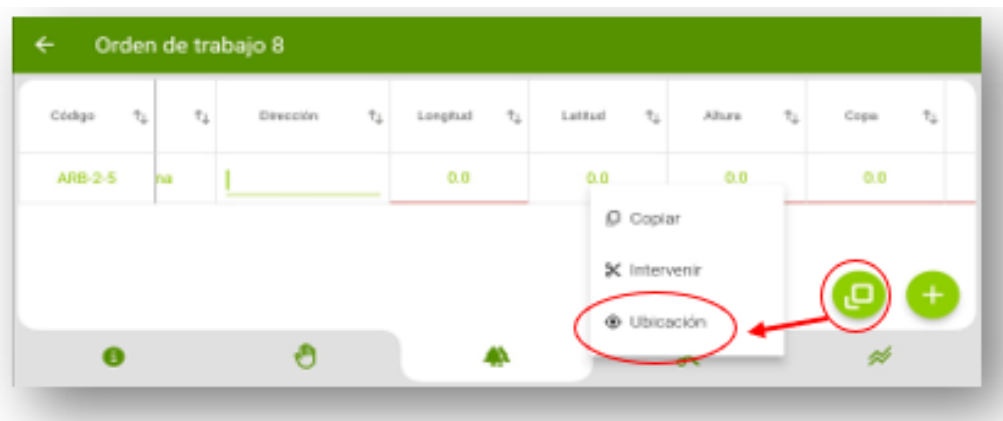
Longitud

y

latitud:



Coordenadas del árbol, dar dos (2) token en longitud para que se despliegue la información, seguidamente se selecciona ubicación y por defecto se registra la información.



Distancia Red: Es la distancia que hay entre la última rama de la copa hasta el cableado de la red, la distancia se mide en metros.

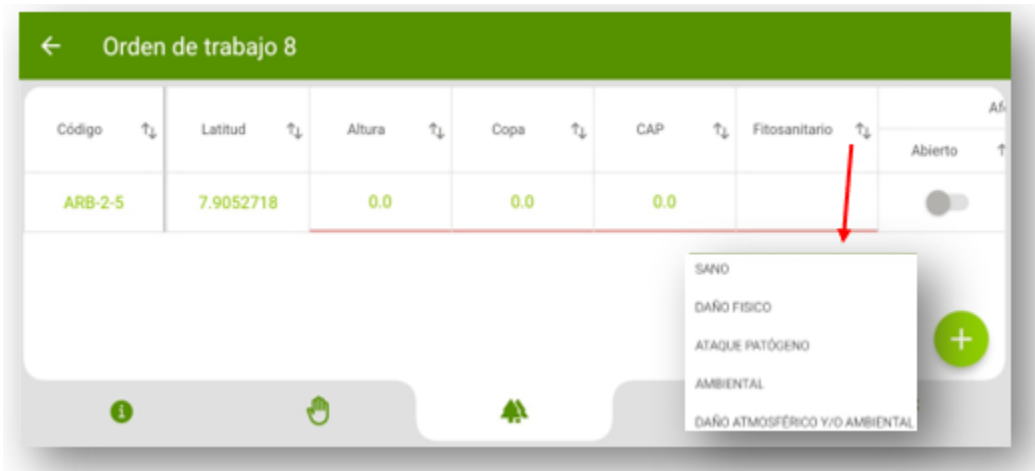
Altura: Distancia que hay desde la base del árbol hasta la parte más alta de su copa, se mide en metros.

Copa: Distancia entre los dos extremos de la proyección de la copa de un árbol sobre el suelo. Se debe tomar en ambas direcciones: norte-sur y este-oeste y multiplicarlas, el resultado se da en metros.

CAP (cms): Circunferencia a la altura del pecho, se debe tomar la altura del árbol a 1.3 metros desde el suelo, se mide en centímetros.



Estado fitosanitario: Hace referencia a la sanidad o salud del árbol, se selecciona según el estado del árbol con la lista desplegable.



AFECTACIONES: Hace referencia al tipo de red con el cual está haciendo contacto el árbol la red:

Afecta BT: Se refiere al árbol que está en contacto con la red de Baja Tensión. Seleccionar tipo de afectación: **afecta abierto** se refiere a la red a cable desnudo; **afecta trenzado**, la red que, si está protegida con cable cubierto o en cauchutado, trenzado

Afecta MT: Se refiere al árbol que está en contacto con la red Media Tensión. Seleccionar tipo de afectación: **afecta abierto** se refiere a la red a cable desnudo; **afecta cable ecológico**, la red que, si está protegida con cable cubierto.

Afecta AT: Alta tensión: Se refiere al cableado que sale de las torres de alta tensión.

