

**INFORME LEVANTAMIENTO DE INVENTARIO FORESTAL ESPECIES EXÓTICAS EN EL PDEM
ENTRENUBES
METODOLOGIA Y AVANCE DE RESULTADOS**

**CONTRATO INTERADMINISTRATIVO No. SDA-CD-20251465
AGUAS DE BOGOTÁ S.A ESP.**

Gerencia de Gestión Ambiental

BOGOTÁ D.C., FEBRERO DE 2026



1. INTRODUCCIÓN

En el marco del levantamiento del inventario forestal de especies exóticas adelantado en el Parque Distrital Ecológico de Montaña (PDEM) Entrenubes, específicamente en el polígono Cuchilla del Gavilán, dentro del predio identificado con ID 75, se implementó inicialmente un sistema de captura de información basado en formularios digitales (Google Forms), con el propósito de registrar las variables dasométricas, sanitarias y espaciales requeridas para el proceso.

Durante su fase de implementación en campo se evidenciaron limitaciones técnicas, metodológicas y operativas asociadas a la estructura del formulario, la validación de campos, la estandarización terminológica y la trazabilidad de la información, lo cual generó riesgos en la consistencia y comparabilidad de los datos recolectados.

Adicionalmente, es importante señalar que el desarrollo del inventario presentó condicionantes asociados a las características biofísicas del terreno, tales como pendientes pronunciadas que dificultan el acceso y la movilidad del equipo técnico. En algunos sectores fue necesario realizar apertura manual de senderos para acceder a los individuos arbóreos objeto de registro, lo cual a su paso derivó en afectaciones puntuales sobre la vegetación nativa circundante. Asimismo, se identificaron áreas con presencia de encharcamientos y zonas inundables asociadas a acumulación de aguas residuales, situación que limitó el acceso en determinados puntos y representó un factor adicional de riesgo operativo y sanitario durante las actividades de campo.

En respuesta a estas observaciones, se diseñó una metodología estructurada, soportada en la normatividad ambiental vigente, en un protocolo técnico formal como lo son las fichas de aprovechamiento forestal de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y en una herramienta especializada de captura y gestión de datos (Memento Database), orientada a fortalecer el control de calidad, la integridad de la información y la estandarización de los registros generados durante el levantamiento en campo.

El presente documento describe el proceso de ajuste metodológico, los criterios adoptados para la estructuración del protocolo y las mejoras implementadas en el sistema de captura de información, así como los alcances y consideraciones técnicas del inventario realizado, buscando que la propuesta metodológica se enmarque en la normativa ambiental vigente a nivel distrital y nacional aplicable al manejo, evaluación e intervención del arbolado urbano y especies forestales en el Distrito Capital.

2. OBJETIVO

Documentar la metodología estandarizada para el levantamiento del inventario forestal de especies exóticas, incluyendo el proceso de transición metodológica, los criterios técnicos adoptados y las limitaciones identificadas durante su implementación.

3. ALCANCE

El siguiente ajuste metodológico aplica para el levantamiento de individuos arbóreos exóticos presentes en el área protegida del PDEM Entrenubes, el cual incluye:

- Registro de variables de localización, dasimetría, estado físico y sanitario del individuo, interacción biótica y nivel de riesgo.
- Estandarización de criterios técnicos de evaluación.
- Sistema de trazabilidad fotográfica.
- Consolidación de información en matriz estructurada.
- Salidas gráficas georreferenciada donde se visualiza la ubicación de cada individuo.

4. MARCO NORMATIVO

La gestión y el manejo de especies forestales exóticas en áreas protegidas de carácter urbano, como el Parque Distrital Ecológico de Montaña Entrenubes (PDEM), se enmarcan en un conjunto de disposiciones legales, técnicas y científicas orientadas a garantizar la sostenibilidad ecológica, la conservación de los ecosistemas y la regulación de las intervenciones silviculturales. En el contexto colombiano, la Constitución Política de 1991 establece en sus artículos 79 y 80 el derecho a un ambiente sano y la obligación del Estado de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales bajo criterios de desarrollo sostenible, conservación y restauración. Estos principios son desarrollados por la Ley 99 de 1993, que crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y define las competencias de las autoridades ambientales para regular el uso, manejo y conservación del recurso forestal.

En materia normativa específica, el Decreto 1076 de 2015 regula el aprovechamiento forestal en el territorio nacional, estableciendo su clasificación y la obligatoriedad de contar con información técnica que respalde cualquier intervención, dentro de la cual los inventarios forestales constituyen un requisito fundamental. A nivel distrital, el Decreto 531 de 2010 ficha, reglamenta la silvicultura urbana, las zonas verdes y la jardinería en Bogotá, definiendo lineamientos para el manejo del arbolado y promoviendo prácticas que reduzcan impactos ambientales negativos, especialmente en contextos donde las especies exóticas pueden alterar la dinámica ecológica.

En este marco, especies como el eucalipto (*Eucalyptus spp.*) requieren un manejo diferenciado, dado su potencial impacto sobre la biodiversidad, el régimen hídrico y las condiciones edáficas de los ecosistemas (Calder et al., 1997; Lugo & Helmer, 2004). Por ello,

la silvicultura aplicada en áreas protegidas urbanas no se orienta exclusivamente a fines productivos, sino al control, manejo y, cuando sea necesario, a la reducción progresiva de estas especies, sustentada en diagnósticos técnicos rigurosos.

La sustitución de especies forestales exóticas por especies nativas se constituye como una estrategia clave de restauración ecológica, ampliamente respaldada tanto por la normativa ambiental como por la literatura científica. Estudios han evidenciado que plantaciones de *Eucalyptus spp.* pueden afectar la disponibilidad hídrica y limitar el establecimiento de especies nativas, particularmente en ecosistemas altoandinos y urbanos (Calder et al., 1997; Lugo & Helmer, 2004). En este sentido, organismos internacionales como la FAO y la UICN recomiendan la eliminación gradual de especies exóticas en áreas de conservación, bajo enfoques de manejo adaptativo y gestión integral del paisaje.

En este contexto, los inventarios forestales adquieren un papel central como instrumento técnico y normativo, al permitir la caracterización detallada de variables como localización, dasimetría, estado físico, estado sanitario, nivel de riesgo e interacción biótica de cada individuo. Esta información garantiza la trazabilidad y proporciona el soporte necesario para la toma de decisiones relacionadas con el manejo, aprovechamiento, control o sustitución de especies dentro del área protegida.

Para el levantamiento realizado en el predio ID 75 del PDEM Entrenubes, se implementó un proceso de ajuste metodológico orientado a fortalecer la calidad, consistencia y comparabilidad de la información recolectada. Inicialmente, la captura de datos se efectuó mediante el uso de los formularios digitales de Google Forms:

Enlace al Google forms No 1.:
<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdb8zIFA7dX4UQKGx7AbJMpOfVptjqdb0XoJkn7P836n34KjA/closedform>

Enlace al Google forms No 2.:
https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScUET2pvUpOaaEnBdz4iFAfgDGEjLJPhAWZ_R6GOVNJUsGuaA/viewform

Es así como mediante el uso de dichos formularios se identificaron limitaciones asociadas a la estructura del formulario, la validación de campos, la estandarización terminológica y la trazabilidad de los registros, lo que representaba variación para la integridad de los datos.