Código	Afecta BT		Afecta MT		Afecta AT	Obs
	Abierto	Trenzado	Abierto	Ecológico		
ARB-7-47	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ARB-7-36	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ARB-7-35	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

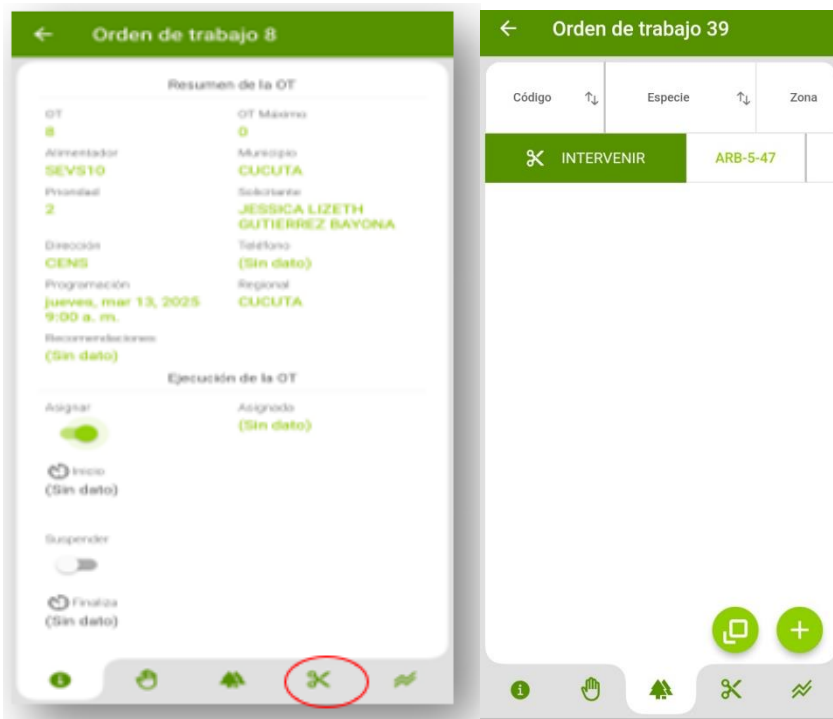
OBSERVACIÓN: Registrar información que se considere pertinente.

FOTO: La foto se puede realizar de dos maneras: La primera es dando un token sobre el simbolo de la camara. La segunda deslizando a la derecha, darle token a evidencia y tomar la foto.



Registro de intervención de los árboles: ✂

Para registrar la intervención se tiene dos opciones: La primera es dar en el símbolo de las tijeras y segunda opción en la pestaña de registro del árbol, sobre el código se desliza a la derecha.

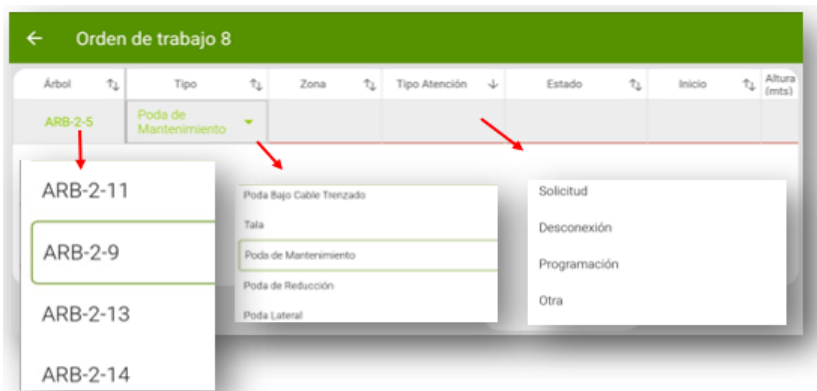


Selección del árbol: Se selecciona el código del árbol que se va a intervenir.

Tipo: Selecciona el tipo de intervención que se le va hacer al árbol de acuerdo a la lista desplegable.

Tipo Atención: Se selecciona según la lista desplegable que tipo de atención se realizo.

Estado: Hace referencia al mismo estado fitosanitario mencionado en el numeral 1, se debe seleccionar la opción según la lista desplegable.



DATOS DE LA PODA:

Árbol	Inicio	Altura Inicial (mts)	Copa Inicial (mts)	Altura Final (mts)	Copa Final (mts)	CAP (mts)
ARB-2-9		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Inicio: Seleccionar la hora que inicia la poda.

Altura inicial: Se registra la altura total del árbol antes de iniciada la poda, la medida se calcula en metros.

Copa inicial: El total del área de la copa antes de iniciada la poda, la medida se calcula en metros.

Altura final: Se registra la altura nueva del árbol después de la poda, la medida se calcula en metros.

Copa final: La nueva área de copa finalizada su poda, la medida se calcula en metros.