Como contingencia, se propone adoptar una metodología basada en instrumentos técnicos reconocidos por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), incorporando la Recolección de información silvicultural por individuo (Ficha 1) y la Ficha técnica de registro (Ficha 2), las cuales hacen parte del conjunto documental oficial requerido para el trámite de manejo o aprovechamiento forestal de árboles aislados.

En concordancia con estos lineamientos, para la propuesta se migró hacia una herramienta especializada de captura y gestión de datos (Memento Database), lo que permite mejorar la homologación de variables, la validación en campo, la trazabilidad fotográfica por individuo, el control de duplicidades y la consolidación de una matriz estructurada para su análisis y representación georreferenciada.

5. ANTECEDENTES Y DIAGNÓSTICO METODOLÓGICO INICIAL

Es de reseñar que lo avanzado del inventario forestal se desarrolló mediante la evaluación técnica individual de cada espécimen arbóreo exótico registrado, a partir de la evaluación de variables físicas como: nombre común, nombre científico, altura total, altura comercial, diámetro a la altura del pecho (DAP), así como la presencia o ausencia de condiciones tales como daño mecánico, agallas, tumores, inclinación excesiva, ramificación excesiva, copa asimétrica, interferencia con infraestructura, fibra revirada, ramas perpendiculares, grietas, bifurcaciones débiles, muerte descendente, muerte ascendente y raíces desnudas.

En cuanto a las condiciones sanitarias, se registraba la presencia o ausencia de pudrición de raíz, insectos, hongos y gomosis, además de epífitas y nidos asociados. Con base en estas variables se determinaba el estado físico general, el estado sanitario general y el nivel de riesgo (ninguno, moderado o severo). También se registraban coordenadas geográficas, observaciones generales y registro fotográfico.

La georreferenciación se realizaba mediante equipos GPS, y la información era consignada en un formulario digital de Google Forms administrado y de dominio por parte de la Administración del PDEM Entrenubes. Durante la ejecución de este proceso se identificaron una serie de limitaciones, las cuales se describen en el siguiente numeral.

6. JUSTIFICACIÓN DEL REDISEÑO METODOLÓGICO

En el desarrollo del proceso de captura y registro de información mediante el formulario digital implementado en los Google Forms, se identificaron limitaciones que incidieron de manera directa en la estandarización, consistencia y trazabilidad de los datos recolectados. Entre las principales situaciones evidenciadas se encuentran las siguientes:

Inconsistencias conceptuales en variables dasométricas: En el formulario se utilizó el término DAP acompañado de la aclaración “(perímetro)”, lo cual resulta técnicamente contradictorio, dado que el DAP corresponde al diámetro a la altura del pecho, mientras que el perímetro haría referencia al PAP (perímetro a la altura del pecho) o CAP (circunferencia a la altura del pecho). Esta imprecisión conceptual generó ambigüedad en el registro y posibles inconsistencias en la interpretación posterior de la información.

Ausencia de estandarización en los criterios de diligenciamiento: El formulario no contaba con listas desplegables normalizadas ni catálogos predefinidos para ciertas variables, lo que

permitió el registro bajo criterios individuales. En consecuencia, se evidenciaron variaciones en la forma de consignar las mediciones (uso indistinto de DAP, PAP o CAP) y diferencias en el sistema de referencia de coordenadas empleado, afectando la homogeneidad de la base de datos.

Dependencia de conectividad para el registro en campo: La herramienta requería conexión a internet para su funcionamiento. Al tratarse de una zona boscosa con cobertura limitada o inexistente en determinados sectores, se presentaron dificultades para el diligenciamiento oportuno del formulario.

Restricciones operativas de la plataforma: Se alcanzó el límite máximo de respuestas permitido por la herramienta, situación que en un momento determinado impidió el almacenamiento de nuevos registros mientras se desarrollaba la actividad en campo.

Limitaciones en la trazabilidad fotográfica: Los archivos fotográficos se almacenaban con una codificación automática generada por la plataforma, sin un nombre asociado directamente al individuo arbóreo evaluado, lo que dificultó su identificación, verificación y control posterior.

Dificultades en la consolidación y análisis de la información: La estructura de exportación de datos no facilitó procesos eficientes de depuración, validación cruzada y análisis posterior, incrementando los tiempos de procesamiento y revisión técnica. Estas situaciones motivaron el rediseño metodológico y la adopción de una herramienta especializada de captura, tal como se describe en los numerales siguientes del presente informe.

7. METODOLOGÍA PROPUESTA

Una vez identificadas las limitaciones descritas, se procedió al diseño e implementación de una metodología ajustada, estructurada bajo criterios de estandarización técnica, coherencia normativa y trazabilidad de la información. Para su formulación se tomaron como referente los lineamientos establecidos en el Decreto Distrital 531 de 2010 (Derogado y compilado por el art. 450, Decreto Único Sectorial 646 de 2025), y los criterios evaluativos definidos en las Fichas Técnicas 1 y 2 para la solicitud de aprovechamiento forestal ante la Secretaría Distrital de Ambiente.

El protocolo metodológico tiene como propósito garantizar que la información recolectada en campo sea plenamente compatible con los componentes exigidos por la autoridad ambiental para la evaluación de individuos arbóreos, particularmente en lo relacionado con la identificación taxonómica, las condiciones físicas, el estado sanitario y la valoración preliminar del nivel de riesgo.

Como apoyo al levantamiento del inventario forestal de especies exóticas, la metodología propuesta integra el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) las cuales permitieron una adecuada organización espacial del área a inventariar. A partir de estos insumos se realizó la zonificación del predio mediante una grilla de cuadrículas de una hectárea, utilizada como base para la planificación y ejecución del barrido sistemático de las áreas objeto de inventario. Esta aproximación facilitó la orientación en campo, el control del avance del recorrido y la verificación progresiva de las zonas evaluadas, especialmente en un contexto de alta complejidad topográfica y de cobertura vegetal, como el presente. El desarrollo y aplicación de estas herramientas se describen de manera detallada en los apartados posteriores del documento.

Operativamente se propone realizar la captura de la información mediante la aplicación Memento Database, herramienta especializada de registro digital que permite el trabajo en modo offline, la estructuración de campos obligatorios, la validación de datos en tiempo real y la posterior exportación a una matriz consolidada para su análisis. Esta actualización metodológica busca asegurar la homogeneización de los registros, fortalecer los mecanismos de control y verificación en campo, y garantizar la obtención de información técnica consistente, confiable y pertinente para la toma de decisiones. Las variables evaluadas para cada individuo arbóreo son las siguientes:

7.1 Variables evaluadas por cada individuo arbóreo exótico

Dasometría

- Nombre común: Corresponde a la denominación local del individuo arbóreo, utilizada como referencia operativa en campo y como insumo para la identificación rápida de especies en contextos de restauración ecológica (*Plan Distrital de Restauración Ecológica – SDA, 2010; UNAL, 2012*).
- Nombre científico: Identificación taxonómica del individuo a nivel de género y especie, fundamental para diferenciar especies nativas y exóticas y evaluar su compatibilidad con los objetivos de restauración del ecosistema (*Plan Distrital de Restauración Ecológica – SDA, 2010; Van der Hammen, 1998*).
- Altura total: Medida vertical del individuo desde su base hasta el punto más alto de la copa, estima su grado de desarrollo, dominancia y rol estructural dentro del ecosistema.
(*Guías Técnicas de Restauración Ecológica – UNAL, 2012; Estado y perspectivas de los ecosistemas urbanos de Bogotá, 2008–2011*).
- Altura comercial: ángulo que se forma entre un plano vertical o perpendicular al terreno y la línea de dirección en la cual crece el árbol.
- Perímetro o Diámetro a la altura del pecho: Medida del diámetro o perímetro del tronco tomada a la altura estándar 1,30 m, utilizada como indicador del crecimiento, madurez y aporte estructural del individuo al sistema vegetal (*Guías Técnicas de Restauración Ecológica – UNAL, 2012*).