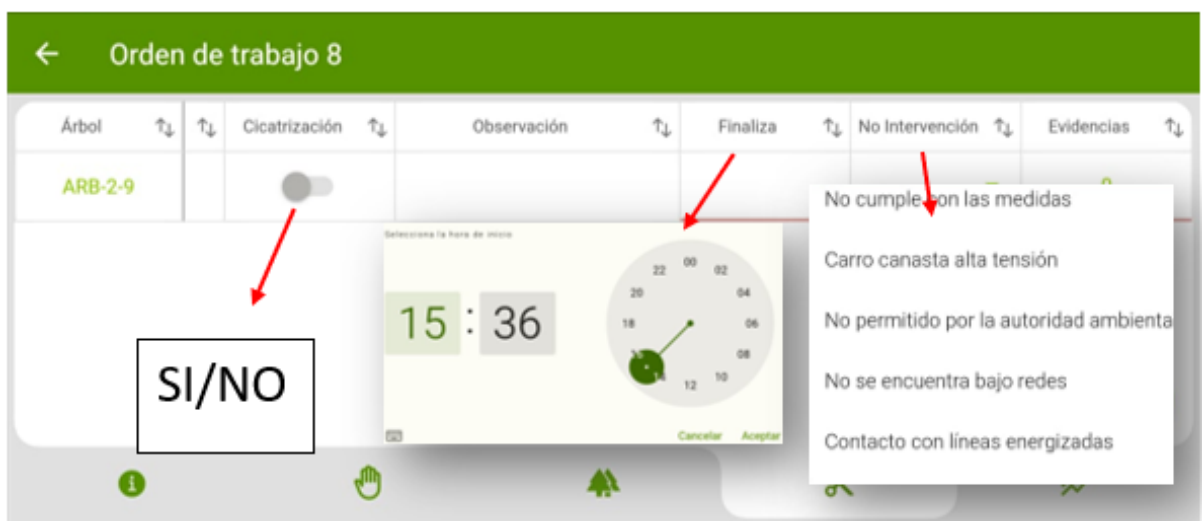
CAP: Circunferencia a la altura del pecho, se debe tomar la altura del árbol a 1.3 m desde el suelo, la medida se calcula en centímetros.

Cicatrización: Se usa para las heridas luego de las podas en arboles futales y ornamentales para favorecer la cicatrización de la herida.

Finaliza: Seleccionar la hora que se termina la poda.

No intervención: Cuando no se pueda intervenir se debe seleccionar la causa según la lista desplegable.

Evidencia: Se toma la fotografía solo deslizando hacia la derecha.



Tipo de intervención: 

En esta ventana se registra el tipo de intervención:

Poda despeje de trocha: Es el despeje o poda que se realiza a vegetación de menos de 10 cm de DAP y que puede alcanzar la red de energía, se calcula entre una coordenada inicial y otra final.

Limpieza de estructura: Es el despeje o limpieza de estructuras debido a la vegetación herbácea o enredaderas.

Kilómetros de red despejada: Es la longitud del tramo, alimentador o circuito que se libera o se despeja el contacto de la red de energía con las ramas de los árboles.

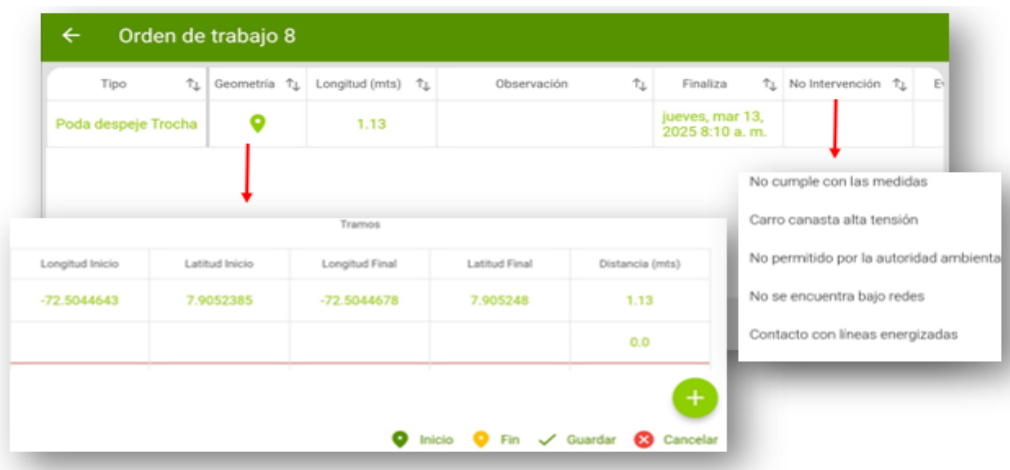
NOTA: Se deben diligenciar los demás campos de acuerdo con lo mencionado en el numeral 1 y 2 (Zona, Tipo de atención e inicio, observación)



Geometría: Es el cálculo de la distancia del despeje o intervención realizada mediante una coordenada inicial y otra final. Si se desvía o hace un giro se debe poner la coordenada final y ahí mismo y agregar en el (+) la siguiente coordenada inicial y así sucesivamente en caso de que se requiera.