- **Coordenadas:** Corresponden a la localización geográfica del árbol, registrada mediante dispositivos de posicionamiento, con el fin de georreferenciar cada individuo dentro del censo del arbolado urbano. (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de localización y georreferenciación)

Evaluación física

Según el International Society of Arboriculture (ISA), la evaluación de árboles consiste en una inspección sistemática para identificar defectos estructurales y condiciones de salud que puedan afectar su estabilidad y seguridad, integrando observaciones visuales y, cuando es necesario, herramientas de diagnóstico especializado.

Evaluación física en copa: Hace referencia al estado general de la copa del árbol, considerando la presencia, densidad y distribución del follaje como indicador del vigor del individuo. (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de identificación de agentes patógenos):

- **Podas anteriores:** Hace referencia a intervenciones previas de poda evidenciables en la copa, identificables por cortes en ramas o modificaciones en la arquitectura del árbol.
(Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de descripción de intervenciones previas)
- **Podas anteriores antitécnicas:** es la intervención inadecuada de un árbol mediante cortes mal ejecutados o sin criterios técnicos, que no respetan la biología, la estructura ni las normas de arboricultura, generando afectaciones en su salud, estabilidad y desarrollo (ISA, 2017)
- **Podas anteriores técnicas:** se observa cuando: i) no existen desgarraduras ni heridas en el fuste o tronco. ii) cuando no permanecen secciones de la rama cortada incrustadas en el fuste. iii) el corte de la rama no se hace a ras con el fuste. iv) la cicatrización del fuste no presenta exudados ni necrosis de tejidos.
- **Ramas secas:** Corresponde a la presencia de ramas sin follaje o sin actividad fisiológica visible, que forman parte de la estructura de la copa del árbol. (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de evaluación física de copa)
- **Rebrotes:** Según la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), el rebrote es la capacidad de ciertas especies arbóreas de regenerar crecimiento vegetativo a partir de yemas preexistentes o tejidos vivos tras una perturbación, siendo un mecanismo clave en la regeneración y manejo forestal.
- **Copa asimétrica:** Se presenta cuando la copa no tiene una distribución uniforme de ramas y follaje, evidenciando un desarrollo desigual hacia uno o varios costados. (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de defectos estructurales de copa)

- **Ramas en peligro de caída:** Se refiere a ramas que presentan una unión débil al tronco o signos visibles de deterioro, lo cual puede generar riesgo de desprendimiento.
(Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de identificación de riesgo en copa)
- **Desgarre de rama:** Es la separación parcial de una rama del fuste o de otra rama principal, generalmente visible como una fractura o ruptura del tejido leñoso.
(Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de daños físicos en copa)
- **Descope**

Evaluación física del fuste: Describe la conformación del tronco del árbol, la cual puede ser recta, inclinada, torcida o bifurcada, según su desarrollo estructural. (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de identificación de agentes patógenos):

- **Bifurcado:** Se presenta cuando el tronco principal se divide en dos o más ejes estructurales, ya sea a nivel basal o a cierta altura del fuste.
(Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de defectos estructurales del fuste)
- **Bifurcación basal:** Corresponde cuando el árbol presenta doble fuste / codominancia (se “abre en dos”) muy cerca de la base, antes de la altura estándar de medición del DAP (1,3 m).
- **Bifurcaciones basales:** Corresponden a una condición estructural del árbol, el individuo desarrolla dos o más fustes codominantes desde muy abajo (cerca del suelo, antes del punto típico de medición del DAP 1,3 m).
- **Fuste recto:** Corresponde a la condición morfológica/estructural del tronco en la que el eje principal del árbol crece vertical y sin desviaciones marcadas, desde la base hasta el inicio de la copa.
- **Inclinado:** ángulo que se forma entre un plano vertical o perpendicular al terreno y la línea de dirección en la cual crece el árbol.
- **Muy inclinado:** El tronco principal presenta una inclinación marcada (visiblemente “echado”), con desplazamiento lateral evidente del eje del árbol respecto a la vertical, generando desbalance estructural y aumento del riesgo de volcamiento o falla.
- **Torcido:** corresponde a un fuste que presenta torsión/helicoidal: el tronco no solo se inclina o curva, sino que “se enrosca” a lo largo de su eje, con fibras y/o corteza con patrón espiralado.
- **Compartimentalizado:** el termino se utiliza en contextos técnicos de campo para describir árboles cuyo crecimiento ha sido modificado en respuesta a factores externos, generando cambios en su forma, dirección o arquitectura natural.
- **Descortezado:** Corresponde a la pérdida parcial o total de la corteza del tronco, dejando expuesto el tejido interno del fuste.

(Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de daños físicos en fuste)

- Socavamiento basal: Corresponde a la pérdida o “comida” del suelo en la base del árbol, dejando la zona del cuello y/o raíces expuestas o sin soporte, generalmente por acción de agua, escorrentía, erosión o remoción del terreno.
- Presencia de objetos extraños: Indica la existencia de elementos ajenos al árbol, tales como clavos, alambres u otros materiales incrustados en el tronco. (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de observaciones del fuste)
- Presencia de enterramientos
- Daño mecánico: se reconocen como golpes, roturas, agrietamientos, oquedades, estrangulamientos, cortes o inserciones que son causados directa o indirectamente por el hombre.
- Grietas, fisuras o cavidades: Se refiere a la presencia de aberturas, fracturas o espacios visibles en el fuste del árbol, que pueden afectar su integridad estructural. (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de identificación de defectos estructurales)
- Corteza incluida

Evaluación física de raíz: Corresponde a la exposición visible del sistema radicular del árbol sobre la superficie del suelo. (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de identificación de agentes patógenos):

- Raíces descubiertas: Corresponde a la exposición visible del sistema radicular del árbol sobre la superficie del suelo. (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de evaluación física de raíz)
- Poda de raíz: Hace referencia al corte o afectación del sistema radicular, generalmente asociado a intervenciones humanas o adecuaciones del entorno. (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de daños en el sistema radicular)
- No apreciable

Estado físico general: corresponde a la evaluación de las condiciones estructurales y morfológicas del árbol, considerando la integridad del fuste, ramas, raíces y copa, así como la presencia de daños mecánicos o defectos visibles que puedan afectar su estabilidad.

- **Bueno:** El árbol presenta condiciones estructurales adecuadas y sin defectos significativos.
- **Regular:** El árbol presenta defectos leves o moderados que no comprometen de forma inmediata su estabilidad.
- **Malo:** El árbol presenta deterioro estructural significativo con posible riesgo de falla.

Evaluación sanitaria

Según la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), la evaluación sanitaria de los árboles consiste en la identificación y análisis de factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (estrés ambiental) que influyen en su estado de salud y productividad. Asimismo, la International Society of Arboriculture (ISA) establece que la valoración del estado sanitario es un componente esencial de la evaluación del arbolado, ya que permite detectar condiciones que pueden comprometer la seguridad y la longevidad del árbol.

Evaluación sanitaria en copa: Corresponde a la evaluación de la condición sanitaria del follaje y las ramas, considerando la presencia de síntomas visibles de afectación como decoloración, pérdida de hojas, necrosis u otros signos de deterioro. (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de evaluación sanitaria – copa). (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de identificación de agentes patógenos)

- **Herviboría:** Síntoma caracterizado por la ausencia total o parcial de la lámina foliar o acícula, con el pecíolo aún adherido a la hoja, pudiéndose presentar ventanas u orificios, que aún conservan las nervaduras secundarias. Este daño es causado por insectos defoliadores de los ordenes Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera, y Orthoptera.
- **Agallas:** Daño ocurrido al deformarse los tejidos de la planta a consecuencia de la alimentación de hospederos en las zonas de crecimiento, formando un sobrecrecimiento anormal, denominado agalla. Ocasionado principalmente por insectos de los órdenes Hymenoptera, Diptera, Homoptera, Lepidoptera, Coleoptera, así como algunos Ácaros, bacterias, hongos y nemátodos.
- **Necrosis:** Se presenta cuando Los tejidos se mueren y adquieren una coloración oscura, La muerte de las células puede ser ocasionada cuando las toxinas del patógeno penetran en la célula e interfieren en los procesos vitales.
- **Tumores:** Cualquier interferencia con la diferenciación balanceada de un tejido produce crecimientos anómalos, que pueden afectar desde unas pocas células hasta todo un órgano. A menudo esto se debe a hormonas u otros reguladores, producidos por el patógeno, el hospedero, o ambos, y que llegan a afectar las células meristemáticas, generando la formación de abultamientos llamados tumores.
- **Marchitamiento:** Es la Pérdida de turgencia de los tejidos. Los tipos más conocidos de marchites son debidos a infecciones vasculares o a lesiones de la raíz, que generan reducción en la absorción de agua. Las plantas afectadas de esta forma pueden permanecer vivas, pero se marchitan en los periodos de altas temperaturas y sequías. Muchos nematodos, algunos hongos y unas pocas bacterias causan este efecto.
- **Pudrición localizada en copa:** Los tejidos se ablandan y a veces toman una consistencia acuosa, generalmente acompañada de necrosis.

- Presencia de insectos

Evaluación sanitaria en fuste: Hace referencia a la presencia de signos visibles de deterioro sanitario en el tronco, tales como pudrición, exudaciones, presencia de hongos o daños asociados a agentes bióticos. (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de identificación de agentes patógenos)

- Resinosis: Corresponde a la salida o acumulación anormal de resina (una “gomita” pegajosa) en el tronco, ramas o base del árbol. Es una respuesta de defensa: el árbol “sella” y protege un tejido que está siendo afectado.
- Pudrición localizada del fuste: Ocurre cuando las zonas expuestas de las raíces presentan ablandamiento de los tejidos.
- Gomosis: Síntoma relacionado con la presencia de hongos sobre la corteza y el cambium de los árboles, tipificado por la exudación de goma.
- Tumores en el fuste: En el tronco es común encontrar tumores ocasionados por problemas de vivero, originados por la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*, se caracteriza por la presencia de tumores más o menos esféricos sobre la base del tallo o cuello de la raíz.
- Agallas en el fuste: Inflamación o excrecencia de los tejidos vegetales causada por la acción de parásitos. Pueden formarse en cualquier parte de la planta, pero aparecen sobre todo en puntos donde hay células activas en fase de crecimiento o división. Desencadena su crecimiento el efecto químico de secreciones de los organismos infestantes, por lo general insectos u hongos. Adoptan formas muy variadas, dependiendo del parásito que la causa; por lo general, cada especie de organismo formador de agallas infecta un órgano concreto de la planta. El crecimiento de la agalla puede deberse a la hipertrofia extrema de las células individuales o a la división rápida de las situadas cerca del punto atacado por el parásito.
- Presencia de insectos en el fuste: Indica la evidencia visual de insectos o señales de su actividad sobre el individuo arbóreo, tales como perforaciones, galerías o daño en tejidos.
- Hongos: Corresponde a la observación de cuerpos fructíferos, micelio u otras estructuras fúngicas visibles en copa, fuste o base del árbol.

Evaluación sanitaria en fuste

- Pudrición localizada de raíz: Se refiere al proceso de descomposición del tejido leñoso del árbol, observable en forma de material degradado, cavidades o pérdida de consistencia estructural. (Manual del Censista y Auxiliar – Censo del Árbol Urbano de Bogotá D.C., JBB–DANE, sección de evaluación sanitaria)

Estado sanitario general: El estado sanitario general del individuo se clasifica de acuerdo con el grado de afectación observado, considerando las condiciones sanitarias de la copa, el fuste y la raíz.

- Seco: Individuo que ha perdido completamente su vitalidad. (FAO,2010)
- Parcialmente seco: Individuo que presenta una pérdida parcial de tejido vivo, generalmente en ramas o sectores de la copa. (FAO,2010)
- Sano: Individuo que presenta condiciones óptimas de salud y vitalidad. (FAO,2010)

Nivel de riesgo

El nivel de riesgo en árboles corresponde a la probabilidad de que ocurra una falla estructural (caída total o parcial) y a las posibles consecuencias sobre personas, infraestructura o bienes. Esta clasificación se usa en inventarios forestales y arbolado urbano para priorizar intervenciones. La International Society of Arboriculture (ISA) establece que la evaluación del riesgo arbóreo se basa en la probabilidad de falla, la probabilidad de impacto y la severidad de las consecuencias, permitiendo clasificar los árboles según su nivel de riesgo para la toma de decisiones.

- Ninguno: El árbol no presenta condiciones que indiquen probabilidad de falla en el corto o mediano plazo.
- Moderado: El árbol presenta defectos o condiciones que podrían generar falla, pero no de forma inminente.
- Severo: El árbol presenta alta probabilidad de falla estructural, con consecuencias potencialmente graves.

Interacción Biótica

- Presencia de nidos activos: Significa que en el árbol hay nidos actualmente en uso por fauna, normalmente aves (a veces ardillas u otros), evidenciado por actividad reciente y señales frescas.
- Presencia de nidos inactivos: Son nidos presentes, pero sin uso actual. O sea: están ahí físicamente, pero no hay evidencia reciente de que la fauna los esté ocupando.
- Presencia de epífitas no vasculares: Corresponde a un rasgo de colonización superficial del árbol: musgos, líquenes y/o hepáticas creciendo sobre la corteza (fuste/ramas), usando el árbol como soporte.
- Presencia de epífitas vasculares: Corresponde a la presencia de plantas que crecen sobre el árbol sin establecer una relación parasitaria, observables en tronco o ramas.
- Oferta de alimento para fauna: se presenta cuando un árbol proporciona recursos alimenticios a diferentes organismos, como aves, mamíferos, insectos y otros, mediante estructuras como frutos, semillas, flores, néctar, hojas o savia.
- Presencia de fauna: Evidencia de animales usando el árbol o el parche como hábitat, refugio, alimentación o paso.
- Presencia de enredaderas: Indica la presencia de especies vegetales trepadoras que utilizan el árbol como soporte estructural.