NOTA: En limpieza de estructura debe ubicar una coordenada inicial y una final en el mismo lugar ya que este no se registra en tramos.

Longitud: El sistema registra la longitud por defecto de acuerdo con la geometría dada.

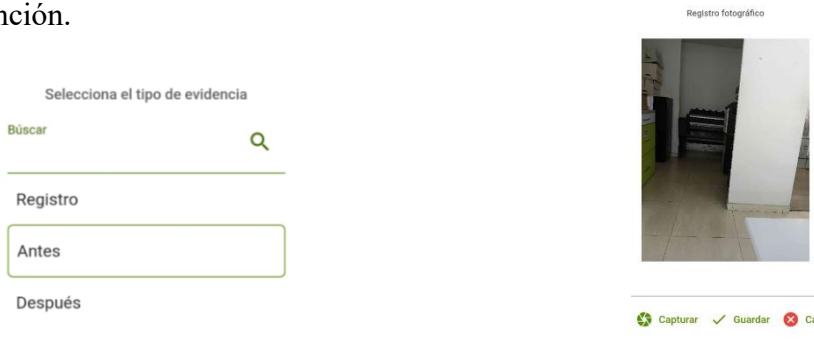


Evidencia: La evidencia o foto se puede realizar de dos maneras: La primera es dando un token sobre el simbolo de la camara. La segunda deslizando a la derecha, darle token a evidencia y tomar la foto.

Primer Paso: Deslizamos a la derecha y damos token en evidencia:



Segundo Paso: Seleccionamos el registro de la foto si fue antes o despues de la intervención.



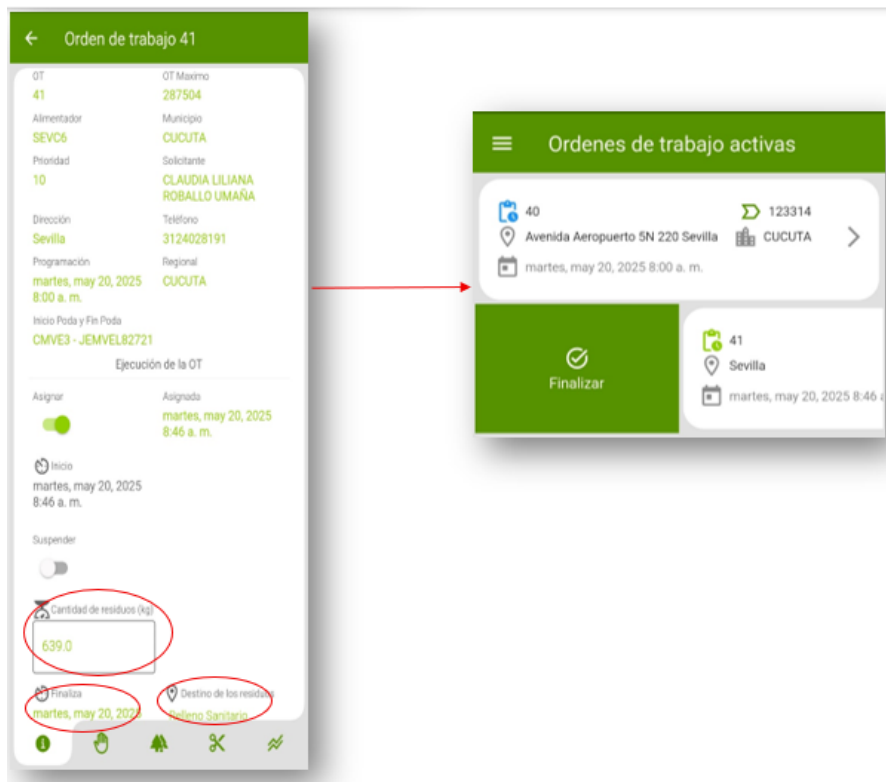
Tercer Paso: Capturamos la foto y le damos guardar.

Cuarto Paso: Despues de confirmar que la foto quedo guardada junto con la fecha y la hora le damos guardar y así queda el registro de la evidencia.



Finalizar OT:

Para finalizar la Orden de Trabajo es necesario incluir los Kg de residuos, el destino de los residuos según la lista desplegable y la hora en que se finaliza el trabajo. Después de ellos volvemos a donde está la orden activa, deslizamos a la derecha y le damos un token en finalizar.



La OT queda en estado finalizada en el Móvil y en la Web se debe cerrar la OT diligenciando la fecha y hora de cierre.

La solicitud queda en estado Cerrada, cuando se han cerrado todas las OT.