7.2 Uso de herramientas SIG

la presencia de pendientes pronunciadas, cobertura vegetal densa y ausencia de recorridos lineales definidos dificulta el desplazamiento continuo y ordenado en campo. En este contexto, las cuadrículas permitieron una mejor planificación de los recorridos, optimizando los tiempos de trabajo y reduciendo el riesgo de omitir áreas dentro del predio.

El uso combinado de herramientas SIG y la grilla espacial contribuyó a un levantamiento de información más ordenado, controlado y eficiente, garantizando una adecuada cobertura del área de intervención directa (ID75) y fortaleciendo la trazabilidad espacial de los registros obtenidos durante el inventario forestal.

7.3 Captura, gestión y consolidación de la información

Una vez definidas las variables a evaluar para cada individuo arbóreo exótico, se procedió a la construcción, con el apoyo de la aplicación Memento Database (como herramienta especializada en la captura y gestión de datos, de un formato digital de diligenciamiento estructurado conforme a dichos criterios (visualizar desde el enlace <https://mementodb.com/t/4712926118412288>), diseñado para fortalecer los mecanismos de control de calidad, garantizar la integridad de la información y asegurar la estandarización y consistencia de los registros generados durante el levantamiento en campo.

Los datos capturados son posteriormente exportados a una matriz estructurada en Excel, organizada por bloques temáticos que incluyen condiciones físicas, estado sanitario, interacción biótica, nivel de riesgo y observaciones generales, lo que permite desarrollar análisis comparativos, aplicar filtros técnicos específicos y ejecutar procesos sistemáticos de validación, depuración y consolidación de la información recopilada.

La matriz está conformada por dos hojas. La primera contiene el protocolo de registro, en el cual se establecen los términos, definiciones y criterios técnicos que orientan el diligenciamiento homogéneo de la información. La segunda corresponde a la base de datos consolidada, estructurada con las siguientes variables: ID del árbol, predio, nombre común, nombre científico, altura total (m), altura comercial (m), cinco campos destinados al registro de PAP en caso de bifurcaciones, una columna formulada para el cálculo automático del DAP, coordenadas planas (X, Y), condiciones físicas, estado físico, condiciones sanitarias, estado sanitario, interacción biótica, nivel de riesgo y observaciones. Esta estructura garantiza coherencia técnica en el registro y facilita su posterior análisis. (ver anexo Matriz de inventario de exóticas PDEM EN)

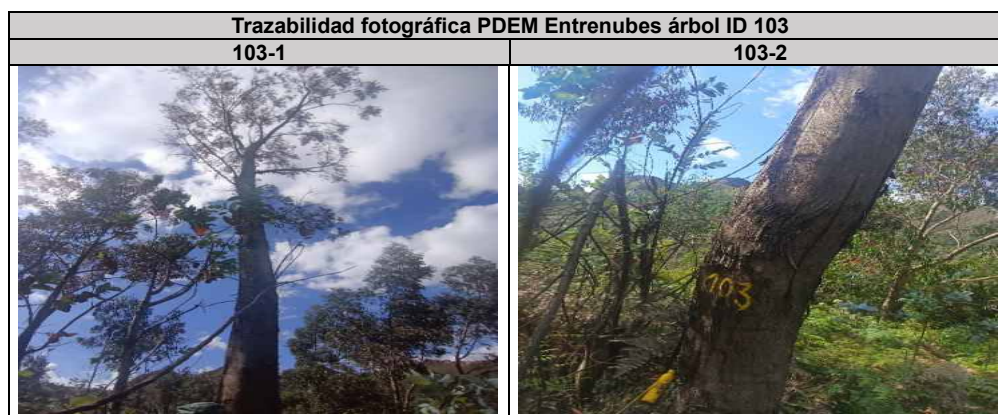
7.4 Sistema de trazabilidad fotográfica

Con el objeto de estandarizar los registros fotográficos fin de garantizar la correspondencia entre el registro técnico y la evidencia visual de cada individuo evaluado, se implementó un sistema de trazabilidad fotográfica estandarizado, articulado con el protocolo digital y la matriz consolidada de datos. Para ello, se adoptó una nomenclatura estructurada basada en el ID único asignado a cada árbol, en la cual ID-1 corresponde a la fotografía general del

individuo y su contexto inmediato, e ID-2 al registro detallado del fuste, la base o la afectación relevante, incluyendo la marcación visible del número asignado.

Las imágenes deben permitir la identificación inequívoca del individuo evaluado y evidenciar de manera clara las condiciones físicas y sanitarias registradas en campo. Este procedimiento se implementó con el propósito de evitar la generación automática de códigos fotográficos desvinculados del individuo (como ocurría en el esquema inicial con Google Forms) y mantener coherencia entre la evidencia visual y la base de datos exportada. De esta manera, se facilita la verificación técnica, el control de calidad y la trazabilidad integral de la información, constituyendo una mejora sustancial frente al sistema previamente utilizado.

A continuación, se evidencia un ejemplo de la forma en la que se marcaron cada una de las fotografías:



Fuente: Contrato SDA-CD-20251465

7.5 Control de calidad

El proceso de control de calidad consiste en la revisión sistemática de la matriz consolidada con el propósito de identificar inconsistencias, vacíos de información, registros incompletos o posibles errores de digitación derivados del levantamiento en campo. A partir de esta validación técnica se generan listados de verificación que permiten priorizar los individuos con datos faltantes o aspectos que requieren confirmación, programando una nueva jornada de campo orientada exclusivamente a la subsanación de dichas observaciones. Este procedimiento garantiza la integridad, coherencia y confiabilidad de la base de datos final, minimiza sesgos en el análisis posterior y fortalece la trazabilidad y solidez técnica del inventario forestal.

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

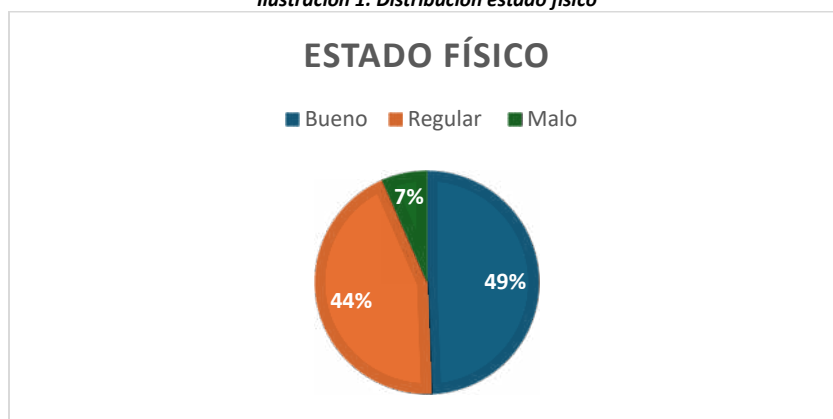
A partir del análisis de la matriz consignada en el Anexo “PDEM_EN-CG_2026.02_MatrizAvanceInvFtalExoticas-CG.ID-75”, se identificó un total de 660 individuos arbóreos, correspondientes en su totalidad a la especie *Eucalyptus globulus*. Este resultado

evidencia una alta homogeneidad específica en el predio ID 75 del PDEM, reflejando una baja diversidad florística en las áreas dominadas por esta cobertura vegetal.

Desde el enfoque ecológico, la dominancia de una sola especie, especialmente de carácter exótico, puede incrementar la vulnerabilidad del sistema frente a disturbios bióticos y abióticos, reduciendo su resiliencia y estabilidad funcional. Asimismo, este tipo de coberturas monoespecíficas puede limitar el desarrollo de biodiversidad nativa y afectar procesos ecológicos clave, lo que sugiere la necesidad de implementar estrategias de diversificación y manejo sostenible (FAO, 2015).

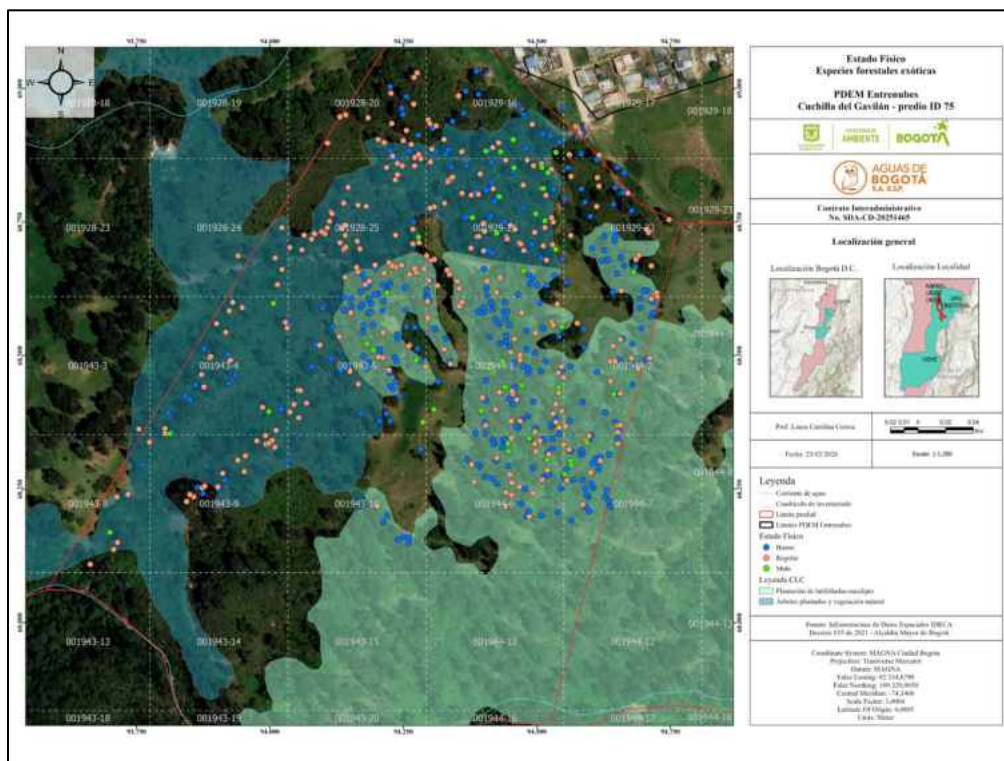
En términos dendrométricos, se determinó que la altura total promedio de los individuos es de aproximadamente 16,10 m, mientras que la altura comercial media alcanza los 5,44 m. Por otra parte, el diámetro a la altura del pecho (DAP) presenta un valor medio cercano a 0,45 m, lo cual evidencia la predominancia de individuos en estados de desarrollo intermedios a maduros dentro de los árboles inventariados, ello teniendo en cuenta que los especímenes evaluados corresponden a la población con perímetro mayor a 10 cm diamétricos a la precitada altura del pecho.

Ilustración 1. Distribución estado físico



Fuente: Contrato SDA-CD-20251465

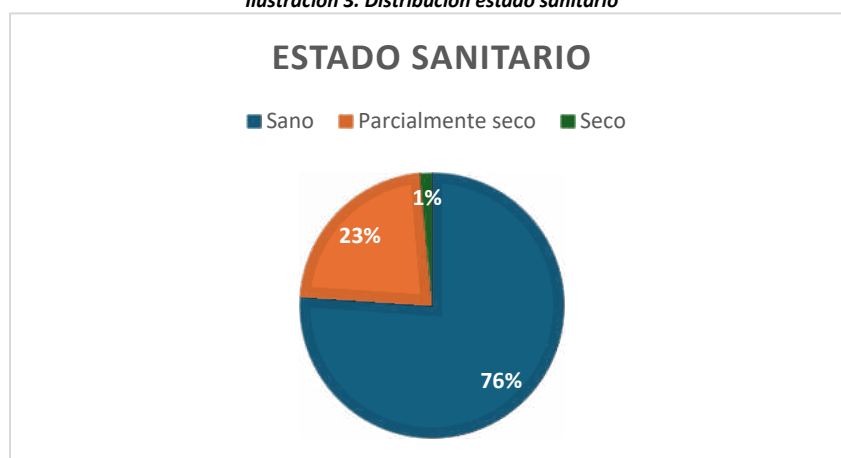
Ilustración 2. Salida gráfica distribución estado físico



Fuente: Contrato SDA-CD-20251465

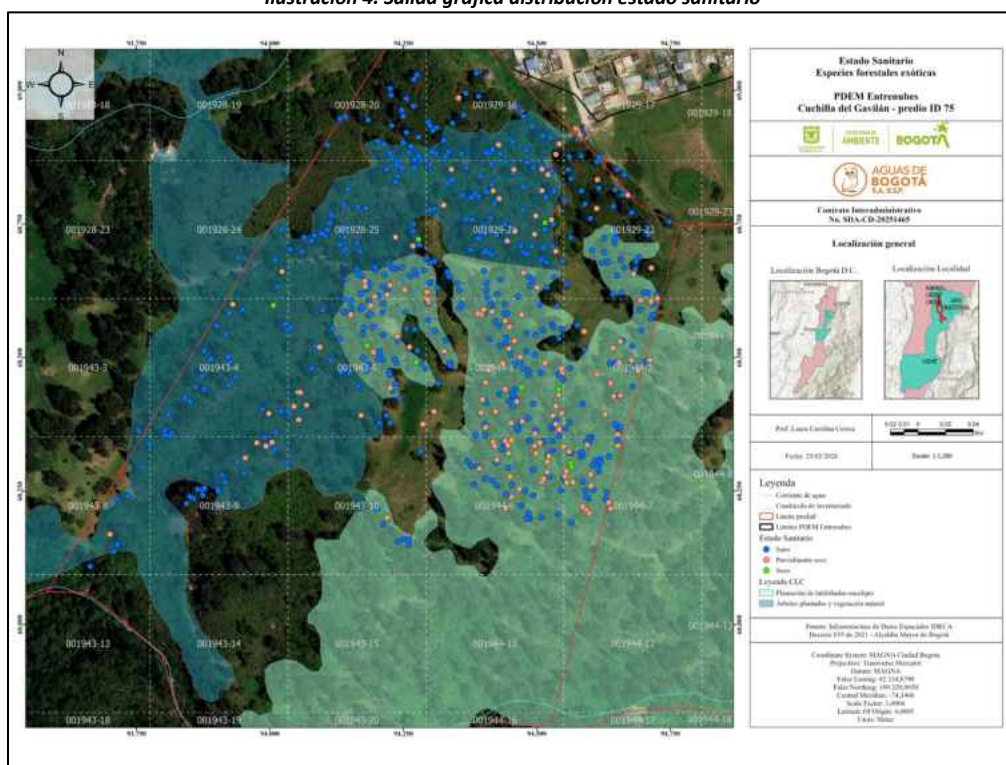
Respecto al estado físico, se evidencia que la mayoría de los individuos se clasifican entre categorías de bueno (49%) y regular (44%), mientras que un porcentaje menor se encuentra en estado malo (7%). Este comportamiento indica que, aunque la masa forestal mantiene condiciones estructurales aceptables en términos generales, existe una proporción significativa de árboles con defectos físicos como inclinaciones, daños mecánicos o afectaciones estructurales, lo cual puede incidir en su estabilidad y en la provisión de servicios ecosistémicos.

Ilustración 3. Distribución estado sanitario



Fuente: Contrato SDA-CD-20251465

Ilustración 4. Salida gráfica distribución estado sanitario

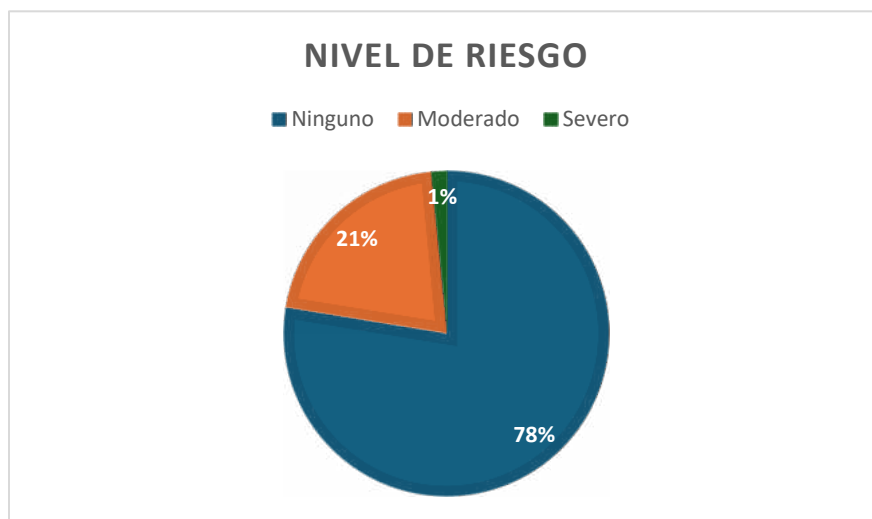


Fuente: Contrato SDA-CD-20251465

Adicionalmente, mediante las observaciones de campo se evidenció la presencia de afectaciones antrópicas recurrentes, entre las que se destacan daños por quemas en la corteza. Este tipo de disturbio constituye un factor de estrés ambiental relevante, con potencial para comprometer la vitalidad de los individuos a mediano plazo y favorecer procesos progresivos de degradación del componente forestal.

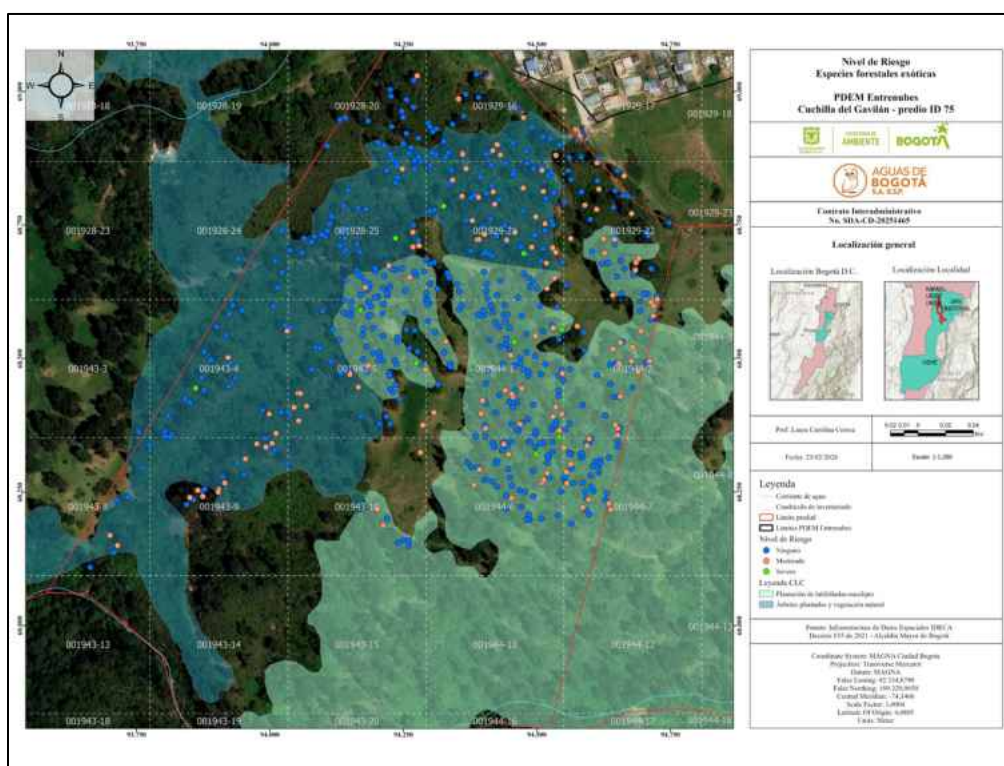
Desde el componente sanitario y ambiental, se evidencia que la mayoría de los individuos inventariados se encuentran en estado sanitario sano (76%), sin presencia significativa de plagas o enfermedades, lo que indica condiciones fitosanitarias estables, tanto para la especie, como para el ecosistema. No obstante, se registra un 23% de individuos en condición parcialmente seca y un 1% en estado seco, lo cual sugiere la existencia de factores de estrés que podrían estar afectando la vitalidad de una fracción de la población forestal y que ameritan seguimiento y priorización para prevenir posibles procesos de deterioro.

Ilustración 5. Distribución nivel de riesgo



Fuente: Contrato SDA-CD-20251465

Ilustración 6. Salida gráfica distribución nivel de riesgo



Fuente: Contrato SDA-CD-20251465

Finalmente, en relación con el nivel de riesgo, el análisis estadístico evidencia que aproximadamente el 78% de los individuos presentan riesgo nulo, mientras que cerca del 21% se clasifican en riesgo moderado y un porcentaje marginal en riesgo severo. Este comportamiento indica que, aunque la mayoría del arbolado no representa un peligro

inmediato, existe un subconjunto relevante que demanda la implementación de medidas de manejo silvicultural.

En este sentido, se recomienda priorizar intervenciones como podas, estabilización y monitoreo continuo, especialmente en aquellos individuos que presentan condiciones físicas adversas, tales como ramas secas con riesgo de caída, inclinaciones marcadas, daños mecánicos severos, presencia de grietas, o en su defecto con un estado físico malo. Asimismo, desde el componente sanitario, se deben considerar como prioritarios los individuos en estado seco o parcialmente seco, debido a su mayor susceptibilidad a fallas estructurales y potencial afectación a la seguridad y funcionalidad del ecosistema.

9. LIMITACIONES AMBIENTALES Y OPERATIVAS IDENTIFICADAS

El desarrollo del inventario forestal estuvo condicionado por diversas limitaciones ambientales y operativas que incidieron en la logística, tiempos de ejecución y condiciones de acceso a los individuos evaluados. En general, el área de trabajo presenta una cobertura boscosa densa, con alta presencia de vegetación arbustiva y herbácea, medianas a altas pendientes del terreno, lo cual en conjunto redujo la visibilidad en campo y que, si bien es cierto no impidió, si limitó la facilidad de acceso al proceso la identificación, localización y medición de los individuos arbóreos exóticos.

La ausencia de senderos definidos y la distribución dispersa de los ejemplares dentro de una matriz de vegetación nativa obligaron a realizar la apertura manual de pasos mediante el uso de herramientas menores (machete), con el fin de garantizar el tránsito seguro del equipo técnico y permitir la toma de variables dasométricas y fitosanitarias, de tal manera que para facilitar el acceso a cada individuo fue necesario efectuar despejes puntuales de vegetación de bajo porte, principalmente del estrato herbáceo y arbustivo, generando una afectación localizada sobre algunos individuos nativos; no obstante, dichas intervenciones se realizaron bajo el criterio de mínima intervención, restringiendo la franja despejada exclusivamente al ancho indispensable para el acceso y levantamiento de información.

Esta condición evidencia una situación operativa inherente a los procesos de inventario, manejo y control de especies exóticas en áreas con procesos activos de regeneración natural y alta densidad de cobertura vegetal, donde el acceso a individuos exóticos implica atravesar sectores con predominancia de vegetación nativa.

Limitaciones Ambientales PDEM EN



Fuente: Contrato SDA-CD-20251465

Adicionalmente, se identificaron zonas inundables y sectores con acumulación permanente de agua, en algunos casos asociados a aportes de aguas residuales domésticas, lo cual generó suelos saturados, inestables y resbaladizos, incrementando el riesgo operativo y dificultando el desplazamiento del personal. Estas condiciones limitaron el acceso a determinados sectores del predio, obligaron a realizar recorridos alternos, redistribuir jornadas de trabajo y reforzar las medidas de seguridad en campo, influyendo directamente en la continuidad, rendimiento y velocidad del levantamiento de la información.

En consecuencia, algunos individuos ubicados en áreas de difícil acceso requirieron mayor tiempo de evaluación o programación posterior para su verificación, como parte de las actividades de control de calidad y validación técnica del inventario.

10. CONCLUSIONES

El desarrollo del inventario forestal de especies exóticas en el Parque Distrital Ecológico de Montaña Entrenubes permitió consolidar una metodología de levantamiento de información ajustada a las condiciones reales del área protegida y coherente con los lineamientos técnicos utilizados por la Secretaría Distrital de Ambiente. La experiencia en campo evidenció la importancia de contar con un protocolo claro y estructurado que garantice la consistencia y trazabilidad de los datos recolectados.

La caracterización de los individuos arbóreos, a partir de variables dasométricas, físicas, sanitarias y de interacción biótica, permitió obtener una visión integral del estado actual de las especies exóticas presentes en el área de estudio. Este enfoque facilita la comprensión del papel que estos individuos desempeñan dentro del ecosistema y su posible incidencia sobre los procesos ecológicos y los objetivos de conservación del parque.

La estandarización de las variables evaluadas y el uso de una herramienta digital (memento) especializada para la captura de información representaron un avance significativo en la calidad del inventario. El registro sistemático de datos, junto con el soporte fotográfico y la georreferenciación de los individuos, fortaleció la confiabilidad de la información y su utilidad como insumo técnico para la toma de decisiones en el marco del Plan de Manejo Ambiental.

Durante el desarrollo del trabajo de campo se identificaron limitaciones asociadas a las condiciones biofísicas del área, como pendientes pronunciadas, alta densidad de cobertura

vegetal y ausencia de senderos definidos, las cuales influyeron en los tiempos y esfuerzos requeridos para la evaluación. Estas condiciones resaltan la necesidad de considerar las particularidades del territorio en la planificación de futuras actividades de inventario, monitoreo o intervención forestal en áreas protegidas.

La metodología documentada y aplicada en este ejercicio constituye un referente técnico replicable para futuros levantamientos de inventario forestal en el PDEM Entrenubes y en otras áreas protegidas del Distrito Capital. Los resultados obtenidos aportan información clave para orientar acciones de manejo, seguimiento y control de especies exóticas, contribuyendo al fortalecimiento de la gestión ambiental y al cumplimiento de los objetivos de conservación y restauración definidos para el área.

11. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2010). *Decreto Distrital 531 de 2010*.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2010). *Decreto Distrital 646 de 2025*.

Calder, I. R., Rosier, P. T. W., Prasanna, K. T., & Parameswarappa, S. (1997). Eucalyptus water use greater than rainfall input – a possible explanation from southern India. *Hydrology and Earth System Sciences*, 1(2), 249–256. <https://doi.org/10.5194/hess-1-249-1997>

Congreso de la República de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Bogotá, D.C.

Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables*. Diario Oficial No. 41.146.

Food and Agriculture Organization of the United Nations- FAO. (2011). *Guide to implementation of phytosanitary standards in forestry*.

Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO. (2015). *Global Forest Resources Assessment 2015*. Roma.

Food and Agriculture Organization of the United Nations- FAO. (2018). *Guía para la restauración de paisajes forestales*. FAO.

International Society of Arboriculture. (2017). *Tree risk assessment manual* (2nd ed.).

Jardín Botánico de Bogotá, & DANE. (s. f.). *Manual del censista y auxiliar: Censo del árbol urbano de Bogotá D.C.* (Sección de daños en el sistema radicular).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010). *Decreto 531 de 2010 por el cual se establecen disposiciones relacionadas con el manejo y aprovechamiento forestal*. Bogotá, D.C.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá, D.C.

Secretaría Distrital de Ambiente. (2008–2011). *Estado y perspectivas de los ecosistemas urbanos de Bogotá*.

Secretaría Distrital de Ambiente, & Universidad Nacional de Colombia. (2010–2012). *Plan distrital de restauración ecológica.*

Secretaría Distrital de Ambiente. Ficha técnica 1. (s. f.). *Solicitud de aprovechamiento forestal.*

Secretaría Distrital de Ambiente. Ficha técnica 2. (s. f.). *Evaluación técnica del individuo arbóreo.*

Universidad Nacional de Colombia. (2012). *Guías técnicas de restauración ecológica.*